PROCEEDINGS

งานประชุมวิชาการระดับชาติสวนดุสิต 2026 ครั้งที่ 8

(The 8th Suan Dusit National Academic Conference 2026)

"ปัญญาประดิษฐ์ สู่สังคมอัจฉริยะและคุณภาพชีวิตยั่งยืน: นวัตกรรมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งอนาคต"

(AI towards Smart Society and Sustainable Quality of Life:
Future Science and Technology Innovations)



วันศุกร์ที่ 19 มิถุนายน 2569

อาคารรักตะกนิษฐ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต

ร่วมกับ

**สมาคมวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ สมาคมปัญญาประดิษฐ์แห่งประเทศไทย
สมาคมเทคโนโลยีชีวภาพแห่งประเทศไทย และสมาคมโลว์คาร์บอนคอนสตรัคชั่นแอนด์เทคโนโลยี**

การประชุมวิชาการระดับชาติสวนดุสิต 2026 ครั้งที่ 8

“ปัญญาประดิษฐ์ สู่สังคมอัจฉริยะและคุณภาพชีวิตยั่งยืน: นวัตกรรมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งอนาคต”

SDNC 2026 Conference Proceeding

หนังสือประมวลบทความ

การประชุมวิชาการระดับชาติสวนดุสิต 2026 ครั้งที่ 8
“ปัญญาประดิษฐ์ สู่สังคมอัจฉริยะและคุณภาพชีวิตยั่งยืน:
นวัตกรรมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งอนาคต”

The 8th Suan Dusit National Academic Conference 2026 (SDNC2026)
“AI towards Smart Society and Sustainable Quality of Life”

วันที่ 19 มิถุนายน พ.ศ. 2569

ณ อาคารรักตะกนิษฐ
มหาวิทยาลัยสวนดุสิต

จัดโดย
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต
ร่วมกับ สมาคมวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์
สมาคมปัญญาประดิษฐ์ประเทศไทย สมาคมเทคโนโลยีชีวภาพแห่งประเทศไทย
สมาคมโลว์คาร์บอนคอนสตรัคชั่นแอนด์เทคโนโลยี หน่วยงานเครือข่ายภายในและภายนอก

การประชุมวิชาการระดับชาติสวนดุสิต 2026 ครั้งที่ 8

“ปัญญาประดิษฐ์ สู่สังคมอัจฉริยะและคุณภาพชีวิตยั่งยืน: นวัตกรรมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งอนาคต”

สารจากประธานกล่าวเปิดงาน
ดร.พันธุ์เพิ่มศักดิ์ อารุณี
รองปลัดกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม



งานการประชุมวิชาการระดับชาติสวนดุสิต 2026 ครั้งที่ 8 ภายใต้หัวข้อ “ปัญญาประดิษฐ์สู่สังคม อัจฉริยะและคุณภาพชีวิตยั่งยืน: นวัตกรรมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งอนาคต (AI towards Smart Society and Sustainable Quality of Life)” ซึ่งจัดขึ้นในวันศุกร์ที่ 19 มิถุนายน 2569 ณ อาคารรักตะกนิษฐ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต ถนนนครราชสีมา เขตดุสิต โดยมหาวิทยาลัยสวนดุสิตที่ได้ริเริ่มและขับเคลื่อนเวทีวิชาการอันทรงคุณค่านี้อย่างต่อเนื่อง จนเป็นพื้นที่สำคัญในการแลกเปลี่ยนองค์ความรู้ การนำเสนอ ผลงานวิจัย และการสร้างเครือข่ายความร่วมมือระหว่างสถาบันการศึกษาและหน่วยงานต่าง ๆ ปัจจุบัน ปัญญาประดิษฐ์ได้กลายเป็นเทคโนโลยีสำคัญที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของโลกในทุกมิติ ไม่ว่าจะเป็นด้านเศรษฐกิจ สังคม การศึกษา การแพทย์ อุตสาหกรรม และการบริหารจัดการภาครัฐ เทคโนโลยีดังกล่าวไม่ได้เป็นเพียงเครื่องมือในการ เพิ่มประสิทธิภาพการทำงานเท่านั้น แต่ยังเป็นกลไกสำคัญในการสร้างองค์ความรู้ใหม่ ขับเคลื่อนนวัตกรรม และยกระดับขีดความสามารถในการแข่งขันของประเทศ

กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม ให้ความสำคัญกับการพัฒนากำลังคน การส่งเสริมการวิจัยและ นวัตกรรม ตลอดจนการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีดิจิทัลและปัญญาประดิษฐ์อย่างสร้างสรรค์และมีความรับผิดชอบ เพื่อเตรียมความพร้อมให้ประเทศสามารถก้าวทันต่อการเปลี่ยนแปลงของโลก และสร้างการเติบโตที่สมดุล ครอบคลุม และยั่งยืน

งานประชุมวิชาการระดับชาติสวนดุสิตในครั้งที่ 8 สะท้อนให้เห็นถึงวิสัยทัศน์ที่สอดคล้องกับทิศทางการพัฒนาประเทศ โดยมุ่งเน้นการนำองค์ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรม มาผสานกับศักยภาพของปัญญาประดิษฐ์ เพื่อสร้างสังคมอัจฉริยะที่ประชาชน สามารถเข้าถึงโอกาสทางการศึกษา เทคโนโลยี และคุณภาพชีวิตที่ดีได้อย่างเท่าเทียม และเป็นมากกว่าเวทีแลกเปลี่ยนองค์ความรู้ทางวิชาการ นี้เป็นโอกาสที่ดีที่จะได้แสดงความก้าวหน้าทางวิชาการของมหาวิทยาลัยสวนดุสิต ร่วมกับสมาคมวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทยใน พระบรมราชูปถัมภ์ สมาคมปัญญาประดิษฐ์ประเทศไทย สมาคมเทคโนโลยีชีวภาพแห่งประเทศไทย สมาคมโลว์คาร์บอนคอนสตรัคชั่นแอนด์เทคโนโลยี บริษัทเข็มเหล็ก จำกัด และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์ และเครือข่ายความร่วมมือของมหาวิทยาลัย อาทิเช่น มหาวิทยาลัยเครือข่ายต่าง ๆ รวมถึงหน่วยงานธุรกิจเอกชน และโรงเรียนเครือข่าย ซึ่งได้มานำเสนอผลงานต่าง ๆ เป็นพื้นที่แห่งการ สร้างสรรค์แนวคิดและนวัตกรรม และเป็นพลังสำคัญในการร่วมกันออกแบบอนาคตของประเทศไทยให้ก้าวสู่สังคมอัจฉริยะที่มีความมั่นคง ยั่งยืน และมีคุณภาพชีวิตที่ดีสำหรับทุกคน ในการประชุมวิชาการในครั้งนี้ ขอขอบพระคุณผู้มีส่วนได้ส่วนเสียทุกท่านที่มาร่วมกันในการประชุมวิชาการระดับสวนดุสิตในครั้งนี้ และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าการประชุมวิชาการระดับสวนดุสิต 2026 ครั้งที่ 8 ภายใต้หัวข้อ “ปัญญาประดิษฐ์สู่สังคมอัจฉริยะและคุณภาพชีวิตยั่งยืน: นวัตกรรมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งอนาคต (AI towards Smart Society and Sustainable Quality of Life)” จะเป็นอีกครั้งที่ทุกท่านได้แลกเปลี่ยนองค์ความรู้เพื่อให้ร่วมกันผลักดันประเทศในด้านวิชาการให้ทัน ต่อบริบทของโลกที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว

ดร.พันธุ์เพิ่มศักดิ์ อารุณี
รองปลัดกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม
กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม

การประชุมวิชาการระดับชาติสวนดุสิต 2026 ครั้งที่ 8

“ปัญญาประดิษฐ์ สู่สังคมอัจฉริยะและคุณภาพชีวิตยั่งยืน: นวัตกรรมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งอนาคต”

สารจากผู้นำเสนอนโยบาย
“สวนดุสิตก้าวล้ำ: ผสาน AI ยกระดับการเรียนรู้ วิจัย และบริการวิชาการสู่อนาคต”
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรชณิตว์ แก้วเนตร
รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการและกิจการต่างประเทศ



มหาวิทยาลัยสวนดุสิต ยินดีต้อนรับทุกท่านในงานการประชุมวิชาการระดับชาติสวนดุสิต 2026 ครั้งที่ 8 ภายใต้หัวข้อ “ปัญญาประดิษฐ์ สู่สังคมอัจฉริยะและคุณภาพชีวิตยั่งยืน: นวัตกรรมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งอนาคต (AI towards Smart Society and Sustainable Quality of Life)” ซึ่งจัดขึ้นในวันศุกร์ที่ 19 มิถุนายน 2569 ณ อาคารรักตะกนิษฐ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต ถนนนครราชสีมา เขตดุสิต ซึ่งเป็นไปตามนโยบายที่มุ่งสู่การเป็นมหาวิทยาลัยแห่งความยั่งยืน ขับเคลื่อนการพัฒนาด้วย ภูมิปัญญา ความร่วมมือ และนวัตกรรม เพื่อสร้างการเปลี่ยนแปลงเชิงบวกแก่สังคม โดยยึดมั่นในความเป็นเลิศตามอัตลักษณ์สำคัญ 5 ด้าน ได้แก่ ด้านการศึกษาปฐมวัยแบบสหกิจศึกษา ด้านอาหารบนรากฐานแห่งความเชี่ยวชาญด้วยการปฏิบัติอย่างประณีต ด้านการพยาบาลและสุขภาวะสำหรับเด็กและผู้สูงอายุ ด้านอุตสาหกรรมบริการด้วยมาตรฐานระดับสากล และด้านกฎหมายและการเมืองแบบบูรณาการศาสตร์ควบคู่กับการพัฒนาเชิงพื้นที่ตามแนวคิดระบบเมือง เพื่อรองรับการเติบโตอย่างยั่งยืนในอนาคต โดยทุกหน่วยงานดำเนินงานภายใต้กรอบเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน (Sustainable Development Goals: SDGs) ท่ามกลางบริบทโลกที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วมีความซับซ้อนและยากต่อการคาดการณ์ เทคโนโลยีดิจิทัลและปัญญาประดิษฐ์ได้เข้ามามีบทบาทสำคัญต่อการดำเนินชีวิต การศึกษา เศรษฐกิจ และสังคมอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ การพัฒนากำลังคนที่มีศักยภาพ ควบคู่กับการสร้างองค์ความรู้และนวัตกรรมใหม่จึงเป็นภารกิจสำคัญของสถาบันอุดมศึกษาในการเตรียมความพร้อมสู่อนาคต

ด้วยเหตุนี้ มหาวิทยาลัยสวนดุสิตจึงได้กำหนดทิศทางการพัฒนาภายใต้แผน SDU GOAL Plus 2025–2028 : The Power of SDU Move Forward with Wisdom & Collaboration เพื่อสร้างพลังแห่งการเชื่อมโยงและความร่วมมือ พร้อมมุ่งสู่การเป็นผู้นำในการประยุกต์ใช้ปัญญาประดิษฐ์เป็นกลไกสำคัญในการยกระดับคุณภาพบัณฑิต การจัดการเรียนรู้ งานวิจัยและนวัตกรรม และการบริการวิชาการ ให้เป็นที่ยอมรับในระดับชาติและนานาชาติ พร้อมทั้งสร้างคุณค่าและมูลค่าเพิ่มจากองค์ความรู้ เพื่อยกระดับคุณภาพชีวิตของประชาชน ส่งเสริมเศรษฐกิจฐานนวัตกรรม และพัฒนาระบบนิเวศการเรียนรู้ที่เอื้อต่อการเรียนรู้ตลอดชีวิตอย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืน

การประชุมวิชาการระดับชาติสวนดุสิต 2026 ในหัวข้อ “ปัญญาประดิษฐ์สู่สังคมอัจฉริยะและคุณภาพชีวิตที่ยั่งยืน: นวัตกรรมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งอนาคต” จึงเป็นเวทีสำคัญในการส่งเสริมการเผยแพร่และแลกเปลี่ยนองค์ความรู้ทางวิชาการ ตลอดจนสนับสนุนการสร้างสรรค์งานวิจัยและนวัตกรรมที่ตอบโจทย์การพัฒนาประเทศในอนาคต อีกทั้งยังเป็นโอกาสในการสร้างเครือข่ายความร่วมมือระหว่างสถาบันการศึกษา และหน่วยงานต่าง ๆ เพื่อร่วมกันขับเคลื่อนการพัฒนาการศึกษา วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรมของประเทศให้ก้าวทันการเปลี่ยนแปลงของโลก และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าการประชุมครั้งนี้จะเป็นเวทีแห่งการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ การสร้างเครือข่ายความร่วมมือและการต่อยอดองค์ความรู้ที่นำไปสู่การพัฒนาสังคมและประเทศชาติอย่างยั่งยืนต่อไป

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรชณิตว์ แก้วเนตร
รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการและกิจการต่างประเทศ
มหาวิทยาลัยสวนดุสิต

การประชุมวิชาการระดับชาติสวนดุสิต 2026 ครั้งที่ 8

“ปัญญาประดิษฐ์ สู่สังคมอัจฉริยะและคุณภาพชีวิตยั่งยืน: นวัตกรรมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งอนาคต”

สารจากอธิการบดี

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิทักษ์ จันทร์เจริญ



มหาวิทยาลัยสวนดุสิตยินดีต้อนรับทุกท่านในงานการประชุมวิชาการระดับชาติสวนดุสิต 2026 ครั้งที่ 8 ภายใต้หัวข้อ “ปัญญาประดิษฐ์ สู่สังคมอัจฉริยะและคุณภาพชีวิตยั่งยืน: นวัตกรรมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งอนาคต (AI towards Smart Society and Sustainable Quality of Life)” ซึ่งจัดขึ้นในวันศุกร์ที่ 19 มิถุนายน 2569 ณ อาคารรักตะกนิษฐ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต ถนนนครราชสีมา เขตดุสิต ซึ่งไปตามนโยบายมหาวิทยาลัยที่ผลักดันการบูรณาการการเรียนการสอน วิจัย นวัตกรรม โดยยึดมั่นในความเป็นเลิศตามอัตลักษณ์สำคัญ 5 ด้าน ได้แก่ ด้านการศึกษาปฐมวัยแบบสหกิจศึกษา ด้านอาหารบนรากฐานแห่งความเชี่ยวชาญด้วยการปฏิบัติอย่างประณีต ด้านการพยาบาลและสุขภาวะสำหรับเด็กและผู้สูงอายุด้านอุตสาหกรรมบริการด้วยมาตรฐานระดับสากล และด้านกฎหมายและการเมืองแบบบูรณาการศาสตร์ ควบคู่กับการพัฒนาเชิงพื้นที่ตามแนวคิดระบบเมือง เพื่อรองรับการเติบโตอย่างยั่งยืนในอนาคต โดยทุกหน่วยงานดำเนินงานภายใต้กรอบเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน (Sustainable Development Goals: SDGs)

ปัจจุบันนี้ มหาวิทยาลัยสวนดุสิตจึงได้กำหนดทิศทางการพัฒนาภายใต้แผน SDU GOAL Plus 2025–2028 : The Power of SDU Move Forward with Wisdom & Collaboration เพื่อสร้างพลังแห่งการเชื่อมโยงและความร่วมมือ พร้อมมุ่งสู่การเป็นผู้นำในการประยุกต์ใช้ปัญญาประดิษฐ์เป็นกลไกสำคัญในการยกระดับคุณภาพบัณฑิต การจัดการเรียนรู้ งานวิจัยและนวัตกรรม และการบริการวิชาการให้เป็นที่ยอมรับในระดับชาติและนานาชาติ พร้อมทั้งสร้างคุณค่าและมูลค่าเพิ่มจากองค์ความรู้ เพื่อยกระดับคุณภาพชีวิตของประชาชน ส่งเสริมเศรษฐกิจฐานนวัตกรรม และพัฒนาระบบนิเวศการเรียนรู้ที่เอื้อต่อการเรียนรู้ตลอดชีวิตอย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืน

ดังนั้น งานประชุมวิชาการระดับชาติสวนดุสิตในครั้งที่ 8 นี้เป็นโอกาสที่ดีที่จะได้แสดงความก้าวหน้าทางวิชาการของมหาวิทยาลัยสวนดุสิต ร่วมกับสมาคมวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ สมาคมปัญญาประดิษฐ์ประเทศไทย สมาคมเทคโนโลยีชีวภาพแห่งประเทศไทย สมาคมโลว์คาร์บอนคอนสตรัคชั่นแอนด์เทคโนโลยี บริษัทเข็มเหล็ก จำกัด และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์ และเครือข่ายความร่วมมือของมหาวิทยาลัย อาทิเช่น มหาวิทยาลัยเครือข่ายต่าง ๆ รวมถึงหน่วยงานธุรกิจเอกชน และโรงเรียนเครือข่าย ซึ่งได้มานำเสนอผลงานต่าง ๆ ในการประชุมวิชาการในครั้งนี้ ในนามของมหาวิทยาลัยสวนดุสิตขอขอบพระคุณผู้มีส่วนได้ส่วนเสียทุกท่านที่มาร่วมกันในการประชุมวิชาการระดับสวนดุสิตในครั้งนี้ และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าการประชุมวิชาการระดับสวนดุสิต 2026 ครั้งที่ 8 ภายใต้หัวข้อ “ปัญญาประดิษฐ์ สู่สังคมอัจฉริยะ และคุณภาพชีวิตยั่งยืน: นวัตกรรมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งอนาคต (AI towards Smart Society and Sustainable Quality of Life)” จะเป็นอีกครั้งที่ทุกท่านได้แลกเปลี่ยนองค์ความรู้เพื่อให้ร่วมกันผลักดันประเทศในด้านวิชาการให้ทันต่อบริบทของโลกที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิทักษ์ จันทร์เจริญ
อธิการบดีมหาวิทยาลัยสวนดุสิต

สารจากประธานการจัดงาน
การประชุมวิชาการระดับชาติสวนดุสิต 2026 ครั้งที่ 8
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ฐิตินาถ สุคนเขตร์



การประชุมวิชาการระดับชาติสวนดุสิต 2026 ครั้งที่ 8 ภายใต้หัวข้อ “ปัญญาประดิษฐ์ สู่สังคมอัจฉริยะและคุณภาพชีวิตยั่งยืน: นวัตกรรมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งอนาคต (AI towards Smart Society and Sustainable Quality of Life)” ซึ่งจัดขึ้นในวันศุกร์ที่ 19 มิถุนายน 2569 ณ อาคารรักตะกนิษฐ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต มีวัตถุประสงค์เพื่อให้นักวิจัย บุคลากรและนักศึกษาทั้งภายในและภายนอกมหาวิทยาลัย ได้แสดงนำเสนอผลงานทางวิชาการ งานสร้างสรรค์และนวัตกรรมต่อสาธารณชน ซึ่งในการประชุมนี้ ได้เปิดรับผลงานวิจัยครอบคลุมในสาขาคอมพิวเตอร์ นวัตกรรม และเทคโนโลยีดิจิทัล สาขาเทคโนโลยีชีวภาพและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม สาขาวิทยาศาสตร์สุขภาพและสิ่งแวดล้อม สาขาศึกษาศาสตร์ งานวิจัยและนวัตกรรมเพื่อพัฒนาการเรียนการสอน สาขามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ และนิทรรศการแสดงผลงานทางวิชาการของบุคลากรทางการศึกษาเพื่อให้เกิดการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ทางวิชาการอย่างกว้างขวาง

การจัดการประชุมตลอดจนหนังสือประมวลบทความการประชุมวิชาการระดับชาติสวนดุสิต 2026 (SDNC2026 Conference Proceeding) ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความร่วมมือจากคณะกรรมการทุกฝ่าย เครือข่ายความร่วมมือ และบุคลากรที่เกี่ยวข้องทั้งภายในและภายนอกมหาวิทยาลัย คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต ในฐานะประธานจัดงานในครั้งนี้ ขอขอบคุณนักวิจัยที่ร่วมเผยแพร่ในเอกสารฉบับนี้ ขอขอบพระคุณ ดร.พันธุ์เพิ่มศักดิ์ อารุณี รองปลัดกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม ในการกล่าวเปิดงานและบรรยายพิเศษ ขอขอบพระคุณ สมาคมวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ สมาคมปัญญาประดิษฐ์ประเทศไทย สมาคมเทคโนโลยีชีวภาพแห่งประเทศไทย สมาคมโลว์คาร์บอนคอนสตรัคชั่นแอนด์เทคโนโลยี บริษัทเข็มเหล็ก จำกัด และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์ ในการเป็นเจ้าภาพร่วมงานประชุมวิชาการฯ และขอขอบพระคุณ ดร.เทพชัย ทรัพย์นิธิ นายประเสริฐ ธรรมมนุญกุล และดร.วสันต์ ภัทรอธิคม ที่ให้เกียรติเป็นวิทยากรบรรยาย และท้ายที่สุดนี้ ขอขอบคุณคณะทำงานทุกท่านที่ร่วมเสียสละเวลาในการส่งเสริมให้งานนี้ประสบผลสำเร็จได้เป็นอย่างดี

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ฐิตินาถ สุคนเขตร์
คณบดีคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยสวนดุสิต

การประชุมวิชาการระดับชาติสวนดุสิต 2026 ครั้งที่ 8

“ปัญญาประดิษฐ์ สู่สังคมอัจฉริยะและคุณภาพชีวิตยั่งยืน: นวัตกรรมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งอนาคต”

สารจากเจ้าภาพร่วมงานประชุมวิชาการระดับชาติสวนดุสิต 2026 ครั้งที่ 8
ศาสตราจารย์ ดร.สุภา หารหนองบัว
นายกสมาคมวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์



สมาคมวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ มีความยินดีเป็นอย่างยิ่งที่มหาวิทยาลัยสวนดุสิตได้จัดการประชุมวิชาการระดับชาติสวนดุสิต 2026 ครั้งที่ 8 ภายใต้หัวข้อ “ปัญญาประดิษฐ์ สู่สังคมอัจฉริยะและคุณภาพชีวิตยั่งยืน: นวัตกรรมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งอนาคต (AI Towards Smart Society and Sustainable Quality of Life) ซึ่งจัดขึ้นในวันศุกร์ที่ 19 มิถุนายน 2569 ณ อาคารรักตะกนิษฐ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต เพื่อให้บุคลากร และนักศึกษาได้แสดงศักยภาพผลงานทางวิชาการที่เกิดจากความรู้ความสามารถต่อสาธารณชน และส่งเสริมกิจกรรมในการนำเสนอผลงานวิชาการ งานสร้างสรรค์และนวัตกรรม ก่อให้เกิดสัมพันธภาพอันดีระหว่างองค์กร

สมาคมวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ ได้รับเกียรติจากคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต ในการเป็นเจ้าภาพร่วมการประชุมวิชาการระดับชาติสวนดุสิต 2026 ครั้งที่ 8 โดยโลกปัจจุบันที่เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ หรือ AI กำลังเปลี่ยนแปลงวิถีชีวิต เศรษฐกิจ การศึกษา และการวิจัยอย่างรวดเร็ว การพัฒนาประเทศมิได้อาศัยเพียงความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีเท่านั้น แต่ยังต้องอาศัยบุคลากรที่มีความรู้ ความคิดสร้างสรรค์ คุณธรรม และความสามารถในการใช้เทคโนโลยีอย่างรับผิดชอบ เพื่อสร้างนวัตกรรมที่ตอบโจทย์สังคมและการพัฒนาที่ยั่งยืน

การร่วมเป็นเจ้าภาพการประชุมวิชาการครั้งนี้ จึงมิได้เป็นเพียงความร่วมมือในการจัดกิจกรรมทางวิชาการเท่านั้น แต่ยังเป็นการประกาศความมุ่งมั่นร่วมกันในการสร้างระบบนิเวศแห่งการเรียนรู้ การวิจัย และนวัตกรรม ที่เชื่อมโยงนักวิชาการ นักวิจัย เยาวชน และภาคส่วนต่าง ๆ ของสังคม เพื่อร่วมกันขับเคลื่อนประเทศไทยสู่อนาคตที่มั่นคง ยั่งยืน และพร้อมแข่งขันในเวทีโลก

สมาคมวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยสวนดุสิตที่ให้เกียรติได้ร่วมเป็นส่วนหนึ่งของการประชุมวิชาการอันทรงคุณค่านี้ และขออวยพรให้การประชุมประสบความสำเร็จ บรรลุวัตถุประสงค์ และก่อให้เกิดเครือข่ายความร่วมมือ ตลอดจนองค์ความรู้ใหม่ที่จะเป็นประโยชน์ต่อประเทศชาติและสังคมส่วนรวมต่อไป

ศาสตราจารย์ ดร.สุภา หารหนองบัว

นายกสมาคมวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์

การประชุมวิชาการระดับชาติสวนดุสิต 2026 ครั้งที่ 8

“ปัญญาประดิษฐ์ สู่สังคมอัจฉริยะและคุณภาพชีวิตยั่งยืน: นวัตกรรมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งอนาคต”

สารจากเจ้าภาพร่วมงานประชุมวิชาการระดับชาติสวนดุสิต 2026 ครั้งที่ 8
ดร.เทพชัย ทรัพย์นิธิ
นายกสมาคมปัญญาประดิษฐ์ประเทศไทย



มหาวิทยาลัยสวนดุสิต ได้การประชุมวิชาการระดับชาติสวนดุสิต 2026 ครั้งที่ 8 ภายใต้หัวข้อ “ปัญญาประดิษฐ์ สู่สังคมอัจฉริยะและคุณภาพชีวิตยั่งยืน: นวัตกรรมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งอนาคต (AI towards Smart Society and Sustainable Quality of Life)” ซึ่งจัดขึ้นในวันศุกร์ที่ 19 มิถุนายน 2569 ณ อาคารรักตะกนิษฐ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต ถนนนครราชสีมา เขตดุสิต เพื่อให้บุคลากรและนักศึกษาได้แสดงศักยภาพผลงานทางวิชาการที่เกิดจากความรู้ความสามารถต่อสาธารณชน และส่งเสริมกิจกรรมในการนำเสนอผลงานทางวิชาการ งานสร้างสรรค์และนวัตกรรมก่อให้เกิดสัมพันธภาพอันดีระหว่างองค์กรซึ่งไปตามนโยบายมหาวิทยาลัยที่ผลักดันการบูรณาการการเรียนการสอน วิจัย นวัตกรรม ปัญญาประดิษฐ์ตามมิติการขับเคลื่อนเชิงกลยุทธ์ในการด้านการเพิ่มความเชื่อมั่นทางวิชาการและเป็นการส่งเสริมการเผยแพร่ผลงานวิจัย รวมไปถึงการเพิ่มผลสัมฤทธิ์คุณภาพการศึกษา

สมาคมปัญญาประดิษฐ์ประเทศไทยได้รับเกียรติจากคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสวนดุสิตร่วมเป็นเจ้าภาพร่วมงานประชุมวิชาการระดับชาติสวนดุสิต 2026 ครั้งที่ 8 เป็นโอกาสที่ดีที่จะได้แสดงเจตนารมณ์ทางวิชาการด้านปัญญาประดิษฐ์เพื่อพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สร้างนวัตกรรม ขยายเครือข่ายความร่วมมือทางวิชาการ มีพันธกิจในการส่งเสริมความก้าวหน้าทางวิชาการด้านปัญญาประดิษฐ์ ตลอดจนสนับสนุนการแลกเปลี่ยนองค์ความรู้และความร่วมมือระหว่างนักวิชาการ นักศึกษา และภาคอุตสาหกรรม ทั้งในระดับประเทศและนานาชาติ เพื่อพัฒนากำลังคนและเสริมสร้างศักยภาพด้านปัญญาประดิษฐ์ของประเทศให้พร้อมรองรับการเปลี่ยนแปลงในอนาคต ซึ่งสอดคล้องกับหัวข้อหลักของการประชุมในครั้งนี้ คือ “ปัญญาประดิษฐ์สู่สังคมอัจฉริยะและคุณภาพชีวิตที่ยั่งยืน: นวัตกรรมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งอนาคต ” เพื่อการสร้างพื้นที่แห่งการเรียนรู้ การแลกเปลี่ยนแนวคิด และการพัฒนาศักยภาพบุคลากร เพื่อร่วมกันขับเคลื่อนองค์ความรู้และนวัตกรรมด้านปัญญาประดิษฐ์ให้เกิดประโยชน์ต่อสังคมและประเทศชาติ

สมาคมปัญญาประดิษฐ์ประเทศไทยขอขอบคุณคณะกรรมการที่เกี่ยวข้องทุกท่านที่ได้จัดการประชุมวิชาการระดับชาติสวนดุสิต 2026 ครั้งที่ 8 ในครั้งนี้ และขออวยพรให้การประชุมวิชาการครั้งนี้ประสบความสำเร็จตามวัตถุประสงค์ พร้อมทั้งก่อให้เกิดเครือข่ายความร่วมมือและองค์ความรู้ที่จะนำไปสู่การพัฒนาประเทศอย่างยั่งยืนต่อไป

เทพชัย ทรัพย์นิธิ

ดร.เทพชัย ทรัพย์นิธิ

นายกสมาคมปัญญาประดิษฐ์ประเทศไทย

การประชุมวิชาการระดับชาติสวนดุสิต 2026 ครั้งที่ 8

“ปัญญาประดิษฐ์ สู่สังคมอัจฉริยะและคุณภาพชีวิตยั่งยืน: นวัตกรรมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งอนาคต”

สารจากเจ้าภาพร่วมงานประชุมวิชาการระดับชาติสวนดุสิต 2026 ครั้งที่ 8

รองศาสตราจารย์ ดร.ชื่นจิตต์ บุญเฉิด

นายกสมาคมเทคโนโลยีชีวภาพแห่งประเทศไทย



ในนามของสมาคมเทคโนโลยีชีวภาพแห่งประเทศไทย ดิฉันรู้สึกเป็นเกียรติและมีความยินดีเป็นอย่างยิ่งที่ได้ร่วมเป็นเจ้าภาพการประชุมวิชาการระดับชาติสวนดุสิต 2026 ครั้งที่ 8 ซึ่งเป็นเวทีสำคัญในการเผยแพร่ผลงานวิจัย แลกเปลี่ยนองค์ความรู้ และสร้างเครือข่ายความร่วมมือทางวิชาการระหว่างนักวิจัย นักวิชาการ นักศึกษา และผู้เชี่ยวชาญจากหลากหลายสาขา

สมาคมเทคโนโลยีชีวภาพแห่งประเทศไทยเชื่อมั่นว่า การขับเคลื่อนงานวิจัยและนวัตกรรมให้เกิดประโยชน์ต่อสังคม จำเป็นต้องอาศัยความร่วมมือจากทุกภาคส่วน ทั้งสถาบันการศึกษา หน่วยงานวิจัย ภาคอุตสาหกรรม และภาครัฐ ความร่วมมือระหว่างสมาคมเทคโนโลยีชีวภาพแห่งประเทศไทยกับมหาวิทยาลัยสวนดุสิตในการจัดการประชุมครั้งนี้ สะท้อนถึงความมุ่งมั่นร่วมกันในการส่งเสริมความก้าวหน้าทางวิชาการและการพัฒนาประเทศด้วยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรม

ดิฉันหวังเป็นอย่างยิ่งว่า การประชุมวิชาการครั้งนี้จะเป็นเวทีแห่งการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ จุดประกายความคิดใหม่ และก่อให้เกิดความร่วมมือด้านการวิจัยและนวัตกรรมที่สามารถต่อยอดสู่การใช้ประโยชน์อย่างเป็นรูปธรรม อันจะนำไปสู่การพัฒนาประเทศและยกระดับคุณภาพชีวิตของประชาชนอย่างยั่งยืน

ในโอกาสนี้ ขอแสดงความขอบคุณมหาวิทยาลัยสวนดุสิตที่ให้เกียรติเชิญสมาคมเทคโนโลยีชีวภาพแห่งประเทศไทยร่วมเป็นเจ้าภาพการจัดงาน และขอชื่นชมคณะผู้จัดงานทุกฝ่ายที่ได้ทุ่มเทแรงกาย แรงใจ และความมุ่งมั่น จนทำให้การประชุมวิชาการครั้งนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี ขออวยพรให้การประชุมวิชาการระดับชาติสวนดุสิต ครั้งที่ 8 ประสบความสำเร็จตามวัตถุประสงค์ทุกประการ

รองศาสตราจารย์ ดร.ชื่นจิตต์ บุญเฉิด

นายกเทคโนโลยีชีวภาพแห่งประเทศไทย

การประชุมวิชาการระดับชาติสวนดุสิต 2026 ครั้งที่ 8

“ปัญญาประดิษฐ์ สู่สังคมอัจฉริยะและคุณภาพชีวิตยั่งยืน: นวัตกรรมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งอนาคต”

สารจากเจ้าภาพร่วมงานประชุมวิชาการระดับชาติสวนดุสิต 2026 ครั้งที่ 8

ดร.นครินทร์ ศรีสุวรรณ

นายกสมาคมโลว์คาร์บอนคอนสตรัคชั่นแอนด์เทคโนโลยี



มหาวิทยาลัยสวนดุสิต ได้การประชุมวิชาการระดับชาติสวนดุสิต 2026 ครั้งที่ 8 ภายใต้หัวข้อ “ปัญญาประดิษฐ์ สู่สังคมอัจฉริยะและคุณภาพชีวิตยั่งยืน: นวัตกรรมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งอนาคต (AI towards Smart Society and Sustainable Quality of Life)” ซึ่งจัดขึ้นในวันศุกร์ที่ 19 มิถุนายน 2569 ณ อาคารรักตะกนิษฐ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต ถนนนครราชสีมา เขตดุสิต เพื่อให้บุคลากรและนักศึกษาได้แสดงศักยภาพผลงานทางวิชาการที่เกิดจากความรู้ความสามารถต่อสาธารณชน และส่งเสริมกิจกรรมในการนำเสนอผลงานทางวิชาการงานสร้างสรรค์ และนวัตกรรม ก่อให้เกิดสัมพันธภาพอันดีระหว่างองค์กรซึ่งไปตามนโยบายมหาวิทยาลัยที่ผลักดันการบูรณาการการเรียนการสอน วิจัย นวัตกรรม การส่งเสริมการก่อสร้างคาร์บอนต่ำ การพัฒนาเทคโนโลยีที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และการประยุกต์ใช้นวัตกรรมเพื่อยกระดับคุณภาพชีวิตของประชาชน ตามมิติการขับเคลื่อนเชิงกลยุทธ์ในการด้านการเพิ่มความเชื่อมั่นทางวิชาการ และเป็นการส่งเสริมการเผยแพร่ผลงานวิจัย รวมไปถึงการเพิ่มผลสัมฤทธิ์คุณภาพการศึกษา

สมาคมโลว์คาร์บอนคอนสตรัคชั่นแอนด์เทคโนโลยีได้รับเกียรติจากคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสวนดุสิตร่วมเป็นเจ้าภาพร่วมงานประชุมวิชาการระดับชาติสวนดุสิต 2026 ครั้งที่ 8 นับเป็นอีกก้าวสำคัญของความร่วมมือทางวิชาการในการสร้างเวทีแลกเปลี่ยนเรียนรู้ ซึ่งในปัจจุบันโลกกำลังเผชิญความท้าทายจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ การใช้ทรัพยากรอย่างเข้มข้น และการเปลี่ยนผ่านสู่สังคมที่ขับเคลื่อนด้วยเทคโนโลยีและนวัตกรรม การพัฒนาประเทศในอนาคตจึงจำเป็นต้องอาศัยองค์ความรู้และความร่วมมือจากทุกภาคส่วน เพื่อสร้างสมดุลระหว่างการเติบโตทางเศรษฐกิจ คุณภาพชีวิตของประชาชน และความยั่งยืนของสิ่งแวดล้อม สมาคมฯ จึงมีความมุ่งมั่นในการส่งเสริมการก่อสร้างคาร์บอนต่ำ การพัฒนาเทคโนโลยีที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และการประยุกต์ใช้นวัตกรรมเพื่อยกระดับคุณภาพชีวิตของประชาชน สะท้อนถึงเจตนารมณ์ในการสนับสนุนการแลกเปลี่ยนองค์ความรู้ การสร้างเครือข่ายความร่วมมือ และการผลักดันแนวทางการพัฒนาที่สามารถนำไปสู่การปฏิบัติได้อย่างเป็นรูปธรรม และประสบการณ์จากนักวิชาการ นักวิจัย และผู้เชี่ยวชาญจากหลากหลายสาขา อันจะนำไปสู่การสร้างสรรค์นวัตกรรมและแนวทางใหม่ ๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อสังคมและประเทศชาติ

สมาคมโลว์คาร์บอนคอนสตรัคชั่นแอนด์เทคโนโลยีขอขอบคุณคณะผู้จัดงาน และภาคีเครือข่ายทุกภาคส่วนที่ได้ร่วมกันจัดการประชุมวิชาการระดับชาติสวนดุสิต 2026 ครั้งที่ 8 ในครั้งนี้ และขออวยพรให้การประชุมประสบความสำเร็จตามวัตถุประสงค์ทุกประการ

ดร.นครินทร์ ศรีสุวรรณ

นายกสมาคมโลว์คาร์บอนคอนสตรัคชั่นแอนด์เทคโนโลยี

การประชุมวิชาการระดับชาติสวนดุสิต 2026 ครั้งที่ 8

“ปัญญาประดิษฐ์ สู่สังคมอัจฉริยะและคุณภาพชีวิตยั่งยืน: นวัตกรรมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งอนาคต”

บทนำ

การประชุมวิชาการระดับชาติสวนดุสิต 2026 ครั้งที่ 8 (The 8th Suan Dusit National Academic Conference 2026) ภายใต้หัวข้อ “ปัญญาประดิษฐ์ สู่สังคมอัจฉริยะและคุณภาพชีวิตยั่งยืน: นวัตกรรมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งอนาคต (AI towards Smart Society and Sustainable Quality of Life)” ซึ่งจัดขึ้นในวันศุกร์ที่ 19 มิถุนายน 2569 ได้รับเกียรติจาก ดร.พันธุ์เพิ่มศักดิ์ อารุณี รองปลัดกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม ประธานกล่าวเปิดงานและบรรยายพิเศษ ศาสตราจารย์ ดร.สุภา หารหนองบัว นายกสมาคมวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ ดร.เทพชัย ทรัพย์นิธิ นายกสมาคมปัญญาประดิษฐ์ประเทศไทย รองศาสตราจารย์ ดร.ชื่นจิตต์ บุญเฉิด นายกสมาคมเทคโนโลยีชีวภาพแห่งประเทศไทย และคุณเพ็ญวลี ธารีจิตต์ อุปนายกสมาคมโลว์คาร์บอนคอนสตรัคชั่นแอนด์เทคโนโลยี กล่าวแสดงเจตนารมณ์ในการเป็นเจ้าภาพร่วมงานประชุมวิชาการฯ และได้รับเกียรติจากผู้ทรงคุณวุฒิที่มีชื่อเสียงเป็นวิทยากรปาฐกถาพิเศษให้กับผู้เข้าร่วมประชุม ได้แก่ 1) ดร.วสันต์ ภัทรอธิคม ผู้ช่วยผู้อำนวยการสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติด้าน Core Business (สวทช.) 2) นายประเสริฐ ธรรมมนุญกุล ผู้ก่อตั้งและประธานเจ้าหน้าที่บริหาร บริษัท เข็มเหล็ก จำกัด (Founder and CEO of KEMREX Co., Ltd.) และ 3) ดร.เทพชัย ทรัพย์นิธิ นายกสมาคมปัญญาประดิษฐ์ประเทศไทย โดยในการประชุมวิชาการครั้งนี้ได้เปิดโอกาสให้ผู้เข้าประชุมได้แลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกับวิทยากรเพื่อนำไปประยุกต์ใช้ให้เกิดองค์ความรู้ใหม่ ตลอดจนนวัตกรรมทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

หนังสือประมวลบทความการประชุมวิชาการระดับชาติ (SDNC 2026 Conference Proceeding) ฉบับนี้ ได้รวมบทความที่เข้าร่วมนำเสนอผลงานจำนวนรวมทั้งสิ้น 164 เรื่อง แบ่งออกเป็น 6 กลุ่ม ได้แก่ 1) สาขาคอมพิวเตอร์ นวัตกรรม และเทคโนโลยีดิจิทัล จำนวน 27 เรื่อง 2) สาขาเทคโนโลยีชีวภาพและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม จำนวน 17 เรื่อง 3) สาขาวิทยาศาสตร์สุขภาพและสิ่งแวดล้อม จำนวน 22 เรื่อง 4) สาขาศึกษาศาสตร์/งานวิจัยและนวัตกรรมเพื่อพัฒนาการเรียนการสอนจำนวน 44 เรื่อง 5) สาขามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ จำนวน 26 เรื่อง 6) นิทรรศการผลงานบุคลากรทางการศึกษาจำนวน 28 เรื่อง และมีบทความได้รับการคัดเลือกเพื่อตีพิมพ์ในวารสารระดับชาติและนานาชาติ 12 วารสาร ได้แก่ 1) วารสาร Journal of Applied Science and Emerging Technology 2) วารสารเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี 3) วารสารวิชาการเทคโนโลยีการจัดการ 4) วารสาร Journal of Multidisciplinary in Social Sciences 5) วารสาร ASEAN Journal of Education 6) วารสาร Journal of Food Health and Bioenvironmental Science 7) วารสารวิชาการบัณฑิตวิทยาลัยสวนดุสิต 8) วารสารวัฒนธรรมอาหารไทย 9) วารสารเพื่อการพัฒนาการท่องเที่ยวสู่ความยั่งยืน 10) วารสารนวัตกรรมวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาอย่างยั่งยืน 11) วารสารกฎหมายและการเมืองการปกครอง และ 12) วารสารการจัดการทางการศึกษาปฐมวัย คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต ทั้งหมดนี้แสดงถึงการพัฒนาของงานวิจัยในสาขาดังกล่าวในประเทศไทยและเป็นหนึ่งในกลไกสำคัญในการขับเคลื่อนประเทศให้มีขีดความสามารถในการแข่งขันกับนานาประเทศยิ่งขึ้น และช่วยให้เศรษฐกิจเติบโตอย่างมีเสถียรภาพและยั่งยืน

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต ร่วมกับ สมาคมวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ สมาคมปัญญาประดิษฐ์ประเทศไทย สมาคมเทคโนโลยีชีวภาพแห่งประเทศไทย สมาคมโลว์คาร์บอนคอนสตรัคชั่นแอนด์เทคโนโลยี บริษัทเข็มเหล็ก จำกัด และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์ ในฐานะหน่วยงานหลักของการประชุมวิชาการในครั้งนี้ ขอขอบคุณเจ้าของผลงานบทความทุกท่านที่ร่วมนำเสนอผลงานและเผยแพร่ในหนังสือประมวลบทความฉบับนี้ ขอขอบคุณวิทยากรปาฐกถาพิเศษที่ให้เกียรติเป็นอย่างสูงมา ณ ที่นี้ รวมถึงหน่วยงานเจ้าภาพร่วมทั้งภายในและภายนอกที่ให้การสนับสนุนด้วยดีมาเสมอ และท้ายสุดนี้ขอขอบคุณคณะกรรมการทุกฝ่าย คณะทำงานและผู้ที่เกี่ยวข้องทุกท่านที่ร่วมเสียสละและทุ่มเทให้งานนี้ประสบผลสำเร็จลุล่วงโดยดีจนเกิดผลงานที่ทรงคุณค่า

บรรณาธิการบริหาร

มิถุนายน 2569



การประชุมวิชาการระดับชาติสวนดุสิต 2026 ครั้งที่ 8

“ปัญญาประดิษฐ์ สู่สังคมอัจฉริยะและคุณภาพชีวิตยั่งยืน: นวัตกรรมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งอนาคต”

หน่วยงานร่วมการประชุมวิชาการระดับชาติสวนดุสิต 2026 ครั้งที่ 8

➢ หน่วยงานหลัก

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต

สมาคมวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์

สมาคมปัญญาประดิษฐ์ประเทศไทย

สมาคมเทคโนโลยีชีวภาพแห่งประเทศไทย

สมาคมโลว์คาร์บอนคอนสตรัคชั่นแอนด์เทคโนโลยี

➢ หน่วยงานร่วมภายใน

1. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสวนดุสิต
2. คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต
3. คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต
4. โรงเรียนการเรือน มหาวิทยาลัยสวนดุสิต
5. โรงเรียนการท่องเที่ยวและการบริการ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต
6. โรงเรียนกฎหมายและการเมือง มหาวิทยาลัยสวนดุสิต
7. คณะพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต
8. โรงเรียนสาธิตละอออุทิศ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต
9. ศูนย์ปัญญาประดิษฐ์เพื่อการศึกษา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต
10. สำนักวิทยบริการและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต
11. กองประชาสัมพันธ์มหาวิทยาลัยสวนดุสิต
12. กองคลังมหาวิทยาลัยสวนดุสิต
13. กองอาคารสถานที่มหาวิทยาลัยสวนดุสิต

➢ หน่วยงานร่วมภายนอก

1. คณะเทคโนโลยีการจัดการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์
2. บริษัท เข็มเหล็ก จำกัด
3. สมาคมวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์
4. สมาคมปัญญาประดิษฐ์ประเทศไทย
5. สมาคมเทคโนโลยีชีวภาพแห่งประเทศไทย
6. สมาคมโลว์คาร์บอนคอนสตรัคชั่นแอนด์เทคโนโลยี

เจ้าภาพร่วม

ลำดับที่	โลโก้	ชื่อหน่วยงาน
1		คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต ที่อยู่: 212 ถนนสิรินธร แขวงบางบำหรุ เขตบางพลัด กรุงเทพมหานคร 10700 โทรศัพท์: 02 423 9401
2		มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์ เลขที่ 145 หมู่ 15 ตำบลนอกเมือง อำเภอเมือง จังหวัดสุรินทร์ รหัสไปรษณีย์ 56000 โทรศัพท์:044-153062 ต่อ 3005
3		บริษัท เข็มเหล็ก จำกัด ที่อยู่: ชั้น 3 อาคารสุธีกรุ๊ป 27/5 4 ม.7 ถ. กิ่งแก้ว ตำบล บางพลีใหญ่ อำเภอบางพลี สมุทรปราการ 10540 โทรศัพท์: 02 026 3140
4		สมาคมวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ถนนพญาไท เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330 โทรศัพท์:0-2252-7987, 0-2218-5245

ลำดับที่	โลโก้	ชื่อหน่วยงาน
5	AiAT ARTIFICIAL INTELLIGENCE ASSOCIATION OF THAILAND	สมาคมปัญญาประดิษฐ์ประเทศไทย เลขที่ 160 หมู่ 5 ถนนติวานนท์ ตำบลบางกะดี อำเภอเมืองปทุมธานี จังหวัดปทุมธานี 12000 โทรศัพท์:02-101-4212 หรือ 097-186-1734
6	สมาคมเทคโนโลยีชีวภาพแห่งประเทศไทย TSB THAI SOCIETY FOR BIOTECHNOLOGY	สมาคมเทคโนโลยีชีวภาพแห่งประเทศไทย 73/1 ถนนพระราม 6 เขตราชเทวี กรุงเทพฯ 10400 โทรศัพท์ 08 2171 5446
7	LCTA	สมาคมโลว์คาร์บอนคอนสตรัคชั่นแอนด์เทคโนโลยี 267/10 ซอยสาธุประดิษฐ์ 15 ถนนสาธุประดิษฐ์ แขวงช่องนนทรี เขตยานนาวา กรุงเทพมหานคร 10120

กองบรรณาธิการหนังสือประมวลบทความการประชุมวิชาการระดับชาติสวนดุสิต 2026 ครั้งที่ 8 (SDNC 2026 Conference Proceeding)

➢ บรรณาธิการที่ปรึกษา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ฐิตินาถ สุคนเขตร์	คณบดี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุระสิทธิ์ ทรงม้า	รองคณบดีฝ่ายบริหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต

➢บรรณาธิการบริหาร

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ดุสิต อังธารารักษ์	รองคณบดีฝ่ายวิชาการ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต
ศาสตราจารย์ ดร.ธานินทร์ สิทธิวิรัชธรรม	มหาวิทยาลัยสวนดุสิต
รองศาสตราจารย์ ดร.ศิริพร ฉิมพลี	มหาวิทยาลัยสวนดุสิต
รองศาสตราจารย์ ดร.ณัฏฐา ผิวมา	มหาวิทยาลัยสวนดุสิต
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปริศนา มัชฌิมา	มหาวิทยาลัยสวนดุสิต
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ดร.สายสุดา ปั้นตระกูล	มหาวิทยาลัยสวนดุสิต
อาจารย์ชนิสรา เมธภัทรหิรัญ	มหาวิทยาลัยสวนดุสิต
อาจารย์จิตรวดี ตั้งหิรัญรัตน์	มหาวิทยาลัยสวนดุสิต
นางสาวปิติพร ทองประเสริฐ	มหาวิทยาลัยสวนดุสิต

➢กองบรรณาธิการ

ดร.รังสันต์ จอมทะรักษ์	มหาวิทยาลัยสวนดุสิต
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ดุสิต อังธารารักษ์	มหาวิทยาลัยสวนดุสิต
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิราภรณ์ พงษ์โสภา	มหาวิทยาลัยสวนดุสิต
รองศาสตราจารย์ ดร.จิระ จิตสุภา	มหาวิทยาลัยสวนดุสิต
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนินทร์ ฐิติเพชรกุล	มหาวิทยาลัยสวนดุสิต

➢ **กองบรรณาธิการ (ต่อ)**

ผู้ช่วยศาสตราจารย์อลงกรณ์ เกิดเนตร	มหาวิทยาลัยสวนดุสิต
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ฐิติพร ลินิฐฎา	มหาวิทยาลัยสวนดุสิต
ดร.ศักดิ์ชัย ไชยรักษ์	มหาวิทยาลัยสวนดุสิต
ดร.สาวิตรี มูลสุวรรณ	มหาวิทยาลัยสวนดุสิต
อาจารย์ชนิสรา เมธภัทรหิรัญ	มหาวิทยาลัยสวนดุสิต
นางสาวจามรี กลางคาร	มหาวิทยาลัยสวนดุสิต
นางอรวรินทร์ ยาเณร	มหาวิทยาลัยสวนดุสิต

ผู้ประเมินอิสระหรือพิชญจารย์ (Peer Reviewers)

➢ **คณะกรรมการสาขาคอมพิวเตอร์นวัตกรรมและเทคโนโลยีดิจิทัล**

รองศาสตราจารย์ ดร.ศิริพร	ฉิมพลี
ศาสตราจารย์ ดร.พรรณี	สวนเพลง
รองศาสตราจารย์ ดร.วิชชา	ฉิมพลี
รองศาสตราจารย์ ดร.สุระสิทธิ์	ทรงม้า
รองศาสตราจารย์ ดร.ณัฏฐา	ผิวมา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ณรงค์ฤทธิ์	ภิรมย์นก
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ภูริพจน์	แก้วย่อง
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชูติวรรณ	บุญอาชาทอง
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิริลักษณ์	หล่อพันธ์มณี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์จุฑาวุฒิ	จันทรมาลี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ปเนต	หมายมั่น
ผู้ช่วยศาสตราจารย์นิพัฒน์	มานะกิจภิญโญ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์วัชรากรณ์	เนตรหาญ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรศิริ	ศิลาสัย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์วัจนา	ขาวฟ้า

➢ **คณะกรรมการสาขาคอมพิวเตอร์นวัตกรรมและเทคโนโลยีดิจิทัล (ต่อ)**

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เขมขนิษฐ์	แสนยะนันท์ธนะ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ทินกร	ชุณหภัทรกุล
ผู้ช่วยศาสตราจารย์อัฐเดช	วรรณสินธีรกร

คณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิภายนอกสาขาคอมพิวเตอร์นวัตกรรมและเทคโนโลยีดิจิทัล

ผู้ช่วยศาสตราจารย์มนัสนันทน์	บุญปาลวงศ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ธีรศักดิ์	สังข์ศรี
ดร.เมธี	ทองดี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธนากร	ปามุทา
ดร.ฟูไดละห์	ดือมอง
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธีระ	สาธุพันธ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธเนศ	ศรพรหม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชัชวาล	ขันติคเชนชาติ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชณิดาภา	บุญประสม
รองศาสตราจารย์ ดร.ชัดชัย	แก้วตา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิศรุต	ขวัญคุ้ม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์อิงอร	วงษ์ศรีรักษา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อัจจิมา	มั่นทน

➢ **คณะกรรมการสาขาเทคโนโลยีชีวภาพและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม**

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มณชัย	เดชสังกรานนท์
รองศาสตราจารย์ ดร.ยุวรัตน์	พจน์พิศุทธิพงศ์
รองศาสตราจารย์ ดร.สุวรรณา	พิชัยยงค์วงศ์ดี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรพจน์	หริตกุล
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จันทรัสจ์	วุฒิสัตย์วงศ์กุล
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปิยาภรณ์	วรานุสันติกูล
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชานุ	โพธิพิทักษ์

➢ **คณะกรรมการสาขาเทคโนโลยีชีวภาพและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (ต่อ)**

รองศาสตราจารย์ ดร.รุ่งเกียรติ	แก้วเพชร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นาฏลดา	อ่อนวิมล
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิภา	ทัพเชียงใหม่
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ฤทธิพันธ์	รุ่งเรือง
รองศาสตราจารย์ ดร. ฐิตา	ฟูเผ่า
รองศาสตราจารย์ ดร.ปัญญภัสก์	ปิ่นแก้ว
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิทวัส	รัตนถาวร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐกฤตา	ฟลอเรนไทน์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วีรชน	ภูหินกอง
ดร.สวิต	ฉิมเรือง

คณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิภายนอกสาขาเทคโนโลยีชีวภาพและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

รองศาสตราจารย์ ดร.ขนิษฐา	สมตระกูล
รองศาสตราจารย์ ดร.ธนศักดิ์	ล้อมทอง
รองศาสตราจารย์ ดร.อภิชาติ	อาจนาเสียว
รองศาสตราจารย์ ดร.วีระเดช	มีอันเกิด
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สรสุธี	บัวพูล

➢ **คณะกรรมการสาขาวิทยาศาสตร์สุขภาพและสิ่งแวดล้อม**

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปฏิญญา	สุขวงศ์
รองศาสตราจารย์ ดร.สุรชาติ	สินวรณ์
รองศาสตราจารย์ ดร.ณัฐบดี	วิริยาวัฒน์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปารินดา	สุขสบาย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.แทนทัศน์	เพียกขุนทด
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อาภาพรรณ	สัตยาวิบูล
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สิรวัลภ์	เรืองช่วย ตู้ประกาย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วาศนศักดิ์	ลิ้มควรสุวรรณ

➢ **คณะกรรมการสาขาวิทยาศาสตร์สุขภาพและสิ่งแวดล้อม (ต่อ)**

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปิยนุช	พรมภมร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรพิณ	โกมุติบาล
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศรีสุดา	สมัยใหม่
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุวิทย์	นำภาว์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์วันปิติ	ธรรมศรี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์อมรรัตน์	สีสุกอง
ดร.มณฑล	สุวรรณประภา
ดร.วันดี	สิริธนา
ดร.เยาวเรศ	ส่วนบุญ
ดร.สิมนัส	ตรีเดช
อาจารย์สาวิตรี	ม่วงศรี
อาจารย์จิตรวดี	ตั้งหิรัญรัตน์
นายรุ่งเกียรติ	ยิ่งเจริญรุ่งโรจน์

คณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิภายนอกสาขาวิทยาศาสตร์สุขภาพและสิ่งแวดล้อม

รองศาสตราจารย์ ดร.ทัศนีย์	พาณิชย์กุล
รองศาสตราจารย์ ดร.ภัทรานิษธ์	ศรีจันทราพันธ์
รองศาสตราจารย์ ดร.เสรีย์	ตู้ประกาย
รองศาสตราจารย์ ดร.ธนศักดิ์	ล้อมทอง
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประวรดา	โภชนจันทร์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เกียรติภูมิ	พลตรี
ผู้ช่วยศาสราจารย์ ดร.สมเกียรติ	พรพิสุทธิมาศ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พท.จิราภรณ์	ทองตัน
น.สพ.ดร.มาสเกียรติ	บุญยเกียรติ
ดร.สิทธิพร	ปานเม่น
ดร.จำรัส	กาญจนไพบูลย์

คณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิภายนอกสาขาวิทยาศาสตร์สุขภาพและสิ่งแวดล้อม (ต่อ)

ดร.จณิศรา	ฤดีอเนกสิน
ดร.ธีร์วศิษฐ์	แพทย์สมาน
ดร.จักรวาล	ชมภูศรี
ดร.สดุดี	รัตนจรัสโรจน์
ดร.พิราภรณ์	อุตซี

➢ **คณะกรรมการสาขาศึกษาศาสตร์/งานวิจัยและนวัตกรรมเพื่อพัฒนาการเรียนการสอน**

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สิรทัศน์	วีระพิริยะชาติ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อุดมศักดิ์	กิจทวี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิราภรณ์	พงษ์โสภา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชาติ	ทีฆะ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ดุสิต	อังธารารักษ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ยุทธนา	พิมพ์ทองงาม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิทวัส	รัตนถาวร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ฐิติพร	ลินิฐฎา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์วัชรากรณ์	เนตรหาญ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์นิศารัตน์	อิสระมโนรส
ดร.สาวิตรี	มูลสุวรรณ
อาจารย์ชนิสรา	เมธภัทรหิรัญ

คณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิภายนอกสาขาศึกษาศาสตร์/งานวิจัยและนวัตกรรมเพื่อพัฒนาการเรียนการสอน

รองศาสตราจารย์ ดร.สุมาลี	เทียนทองดี
รองศาสตราจารย์ ดร.ศุภเดช	สุจินพรหม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภัททิรา	หอมหวน

➢ **คณะกรรมการสาขามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์**

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บรรพต	พิจิตรกำเนิด
รองศาสตราจารย์ ดร.จิรัฐ	ชวนชม
รองศาสตราจารย์ ดร.จิรานุช	โสภา
รองศาสตราจารย์ภุชงค์	เมนะสินธุ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภคพร	กระจาดทอง
ผู้ช่วยศาสตราจารย์นฤมล	โสภารัตนกุล
ผู้ช่วยศาสตราจารย์นงลักษณ์	โพธิ์ไพจิตร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ถิรพร	นาคะเสถียร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วันเพ็ญ	ควรสมาน
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุญญลักษม์	ตำนานจิตร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปริศนา	มัชฌิมา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สายสุดา	ปั้นตระกูล
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อัมพร	ศรีประเสริฐสุข
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐพร	โอวาทนุพัฒน์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุดารัตน์	เจตน์ปัญจภัค
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศศิพร	ต่ายคำ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุดสวาท	จันทร์ดำ

คณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิภายนอกสาขามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปวีณา	สปิลเลอร์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ยุวดี	จิตต์โกศล
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อุบลวรรณ	สุวรรณภูสิทธิ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อำพล	ชะโยมชัย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุษลิน	ขวดทอง
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรมงคล	นิ่มจิตต์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์เบญญา	จริยวิจิตร

หน่วยงานผู้สนับสนุน

ลำดับที่	โลโก้	ชื่อหน่วยงาน
1		สมาคมโลว์คาร์บอนคอนสตรัคชั่นแอนด์เทคโนโลยี 267/10 ซอยสาธุประดิษฐ์ 15 ถนนสาธุประดิษฐ์ แขวงช่องนนทรี เขตยานนาวา กรุงเทพมหานคร 10120
2		บริษัท ซีทีแลบอราตอรี่ จำกัด 13/95 ซอยแจ้งวัฒนะ 14 แขวงทุ่งสองห้อง เขตหลักสี่ กรุงเทพมหานคร 10210 โทรศัพท์ : 02 573 9883-4 โทรสาร : 029907639
3		บริษัท สิทธิพร แอสโซซิเอส จำกัด 451, 451/1 ถ. สิรินธร แขวงบางบำหรุ บางพลัด กรุงเทพมหานคร 10700 โทรศัพท์: 02 433 8331
4		บริษัท ธีระเทรดดิ้ง จำกัด ที่อยู่: 27 29, 31 ถนนเทอดไทย แขวงบางยี่เรือ เขตธนบุรี กรุงเทพมหานคร 10600 โทรศัพท์: 02 466 4491

ลำดับที่	โลโก้	ชื่อหน่วยงาน
5		บจก.ฟอร์ทิส เทรดดิ้ง จำกัด ที่อยู่: 9,11 ซอยเพชรเกษม 48 แยก 4-7 แขวงบางด้วน เขตภาษีเจริญ กรุงเทพมหานคร 10160 โทรศัพท์: 02 869 6803
6		บริษัท เมดิทอป จำกัด ที่อยู่: 334 ซอย ร่วมน้ำใจ แยก 3 แขวงคลองเจ้าคุณสิงห์ เขตวังทองหลาง กรุงเทพมหานคร 10310 โทรศัพท์: 02 933 1133
7		บจก. เอ็นเทค อินดัสเทรียล โซลูชั่น สำนักงานใหญ่ ที่อยู่: 17, 121 ซอย งามวงศ์วาน 47 แยก 48 แขวงทุ่งสองห้อง เขตหลักสี่ กรุงเทพมหานคร 10210 โทรศัพท์: 02 779 8888
8		บริษัท อินโนเวทีฟ อินสทรูเมนต์ จำกัด (สำนักงานใหญ่) ที่อยู่: 7/139 หมู่ที่ 13 ซอยสันตินคร 11 ตำบลบางแก้ว อำเภอบางพลี จังหวัดสมุทรปราการ 10540 โทรศัพท์: 02 116 5860-1

ลำดับที่	โลโก้	ชื่อหน่วยงาน
9		บริษัท ซายน์ สเปค จำกัด ที่อยู่: 10 ซอย กาญจนาภิเษก 0010 แยก 2 แขวงบางแค บางแค กรุงเทพมหานคร 10160 โทรศัพท์: 02 454 8533
10		เมก้า วีแคร์ อาคาร แอ ม เพิล ทาวเวอร์ ชั้น 9 หมู่ ที่ 11 120 Bang Na-Trat Rd,, แขวงบางนาเหนือ เขตบางนา กรุงเทพมหานคร 10260 โทรศัพท์: 02 769 5444
11		บริษัท กิบไทย จำกัด สำนักงานใหญ่ อาคารทรีเอ็นโฮลดิ้ง 44/6 ถนนสุทธิสารวินิจฉัย แขวงสามเสนนอก เขตห้วยขวาง กรุงเทพฯ 10310 เบอร์โทร : 0 2274 8331 แฟกซ์ : 02 274 8580 อีเมล : info@gibthai.com
12		สวนดุสิตโฮมเบเกอรี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต 295 ถ.ราชสีมา เขตดุสิต กรุงเทพมหานคร 10300 Tel.: 02 668 8231 Line: @buq5925i Facebook: HOME-Bakery-Official-Fanpage

ลำดับที่	โลโก้	ชื่อหน่วยงาน
13		ศูนย์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต เลขที่ 228-228/1-3 ถนนสิรินธร แขวงบางพลัด เขตบางพลัดกรุงเทพมหานคร 10700 โทรศัพท์ : 02-423-9407-10, 02-423-9409 Website: http://www.envcenter.dusit.ac.th Facebook: www.facebook.com/envcenter.suandusit

KEMREX
innoVISION Foundation

เสาเข็มเหล็ก : ตัวเลือกที่ใช่สำหรับทุกงานก่อสร้าง เข้าถึงหน้างานได้ทุกรูปแบบไร้ตอก ไร้เสียง ไร้แรงสั่นสะเทือน

เข็มเหล็ก คือ นวัตกรรม + วิสัยทัศน์

KEMREX หรือ บริษัท เข็มเหล็ก จำกัด

เราคือ ผู้ริเริ่มสร้าง " เสาเข็มเหล็ก " ซึ่งเป็นนวัตกรรมเสาเข็มรูปแบบใหม่ที่พร้อมพลิกโฉมระบบงานวางฐานรากเสาเข็มของเมืองไทยและภาคพื้นเอเชียให้เป็นเรื่องง่ายกว่าที่เคย สามารถควบคุมได้ทั้งเรื่องของเวลา และค่าใช้จ่ายให้เป็นไปตามที่ต้องการได้อย่างแม่นยำ เพิ่มศักยภาพให้กับธุรกิจของคุณและลูกค้า เพิ่มประสิทธิภาพในการบริหารการจัดการ

การประชุมวิชาการระดับชาติสวนดุสิต 2026 ครั้งที่ 8
“ปัญญาประดิษฐ์ สู่สังคมอัจฉริยะและคุณภาพชีวิตยั่งยืน: นวัตกรรมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งอนาคต”

กำหนดการ

การประชุมวิชาการระดับชาติสวนดุสิต 2026 ครั้งที่ 8
“ปัญญาประดิษฐ์ สู่สังคมอัจฉริยะและคุณภาพชีวิตยั่งยืน: นวัตกรรมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งอนาคต”
(AI towards Smart Society and Sustainable Quality of Life)
วันศุกร์ที่ 19 มิถุนายน 2569 เวลา 08.00 – 17.00 น.
ณ หอประชุมรักตะกนิษฐ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต

เวลา	กิจกรรม
08.00 – 09.00 น.	**ลงทะเบียนและเข้าร่วมโครงการ “การประชุมวิชาการระดับชาติสวนดุสิต 2026ครั้งที่ 8”** ณ หอประชุมรักตะกนิษฐ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต
09.00 – 09.10 น.	**เข้าสู่ช่วงพิธีการ** - กล่าวต้อนรับโดย **ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรชณิตว์ แก้วเนตร** ตำแหน่ง รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการและกิจการต่างประเทศปฏิบัติหน้าที่แทนอธิการบดีมหาวิทยาลัยสวนดุสิต
09.10 – 09.30 น.	**กล่าวเจตนารมณ์ในการเป็นเจ้าภาพร่วม** โดย 1. **ศาสตราจารย์ ดร.สุภา หารหนองบัว** ตำแหน่ง นายกสมาคมวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ 2. **ดร.เทพชัย ทรัพย์นิธิ** ตำแหน่งนายกสมาคมปัญญาประดิษฐ์ประเทศไทย 3. **รองศาสตราจารย์ ดร.ชื่นจิตต์ บุญเฉิด** ตำแหน่งนายกสมาคมสมาคมเทคโนโลยีชีวภาพแห่งประเทศไทย 4. **คุณเพ็ญวลี ธารีจิตต์** ตำแหน่ง อุปนายกสมาคมโลว์คาร์บอนคอนสตรัคชั่นแอนด์เทคโนโลยี
09.30 – 10.00 น.	**Keynote Speaker 1 ดร.วสันต์ ภัทรอธิคม** **หัวข้อบรรยาย :** “The Future of Human-Centric AI: นวัตกรรมเทคโนโลยีเพื่อคุณภาพชีวิตที่ยั่งยืน” ตำแหน่งผู้ช่วยผู้อำนวยการสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ ด้าน Core Business (สวทช.)

การประชุมวิชาการระดับชาติสวนดุสิต 2026 ครั้งที่ 8

“ปัญญาประดิษฐ์ สู่สังคมอัจฉริยะและคุณภาพชีวิตยั่งยืน: นวัตกรรมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งอนาคต”

เวลา	กิจกรรม
10.00 – 10.30 น.	**Keynote Speaker 2 คุณประเสริฐ ธรรมมนุญกุล** **หัวข้อบรรยาย :**“Tree Care Hospital by KEMREX: นวัตกรรมดูแลต้นไม้เมือง สู่โครงสร้างพื้นฐานสีเขียว เพื่อสังคมอัจฉริยะและคุณภาพชีวิตที่ยั่งยืน” ตำแหน่งผู้ก่อตั้งและประธานเจ้าหน้าที่บริหาร บริษัท เข็มเหล็ก จำกัด (Founder and CEO of KEMREX Co., Ltd.)
10.30 – 11.00 น.	**Keynote Speaker 3 ดร.เทพชัย ทรัพย์นิธิ** **หัวข้อบรรยาย : “From AI Workforce Perspectives to Sustainable AI Ecosystem”** ตำแหน่งนายกสมาคมปัญญาประดิษฐ์ประเทศไทย
11.00-11.40 น.	- กล่าวรายงานการดำเนินงานการจัดประชุมวิชาการระดับชาติสวนดุสิต 2026 ครั้งที่ 8 โดย **ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ฐิตินาถ สุคนเขตร์** ตำแหน่ง คณบดีคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยสวนดุสิต - นำเสนอนโยบาย “สวนดุสิตก้าวล้ำ: ผสาน AI ยกระดับการเรียนรู้ วิจัย และบริการวิชาการสู่อนาคต” โดย **ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรชณิตว์ แก้วเนตร** ตำแหน่ง รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการและกิจการต่างประเทศปฏิบัติหน้าที่แทนอธิการบดีมหาวิทยาลัยสวนดุสิต **-ประธานกล่าวเปิดงานและบรรยายพิเศษ ในหัวข้อ**“บทบาทของกระทรวง อว.กับขับเคลื่อนสังคมอัจฉริยะและคุณภาพชีวิตที่ยั่งยืนด้วยปัญญาประดิษฐ์” **โดย ดร.พันธุ์เพิ่มศักดิ์ อารุณี** ตำแหน่ง รองปลัดกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม
11.40-12.00 น.	มอบโล่ห์รางวัลและของที่ระลึก พร้อมถ่ายภาพแขกผู้มีเกียรติ โดย **รองศาสตราจารย์ ดร.สุขุม เฉลยทรัพย์** ตำแหน่ง ประธานที่ปรึกษาอธิการบดีมหาวิทยาลัยสวนดุสิต
12.00 – 13.00 น.	----------พักรับประทานอาหารกลางวัน----------

การประชุมวิชาการระดับชาติสวนดุสิต 2026 ครั้งที่ 8

“ปัญญาประดิษฐ์ สู่สังคมอัจฉริยะและคุณภาพชีวิตยั่งยืน: นวัตกรรมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งอนาคต”

เวลา	กิจกรรม
13.00 – 15.30 น.	นำเสนอผลงานภาคบรรยาย/ภาคโปสเตอร์/งานนิทรรศการแสดงผลงานทางวิชาการของบุคลากรทางการศึกษา
15.30 – 16.00 น.	ประกาศผลการตัดสินการนำเสนอผลงานวิชาการ มอบรางวัลพร้อมเกียรติบัตร
16.00 – 16.15 น.	ประธานในพิธีกล่าวปิดประชุมวิชาการระดับชาติ สวนดุสิต 2026 ครั้งที่ 8

หมายเหตุ:- กำหนดการอาจมีการเปลี่ยนแปลงตามความเหมาะสม

- รับประทานอาหารว่างช่วงเวลา 10.30 – 10.45 น.

การประชุมวิชาการระดับชาติสวนดุสิต 2026 ครั้งที่ 8

“ปัญญาประดิษฐ์ สู่สังคมอัจฉริยะและคุณภาพชีวิตยั่งยืน: นวัตกรรมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งอนาคต”

ปาฐกถาพิเศษ

เรื่อง “The Future of Human-Centric AI: นวัตกรรมเทคโนโลยีเพื่อคุณภาพชีวิตที่ยั่งยืน”

องค์ปาฐก (Keynote Speaker) : ดร.วสันต์ ภัทรอธิคม



ผู้ช่วยผู้อำนวยการสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติด้าน Core Business (สวทช.)

การประชุมวิชาการระดับชาติสวนดุสิต 2026 ครั้งที่ 8

“ปัญญาประดิษฐ์ สู่สังคมอัจฉริยะและคุณภาพชีวิตยั่งยืน: นวัตกรรมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งอนาคต”

ปาฐกถาพิเศษ

เรื่อง “Ai Tree Care Hospital by KEMREX: นวัตกรรมดูแลต้นไม้เมือง สู่โครงสร้างพื้นฐานสีเขียว เพื่อสังคมอัจฉริยะและคุณภาพชีวิตที่ยั่งยืน”

องค์ปาฐก (Keynote Speaker) : นายประเสริฐ ธรรมมนุญกุล



ผู้ก่อตั้งและประธานเจ้าหน้าที่บริหาร บริษัท เข็มเหล็ก จำกัด

(Founder and CEO of KEMREX Co., Ltd.)

การประชุมวิชาการระดับชาติสวนดุสิต 2026 ครั้งที่ 8

“ปัญญาประดิษฐ์ สู่สังคมอัจฉริยะและคุณภาพชีวิตยั่งยืน: นวัตกรรมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งอนาคต”

ปาฐกถาพิเศษ

เรื่อง “From AI Workforce Perspectives to Sustainable AI Ecosystem”

องค์ปาฐก (Keynote Speaker) : ดร.เทพชัย ทรัพย์นิธิ



นายกสมาคมปัญญาประดิษฐ์ประเทศไทย

สารบัญ

	หน้า
กลุ่มที่ 1: คอมพิวเตอร์ นวัตกรรม และเทคโนโลยีดิจิทัล	1
การตรวจจับภัยคุกคามอัตโนมัติจากพฤติกรรมการใช้งานระบบเครือข่ายด้วยเทคนิคการเรียนรู้ของเครื่อง พงศธร ปริวุฒิพงศ์[1*] และสุภัคพงศ์ จินารัตน์[1*]	2
การสร้างแบบจำลองการเพิ่มขึ้นของระดับทะเลโดยใช้ FBProphet ในพื้นที่ชายฝั่งประเทศไทย ศรีชล ภิรมย์ลาภ[1] วิทมา ธรรมเจริญ[2] สมพล สกุลหลง[3] และสืบสกุล คุรุรัตน์[3*]	12
การพัฒนาระบบบันทึกการเข้าเรียนโดยใช้เทคโนโลยี RFID ร่วมกับ Power Apps ธัญญเรศ วงศ์สุวรรณ์[1*] ปิยะรักษ์ เนตรจุ้ย[1] บุญชัย แซ่สิ้ว[1] และณัฐธยาน์ โสกุล[1]	28
ระบบวิเคราะห์และจัดการข้อมูลสุขภาพส่วนบุคคลแบบบูรณาการด้วยสถาปัตยกรรมฝั่งไคลเอ็นต์พร้อมการพยากรณ์แนวโน้มเพื่อสนับสนุนการตัดสินใจด้านสุขภาพเชิงรุก ศิริพร ฉิมพลี[1] อนุกูล บุญทา[1] กาณฑ์ ยอดเกวียน[1] และวิชชา ฉิมพลี[1*]	42
การพยากรณ์ระดับน้ำโดยใช้แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม: กรณีศึกษาลุ่มน้ำกวง มงคลชัย ภิรมย์[1] และจีรยุทธ ไชยจารุวณิช[1*]	56
Aspect-Based Sentiment Analysis for Consumer Insight Extraction on High-Protein Milk Products Using Thai Social Media Data Anawin Pupaijitkul[1*] and Pornsiri Chatpreecha[1]	71
การพยากรณ์ราคาทองด้วยรูปแบบความคล้ายคลึงกันของราคาและการเรียนรู้เชิงลึก อนาวิล วรงค์รับพร[1*] อุมัร ศุมานนท์[1] และศิริลักษณ์ หล่อพันธ์มณี[1]	81
Project-based learning for e-commerce entrepreneurship with AI-assisted tools: A model for enhancing digital entrepreneurship skills of undergraduate students Kemkanit Sanyanunthana[1*]	89
การพัฒนาโปรแกรมบริหารจัดการความสัมพันธ์ลูกค้า กรณีศึกษาคลินิกกายภาพบำบัด สุทธิดารัตน์ ทองศรี[1*] ณัฐพร ปานะรังษี[1] และ บุญชัย แซ่สิ้ว[1]	105
การพัฒนาระบบประเมินผลกิจกรรมผู้เรียน กรณีศึกษาวิทยาลัยเทคนิคบุรีรัมย์ วิกฤษกร เทวารัมย์[1] ธัญรดี จับใจเหมาะ[1] บุญส่ง ผดุงรัตน์[1] จันทร์ดารา สุขสาม[2] ธเนษฐ โยธาศิริ[2] วราลักษณ์ มาประสม[2] พชรพรรณ ธุรานุช[2] และอุมาพร ไชยสูง[2*]	118
การสร้างวิดีโอแบบผสมผสานด้วยเจเนอเรทีฟเอไอและโมเดล 3 มิติแบบกำหนดเองเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้: กรณีศึกษาการละเล่นพื้นบ้านไทย "ตีวงล้อ" ปราโมทย์ อบอุ่น[1] พงศภัค นิลพงศ์[1] ณัฏฐา ผิวมา[1*] และปริศนา มัชฌิมา[1]	127

หน้า

A Lightweight Hand Gesture-Based Digital Signage Control System Using Media Pipe 139
Thawatchai Sarawong[1], Piya Thirapanmetee[1], Orasa Patsadu[1] and Sureeporn Nualnim[1*]

การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศเพื่อการตรวจสอบสิทธิการรักษาพยาบาลผ่านเครื่อง EDC: กรณีศึกษาศูนย์การแพทย์กาญจนาภิเษก คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล 153
วรภัทร มีพันธุ์[1*] และพรเทพ ปู่อิ่ม[1]

การพัฒนาระบบบริหารจัดการข้อมูลการเบิกจ่ายค่ารักษาพยาบาลผู้ป่วยใน เพื่อลดอัตราการติดไม่ผ่านการเบิกจ่าย ของศูนย์การแพทย์กาญจนาภิเษก 161
วิทวัส แก้วแพร่[1*] และวรภัทร มีพันธุ์[1]

ระบบจัดการงานครุภัณฑ์และพัสดุ หลักสูตรวิทยาการคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต 175
ณัฐพล ขาวบริสุทธิ์[1*] จุฑาวุฒิ จันทรมาลี[1] นิพัฒน์ มานะกิจภิญโญ[1] และปเนต หมายมั่น[1]

การพัฒนาระบบตรวจจับ บันทึกภาพ และแจ้งเตือนการไม่สวมหมวกนิรภัยของผู้ขับขี่โดยใช้เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ 187
พุฒิพร บุญมา[1*] อนิตา วันนะ[1] กฤษฎา สมิทธิวิโรจน์[1] และณรงค์ฤทธิ์ ภิรมย์นก[1]

ระบบรักษาความปลอดภัยอัจฉริยะสำหรับการตรวจจับอาวุธในพื้นที่สาธารณะ 196
นภาพร อามาตมนตรี[1*] บัญจรัตน์ ศิลาแก้ว[1] อัครภพ สุขันทอง[1] และณรงค์ฤทธิ์ ภิรมย์นก[1]

การออกแบบและพัฒนาระบบพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ร้านโฮมเบเกอรี่ 204
วรรณวดี วงค์สุทธิ[1] อารียา จอมศรีลา[1] ธีรชานนท์ เอี่ยมอ่อน[1] ภูริพจน์ แก้วย่อง[1]
อัฐเดช วรรณสินธีรกร[1] และทินกร ชุณหภัทรกุล[1*]

การวิเคราะห์ความต้องการผู้ใช้งานและการออกแบบแชทบอทด้านสุขภาพและโภชนาการโดยใช้ข้อมูลจากสื่อสังคมออนไลน์ 223
ไกรวิชญ์ ภัทรวงศ์ไพบูลย์[1*] พรสิริ ชาติปรีชา[1] และคุณาลัย พลอยดนัย[1]

การเปรียบเทียบตัวแบบพยากรณ์ความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน สถานีกรมอุตุนิยมวิทยา เขตบางนา 232
นพมาศ อัครจันทโชติ[1*] อุมา รัตนเทพี[1] อลิศรา พรายแก้ว[1] ตติภรณ์ ภัทรานุรักษ์โยธิน[1]
และภัททิตา เลิศจริยพร[1]

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโมเดลการเรียนรู้ของเครื่องและการเรียนรู้เชิงลึกเพื่อพยากรณ์ราคาหุ้นบริษัท Alphabet Inc. (Google) 247
รวิวรรณ เสืออุดม[1] กฤษกร เวชกุล[1] รังสิมา ศรีนาค[1] สุระสิทธิ์ ทรงม้า[2] และวัชรากรณ์ เนตรหาญ[1*]

หน้า

การวิเคราะห์เสถียรภาพและความเสี่ยงของราคาน้ำมันปาล์มในประเทศไทยโดยใช้วิธีทางสถิติ 271
วันรัฐ มะสัน[1*] พรสิริ ชาติปรีชา[1] บุญศิริ มะสัน[2] และจุมพล วรสายัณห์[1]

ระบบตรวจสอบความสมบูรณ์ของหัวสกรูด้วยปัญญาประดิษฐ์ 281
เทพนิมิตร อาสาสำเร็จ[1*]

ระบบบริหารการศึกษาสำหรับศูนย์ช่วยเหลือนักศึกษาพิการเรียนร่วม 288
ก้องคีรี เกษเวชสุริยา[1] ณัฐพงษ์ อาปะเม[1] สตายุ บรรทัดเที่ยง[1] ปริศนา มัชฌิมา[1]
ทินกร ชุณหภัทรกุล[1] และวัชรากรณ์ เนตรหาญ[1*]

การศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของ EEGNet, ShallowConvNet และ DeepConvNet ในการตรวจจับและพยากรณ์อาการชักของโรคลมชักบริเวณกลีบขมับจากสัญญาณ EEG แบบ 16 ช่องสัญญาณ 302
ทินกร ชุณหภัทรกุล[1*] ชูติวรรณ บุญอาชาทอง[1] สายสุดา ปั้นตระกูล[1] และบุญญลักษม์ ตำนานจิตร[1]

หุ่นยนต์ค้นหาสิ่งของ 317
วนพล วิจิตรศักดิ์[1] ศิริลักษณ์ หล่อพันธ์มณี[1] และวัชรากรณ์ เนตรหาญ[2*]

กลุ่มที่ 2: เทคโนโลยีชีวภาพและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม 328

การพัฒนาวิสาหกิจชุมชน: ผลกระทบจากต้นทุนและผลประโยชน์ของห่วงโซ่คุณค่าของโกโก้ 329
ชนกานต์ โพธิ์ศรีนาค[1] หฤทัย ไชยเยส[1] และกนกวรรณ กิ่งผดุง[1*]

การยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Aspergillus niger* บนเส้นใยกล้วยโดยใช้น้ำมันหอมระเหยใบเนียมหูเสือ 344
จันทรัสจ์ วุฒิสัตย์วงศ์กุล[1] กานท์กวิน หอมทอง[1] วันดี สิริธนา[1] อรพิณ โกมุติบาล[1]
จิตรวดี ตั้งหิรัญรัตน์[1] และศรีสุดา สมัยใหม่[1*]

การพัฒนาและประเมินคุณสมบัติของแป้งจากกระจับสำหรับการประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง 356
ปิยนุช พรมภมร[1*] สุรภา โหมดสุวรรณ[1] จิตรวดี ตั้งหิรัญรัตน์[1] อรพิณ โกมุติบาล[1]
จันทรัสจ์ วุฒิสัตย์วงศ์กุล[1] ขวัญจิต อิสระสุข[2] และกัลยาภรณ์ จันตรี[2]

ศักยภาพของเพคตินจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรในฐานะสารก่อเจลธรรมชาติสำหรับตำรับเครื่องสำอาง 365
สุรภา โหมดสุวรรณ[1] และณัฐกฤตา ฟลอเรนไทน์[1*]

การศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดข้าวเหนียวดำพันธุ์ดอยสะเก็ดในการต่อต้านจุลินทรีย์ก่อโรคในเครื่องสำอาง 387
จิตรวดี ตั้งหิรัญรัตน์[1*] ปิยนุช พรมภมร[1] จันทรัสจ์ วุฒิสัตย์วงศ์กุล[1] อรพิณ โกมุติบาล[1]
วรพจน์ หริตกุล[1] ขวัญจิต อิสระสุข[2] และกัลยาภรณ์ จันตรี[2]

หน้า

การเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการคลังสินค้า กรณีศึกษา บริษัทเครื่องสำอาง 401
ศศิธร บุญส่ง[1*] วนิดา ทองนบ[1] และณัฐธยาน์ โสกุล[1]

การออกแบบและพัฒนาระบบระบายความร้อนแบตเตอรี่ลิเธียมไอออนด้วยวัสดุเปลี่ยนสถานะสำหรับรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า 410
เอกบุตร อยู่สุข[1] ธนาพล ทัดสวน[1*] นัฐพงษ์ ทองปาน[1] และนพพร เทนอิสสระ[1]

การบริหารจัดการโครงการก่อสร้างถนนเพื่อลดความล่าช้าในองค์การบริหารส่วนจังหวัดนนทบุรี 425
เศรษฐพงศ์ ญาณโรจน์[1] ไอลดา ตรีรัตน์ตระกูล[1*] และพิชิต สุขเจริญพงษ์[1]

การออกแบบและวิเคราะห์การทดลองเพื่อกำหนดปัจจัยที่เหมาะสมในการระบุเหล็กเส้นในสะพานคอนกรีตด้วยวิธีสำรวจสัญญาณเรดาร์ 440
ฐิติพงศ์ ลายเงิน[1] คธายุทธ ก่ำมะโน[2*] และรมิดายุ อยู่สุข[2]

การออกแบบและวิเคราะห์การทดลองเพื่อลดของเสียในกระบวนการฉีดพลาสติกสำหรับกระจก กรณีศึกษาบริษัทผลิตชิ้นส่วนรถยนต์ 455
คมชาญ ถาวรเจริญพนธ์[1] สุวิชภรณ์ วิชกูล[1*] และรมิดายุ อยู่สุข[1]

การเปรียบเทียบแผนการสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับกับแผนการสุ่มตัวอย่างตามมาตรฐาน กรณีศึกษาของบริษัทผลิตแหล่งจ่ายไฟ 467
ผ่องพรรณ วันนา[1*] ประไพศรี สุทัศน ณ อยุธยา[1*] และสุดารัตน์ วงศ์วีระเกียรติ[1*]

การพัฒนาการบำรุงรักษาเชิงพยากรณ์สำหรับเครื่องทำความเย็นด้วยการวิเคราะห์ข้อมูลจากการตรวจวัดด้วยเซ็นเซอร์: กรณีศึกษา อาคารสำนักงานการท่าเรือแห่งประเทศไทย 478
นิธิวัฒน์ นาคสกุล[1*] จักรพันธ์ อร่ามพงษ์พันธ์[2*] และกฤษ วงษ์เกษม[2]

Ergonomic Redesign of Foot-Pedal Silk Weaving Workstations Using a Patent-Protected Pedal-Assist Mechanism: Biomechanical and Subjective Evaluation 497
Manote Rithinyo[1], Poranee Loatong[2], Kamonthip Parichatnon[2],
Surakiat Parichatnon[2], Sombut Noyming[1*], Amornsak Mayai[1], Patcharawan Ardharn[2],
Alissara Thammabutr[2], Peeradaech Suwittayaruk[1] and Chinjirat Charunsiripaisan[2]

โอกาสและแนวทางการพัฒนากล้วยเล็บมือนางในพื้นที่ปราจีนบุรี : กรณีศึกษาศูนย์การเรียนรู้เกษตรปลอดภัยและสุขภาวะ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต 515
ดุสิต อังธารารักษ์[1*] ศิววิทย์ บัวสุวรรณ[1] และรุ่งเกียรติ แก้วเพชร[1,2]

การศึกษาสุขภาพพืช ภายใต้โครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริฯ สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ (อพ.สธ.) มหาวิทยาลัยสวนดุสิต วิทยาเขตสุพรรณบุรี 525
พฤตินันท์ ดาราพันธ์[1] รุ่งเกียรติ แก้วเพชร[2,3] มณชัย เดชสังกรานนท์[2] กฤษณา สุทธิชัยยา[1]
และวีระพันธุ์ สรีดอกจันทร์[1*]

หน้า

กลุ่มที่ 3: วิทยาศาสตร์สุขภาพและสิ่งแวดล้อม 532

Effects of Coconut Fiber-Immobilized *Micrococcus* sp. MU1 on Heavy Metal Phytoremediation by *Chrysanthemum morifolium* in Landfill-Derived Soil 533
Manida Phojai[1*], Benjaphorn Prapagdee[1], Naphatsarnan Phasukarratchai[1], Wanwisa Pansak[1] and Witchaya Rongsayamanont[1]

การทำนายปริมาณอินทรียวัตถุและคาร์บอนอินทรีย์ในดินเกษตรด้วยเทคนิคฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์มอินฟราเรดสเปกโทรสโกปี 544
เตชินี มีปราชญ์สม[1*] วันวิสาข์ ปั้นศักดิ์[1] บัญชา ปัญญาเจริญ[2] นวรัตน์ พรมชาวนา[3] ณภัสนันท์ พสุการัชต์ชัย[1] อัจฉรา อัศวรุจิกุลชัย[1] และวิชญา รงค์สยามานนท์[1]

การศึกษาความสัมพันธ์ของเพศและแนวโน้มช่วงอายุต่อการติดเชื้อวัณโรคระยะแฝงด้วยเทคนิค Interferon-Gamma Release Assay (IGRA) จากการวิเคราะห์ข้อมูลย้อนหลัง 3 ปี ของสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์สาธารณสุข 556
สุปราณี บุญชู[1*] พายุ ภักดีนวน[1] โสภา ศรีสังข์งาม[1] วิพัฒน์ กล้ายุทธ[1] และปวีณา ก้องสนั่น[1]

การทำนายภาวะเมแทบอลิกซินโดรมด้วยแมชชีนเลิร์นนิง โดยใช้ข้อมูลเวชระเบียนอิเล็กทรอนิกส์พื้นฐานแบบไม่รุกล้ำ: การวิเคราะห์ข้อมูลย้อนหลัง 562
ลัดดาวัณย์ เจียมกิจวัฒนา[1] วิภพ สุทธนะ[2] ภัทรมน วุฒิพิทยามงคล[3] และนิเวศน์ กุลวงค์[2*]

ฤทธิ์ยับยั้งสาหร่ายทางอ้อมของแบคทีเรีย *Pseudomonas aeruginosa* ต่อสาหร่ายอันตราย *Karenia mikimotoi* 579
จิรนันท์ คำพุฒ[1] กังสดาลย์ บุญปราบ[2] อนุรักษ์ อุชุวิทยากุล[3] และจินตนา สและน้อย[1*]

Characteristics of rubberwood-derived biochar and its potential to enhance the growth of Hevea brasiliensis seedlings under greenhouse conditions 591
Minrada Khaleram[1*], Wanwisa Pansak[1], Witchaya Rongsayamanont[1], Naphatsarnan Phasukarratchai[1], Ryo Harada[2], Prai Sudjit[3] and Benjaphorn Prapagdee[1]

ผลของถ่านชีวภาพจากไม้ยางพาราร่วมกับปุ๋ยยูเรียต่อการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในดินปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ 607
พิมพ์ระยา จึงไพศาล[1*] วันวิสาข์ ปั้นศักดิ์[1] เบญจภรณ์ ประภักดี[1] ณภัสนันท์ พสุการัชต์ชัย[1] และวิชญา รงค์สยามานนท์[1]

การศึกษาศักยภาพในการพัฒนาระบบการจัดการขยะมูลฝอยอย่างยั่งยืนในพื้นที่ที่การให้บริการจัดเก็บขยะมูลฝอยยังไม่ทั่วถึง 621
ญาณิศา นิลมณี[1] ฟารานัส นุ้ยคดี[1] สิมนัส ตรีเดช[1*] และมณฑล สุวรรณประภา[1]

หน้า

การพัฒนาไบโอเรซินเสริมแรงด้วยเส้นใยมะพร้าวเพื่อเป็นวัสดุคอมโพสิตทางเลือกที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม 636
วิมลมณี วิสาสะ[1*] ภูมิภัทร ขอยืดกลาง[1] วรรณษา ไชยสวัสดิ์[1] วราลี สินธุวา[1]
และพอรินทร์ พุกพูนธนพัฒน์[1]

การวิเคราะห์สารฟลาโวนอยด์จากผลิตภัณฑ์ชาสมุนไพรจากอบเชยเถา 647
อภิษฎา ประเสริฐสุข[1] ประภาภรณ์ สมพงษ์ผึ้ง[1] สิรวัลภ์ เรืองช่วย ตู้ประกาย[1]
และปารินดา สุขสบาย[1*]

การดื้อยาปฏิชีวนะและ ESBL-like activity ของแบคทีเรียจากป่าชายเลนบริเวณอ่าวมหาชัย จังหวัดสมุทรสาคร 657
ชลธิชา เรืองเดช[1] กรพรรณ เศวตสุวรรณกุล[1] ธงชัย เตโชวิศาล[1] และธนาพร ชื่นอิ่ม[1*]

การพัฒนาและประเมินวิธี ELISA-based microneutralization test (EMNT) สำหรับตรวจหาแอนติบอดีชนิดลบล้างฤทธิ์ต่อเชื้อไวรัสไข้สมองอักเสบเจอี 669
พรศิริ โสมาสา[1*] สาริณี ชำนาญรักษา[1] ศิริรัตน์ แนมขุนทด[1] อริสรา โปษณเจริญ[1]
วรารัตน์ แจ่มฟ้า[1] ทิภัทราพร พานิช[1] ลัดดาวัลย์ มีแผนดี[1] นฤพงศ์ ภูนิคม[1] ภัทร วงษ์เจริญ[1]
พงศ์ศิริ ตาลทอง[1] อุดมลักษณ์ เหลืองทองคำ[1] และพิไลลักษณ์ อัคคไพบูลย์ โอกาดะ[1]

การท่องเที่ยวเชิงสุขภาพสำหรับผู้สูงวัย : ศักยภาพของประเทศไทยในตลาดการท่องเที่ยวสุขภาพ 688
ณัฐชานันท์ วีระกุล[1*] ศานต์สันต์ รักแต่งาม[1] จิรัฐ ชวนชม[1] นคเรศ ณ พัทลุง[1] วิทยา ศิริพันธ์วัฒนา[1]
และปรียนันท์ ประยูรศักดิ์[1]

การประเมินและการคำนวณคาร์บอนเครดิตจากการผลิตข้าว: การทบทวนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและแนวทางลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 706
อุดมศักดิ์ กิจทวี* สาวิตรี ม่วงศรี สิมนัส ตรีเดช มณฑล สุวรรณประภา และอนุชิต สวัสดิ์ตาล

วิวัฒนาการดัชนีความร้อนในจังหวัดนนทบุรี: จากบทเรียนมหาอุทกภัยปี 2554 สู่แนวทางการพยากรณ์อัจฉริยะด้วยปัญญาประดิษฐ์ (พ.ศ. 2549–2569) 720
ชญานี แลเชอ[1] อาภาพรรณ สัตยาวิบูล[1] และแทนทัศน์ เพียกขุนทด[1*]

ความรู้ ทัศนคติ และปัจจัยที่ส่งผลต่อความต้องการรับวัคซีนเอชพีวี (HPV) ของนักเรียนชายในเขตเมือง 732
เจสิกา เที่ยงทางธรรม[1*] อภิชา คงสุข[1] และธนกัลยาณี นาคหวัง[1]

การศึกษาลักษณะพันธุกรรมและการกลายพันธุ์ของเชื้ออะดีโนสายพันธุ์ที่แยกได้ในประเทศไทย ระหว่างปี พ.ศ. 2566 – 2568 743
สิริชล กาละ* สิริภาภรณ์ ผุยกัน ภาณุพงศ์ นุตทะบัติ ณัฐธิดา ทองประมูล ฐิติชญา มีบัวทอง
ธิดารัตน์ ขุนสุขแสน ภากร ภิรมย์ทอง และพิไลลักษณ์ อัคคไพบูลย์ โอกาดะ

หน้า

การพัฒนาชุดตรวจแอนติเจนไวรัสอาร์เอสแบบรวดเร็ว 755
สิริภาภรณ์ ผุยกัน[1*] สิริชล กาละ[1] ธนัสภา ธนเดชากุล[1] สันติ ใจคิด[1] ภาณุพงศ์ นุตทะบัติ[1] และพิไลลักษณ์ อัคคไพบูลย์ โอกาดะ[1]

การพัฒนาปุ๋ยอินทรีย์ขยะอาหารจากครัวสวนดุสิต 766
ปฏิญญา สุขวงศ์[1*] ธนินท์รัฐ ธรรมสืบศักดิ์[1] และอรัชภรณ์ เสนสาย[1]

การพัฒนาการผลิตเชื้อเพลิงพลังงานจากขยะชุมชนด้วยกระบวนการบำบัดเชิงกลชีวภาพ 777
กิตติศักดิ์ วสันติวงศ์[1*] ดุสิต อังธารารักษ์[2] ศิววิทย์ บัวสุวรรณ[2] และศรีสกุล แก้วกระจ่าง[2]

กลุ่มที่ 4: ศึกษาศาสตร์/งานวิจัยและนวัตกรรมเพื่อพัฒนาการเรียนการสอน 787

ผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคนิคเกมมิฟิเคชันที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง เวลา ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนสาธิตละอออุทิศ วิทยาเขตสุพรรณบุรี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต 788
สหภาพ สังขะวินิจ[1*] ชนิสรา เมธภัทรหิรัญ[1] และณัฐริกา อาภรณ์รัตน์[2]

ผลของการใช้กระบวนการแก้ปัญหาด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ที่มีต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ เรื่อง รูปสี่เหลี่ยม ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนสาธิตละอออุทิศ นครนายก 801
ไอรดา วิลาพันธ์[1] อรรถศาสน์ นิมิตรพันธ์[1*] และธนพรรษ พฤกษะวัน[1]

ผลการของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้การโค้ชเพื่อพัฒนาศักยภาพผู้เรียน (3Es) ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาตามแนวคิด DAPIC ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 816
ภมรเมษย์ เลาหวิรุฬห์กุล[1*] ฐิติพร ลินิฐฎา[2] และชนิสรา เมธภัทรหิรัญ[2]

การส่งเสริมทักษะพื้นฐานด้านคณิตศาสตร์สำหรับเด็กปฐมวัยโดยใช้กิจกรรมเกมการศึกษา 827
กาญจนาธิป ธาตุไพบูลย์[1*] ภักดิ์วดี วิชาชัย[1] พิชชาพร วงศ์เกดไชยกิจ[1] สิริพร ศรเสนา[1] นิลุกมาน นิแม[1] และฉัตรทราวดี บุญถนอม[1]

ผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิด Concrete - Pictorial - Abstract (CPA) ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง การลบที่มีการกระจายของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 845
เอมอร กุดเลา[1] อรรถศาสน์ นิมิตรพันธ์[1*] และธนพรรษ พฤกษะวัน[1]

ผลการใช้ชุดกิจกรรมลากเส้นสร้างสรรค์เพื่อส่งเสริมความสามารถในการเขียนของเด็กปฐมวัย 858
จุฑามาศ นิยมเอื้อ[1*] ศุธิสา ยอดคำ[1] ณัฐิดา ศรีทอง[1] กฤษฎิ์ การจนา[1] และขวัญใจ จริยาทัศน์กร[1]

ความสัมพันธ์ระหว่างผลลัพธ์การเรียนรู้ สมรรถนะในการปฏิบัติงานสหกิจศึกษา และความสามารถในการได้รับการจ้างงาน 870
พัสกร สิงห์โต[1*] และกนกเนตร เปรมปรี[1]

หน้า

การส่งเสริมความสามารถในการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็กของเด็กปฐมวัยผ่านกิจกรรมศิลปะสร้างสรรค์ 885
นูรนาดา รักษ์ธรรม[1*] ฮัสนัะ ดือเร๊ะ[1] หัสบีมี มะยูโซะ[1] นิสรินทร์ ชำซูดิง[1] และขวัญใจ จริยาทัศน์กร[1]

การส่งเสริมพัฒนาการด้านการอ่านออกเสียงแบบ Phonics ด้วยชุดกิจกรรม 898
ชลิตตา มุลการ[1*], นันธิดา วันดี[1] ธนพร ขวัญสุข[1] ภาวินี แซ่แต้[1] นคประภา ดาศรี[1]
และจิราภรณ์ ยกอินทร์[1]

ผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้เทคนิค KWDL ร่วมกับเกมที่มีต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ เรื่อง การบวก ลบ คูณ หารระคนของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 910
อภินันท์ คงสงค์ อรรถศาสน์ นิมิตรพันธ์[*] และธนพรรษ พฤกษะวัน

ผลการใช้กิจกรรมกลุ่มสัมพันธ์ร่วมกับการปฏิบัติจริงที่มีต่อพฤติกรรมทางสังคมของเด็กปฐมวัย 926
เบญญทิพย์ เหมพันธ์[1*] กัลย์สุดา ตริตรอง[1] ญาณิศา ศิริเทศ[1] อชิตา ปิยะไพร[1]
และอัญชิษฐา ปิยะจิตติ[1]

ผลของการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้กระบวนการเรียนรู้แบบค้นพบที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง การอ่านและเขียนตารางทางเดียวของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 938
จิณห์จุฑา เตชลิขิตสิริ อรรถศาสน์ นิมิตรพันธ์[*] และธนพรรษ พฤกษะวัน

ผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน ที่มีต่อทักษะการเขียนสะกดคำที่มีความยากต่อการเรียนรู้ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 954
จุฑานันท์ ปิ่นแก้ว อรรถศาสน์ นิมิตรพันธ์[*] และธนพรรษ พฤกษะวัน

การพัฒนาความคิดรวบยอดและความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ เรื่อง ไฟฟ้ากระแสโดยใช้การจัดการเรียนรู้ ICLEAR สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนเทพลีลา 968
กัญจน์ณัฏฐ์ อ่อนหนู[*]

การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงโดยการใช้เกมมิฟิเคชันวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 981
ธนาภัทร กรองทอง[1*] กวิตา ปานล้ำเลิศ[1] สุนทร เทียนงาม[1] และกิตติกานต์ มาลัย[2]

การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง ดินรอบตัวเรา ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนสาธิตละอออุทิศ กรุงเทพมหานคร โดยใช้รูปแบบการสอน Inquiry-Based Learning (5Es) ร่วมกับชุดกิจกรรม 988
ศิรยา ภักดี[1] และสินชัย จันทร์เสม[2*]

หน้า

ความพึงพอใจของนักศึกษาต่อกระบวนการจัดการเรียนรู้ของมหาวิทยาลัยสวนดุสิต ปีการศึกษา 2567 1001
นงนุช รุ่งสว่าง[1*] ณัฐณิชา มีงาม[1] จักรพันธ์ คำแก้ว[2] และจิตต์วิมล คล้ายสุบรรณ[1]

ผลการจัดการเรียนรู้เชิงรุกโดยใช้สถานการณ์ตามแนวข้อสอบ PISA ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง อัตราส่วน สัดส่วน และร้อยละ 1013
เจนจิรา แก้วพวง[1*] และธารีรัตน์ ธนัตถ์พาณิชย์[2]

ผลการจัดการเรียนรู้แบบคู่ตรวจสอบร่วมกับเทคนิค KWDL ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การแยกตัวประกอบของพหุนามดีกรีสอง 1026
กนกพร รอดจริง[1*] และธารีรัตน์ ธนัตถ์พาณิชย์[1]

การออกแบบและประเมินคุณภาพกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมเป็นฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชัน เรื่องร้อยละ เพื่อส่งเสริมแรงจูงใจและการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนอาชีวศึกษา 1040
นาฎอนงค์ บัวทอง[1*] พรทิพย์ เดชพิชัย[1] และรัชนิกร ชลไชยะ[1]

การส่งเสริมความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง เส้นขนาน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยใช้การจัดการเรียนรู้เชิงรุก 1055
วรรธยา วงษ์เปลียว[1*] และวราภรณ์ จาตนิล[1]

การพัฒนาทักษะการอ่านภาษาไทยโดยใช้นิทานคำกลอนในรูปแบบหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนวัดมกุฎกษัตริยาราม 1067
ปัณณพร เมืองทอง[1*] ประจักษ์ เผือกเพ็ง[2] ประภาวรรณ สมุทรเผ่าจินดา[3]
และจิตต์วิมล คล้ายสุบรรณ[4]

การศึกษาแนวโน้มการรับรู้ความสามารถของตนเองทางคณิตศาสตร์ และความสามารถที่แท้จริงของนักศึกษาคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต 1077
ฐิติพร ลินิฐฎา[*] ธานินทร์ สิทธิวิรัชธรรม สาวิตรี มูลสุวรรณ และชนิสรา เมธภัทรหิรัญ

พลิกห้องเรียนให้ยั่งยืน สร้างคนที่โลกต้องการด้วยการนำหลักการพัฒนาบริษัทหรือองค์กรด้วยหลักความยั่งยืน มาปรับใช้ในการจัดการเรียนการสอนในรายวิชา การลงทุนในหลักทรัพย์ 1093
นิธิพัฒน์ สุทธิธรรม[1*] จิรัฐ ชวนชม[2] สุชาดา คุ้มสลุด[2] สาวิตรี กาศสนุก[2] และวิสาขา เทียมลม[2]

การพัฒนาสมรรถนะครู STEAM Education ด้วยกระบวนการนิเทศ 2(CAR)S Model ภายใต้แนวคิดโรงเรียนในฐานะชุมชนแห่งการเรียนรู้ (SLC) 1105
ปัทมา ภู่สวาสดิ์[1*]

การพัฒนาชุดกิจกรรมศิลปะสร้างสรรค์เพื่อส่งเสริมทักษะกล้ามเนื้อมัดเล็กของเด็กชั้นอนุบาลปีที่ 1 โรงเรียนสาธิตละอออุทิศ สุพรรณบุรี 1119
กฤษณะ สมเย็น[1] ชนม์ธิดา ยาแก้ว[1] และฉัตรชัย บุษบงค์[1*]

หน้า

การจัดการเรียนรู้แบบ SSCS ที่มีผลต่อการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง อนุพันธ์อันดับสูงและการประยุกต์ของอนุพันธ์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 1133
ภาคินี รุ่งสว่าง[1*] และธีระพล สลีวงศ์[1]

การพัฒนาทักษะการอ่านคำพื้นฐานภาษาไทยโดยใช้เกมเป็นฐานร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค STAD สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 1141
กิ่งกมล ชมชื่น[1] ดาวรินทร์ แสงพันธุ์ตา[2] และพรพิมล นามวงศ์[1*]

การพัฒนาการจัดการเรียนรู้ภาษาไทยตามแนววิธีการสอนแบบโฟนิกส์ควบคู่กับการใช้กิจกรรมเกมมิฟิเคชันเพื่อส่งเสริมความสามารถในการอ่านและการเขียนของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนบ้านดอนโพ 1152
ศิริขวัญ บุญเกตุ[1] นวลศรี สงสม[1*] และชุติวรรณ บุญเรืองรอด[2]

ผลของการจัดกิจกรรมการเสริมแรงทางบวกที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง โจทย์ปัญหาการคูณ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 1160
สุดารัตน์ ตันเส้ง[1] วราภรณ์ วัฒนเขจร[1*] และมณชัย เดชสังกรานนท์[2]

ความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อการให้บริการเพื่อสนับสนุนการเรียนรู้ของมหาวิทยาลัยสวนดุสิต ปีการศึกษา 2567 1174
กิติยานภาลัย ภู่ตระกูล[1*] พิชญ์สินี พุทธิทวีศรี[2] กริชาพัสน์ ชื่นแสงจันทร์[1]
และภันทิลา พรศรีเจริญกุล[1]

ยุทธศาสตร์การบริหารอุดมศึกษาผ่านปัญญาประดิษฐ์แบบรู้สร้างและปัญญาประดิษฐ์เฉพาะทาง 1186
สุขุม เฉลยทรัพย์[1] ศิโรจน์ ผลพันธิน[2] พิทักษ์ จันทร์เจริญ[3] สุขทิพย์ สุขใส[4]
และนงค์ลักษณ์ โชติวิทยธานินทร์[4*]

สมรรถนะภาวะผู้นำแห่งอนาคตสำหรับการรับมือโลกแห่งความไม่แน่นอนและการเปลี่ยนผ่านสู่ความยั่งยืน 1210
นงค์ลักษณ์ โชติวิทยธานินทร์[1] และสุขทิพย์ สุขใส[1*]

กรณีศึกษาการฝึกอบรมครูด้วยแพลตฟอร์มปัญญาประดิษฐ์ CiRA CORE เพื่อบูรณาการ STEM Education และโมเดล BCG 1229
จิราภรณ์ พงษ์โสภา[1,2*] อุดมศักดิ์ กิจทวี[1,2] โชติมา หนูพริก[4] และรังสันต์ จอมทะรักษ์[1,2,3]

การพัฒนารูปแบบการจัดการชั้นเรียนอัจฉริยะโดยใช้ผู้ช่วยการเรียนรู้ปัญญาประดิษฐ์เพื่อเสริมสร้างสมรรถนะการสอนของนักศึกษาวิชาชีพครูในยุคดิจิทัล 1242
พันพัชร ปิ่นจินดา[1] ศักดิ์ชัย ไชยรักษ์[1*] ชนินทร์ ฐิติเพชรกุล[1] อนุชา แข่งขัน[1] อัษฎา พลอยโสภณ[1]
และอลงกรณ์ เกิดเนตร[1]

หน้า

การจัดการเรียนรู้เชิงสร้างสรรค์ด้านการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารจากแผ่นแป้งตอร์ติญ่าเสริมถั่วแดง 1265
นุจิรา รัศมีไพบูลย์[1] ธนพร รัศมีแพทย์[1] ฉัตรธิดา ประวัติ[1] วิโรษณา เดชณรงค์ณัฐกุล[1]
ทศพร ธีรวงศ์กาญจนา[1] และสุวรรณา พิชัยยงค์วงศ์ดี[1*]

พื้นที่เรียนรู้นวัตกร: หลักสูตรระยะสั้นบูรณาการเรียนรู้เชิงรุกและทุนทางจิตวิทยาเพื่อส่งเสริมทักษะนวัตกรรมระดับประถมศึกษา 1273
อัษฎา พลอยโสภณ[1*] ภิชา ใบโพธิ์[1] ณัฐธยาน์ เสี้ยวภูเขียว[1] และนิธิศ เย็นอุรา[1]

การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แนวใหม่ (5E-AI Integrated Learning) ขับเคลื่อนผ่านกระบวนการชุมชนแห่งการเรียนรู้ทางวิชาชีพ (PLC) กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โรงเรียนเทิงวิทยาคม 1282
ปุณณภา ตะกรุตแก้ว[1*] อัมรา ใจติ๊บ[1] ชฎาพร บุญนิล[1] กริช บุญนิล[1] ศราวุฒิ จันทร์หัวนา[1]
และชลณินีมาศ อาบสุวรรณ์[1]

การพัฒนาสมรรถนะด้านการวัดและประเมินผลภาษาอังกฤษสำหรับนักศึกษาครูเพื่อการประเมินทักษะภาษาอังกฤษของผู้เรียนระดับประถมศึกษาในยุคปัญญาประดิษฐ์ 1297
อนุชา แข่งขัน[1] ชนินทร์ ฐิติเพชรกุล[1*] ศักดิ์ชัย ไชยรักษ์[1] พันพัชร ปิ่นจินดา[1] อลงกรณ์ เกิดเนตร[1]
และอัษฎา พลอยโสภณ[1]

การพัฒนาระบบการเรียนรู้ออนไลน์แบบเกมิฟิเคชันร่วมกับปัญญาประดิษฐ์ผู้ช่วยเพื่อยกระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการคิดเชิงคำนวณในการเขียนโปรแกรม Scratch ของนักเรียนระดับประถมศึกษา 1308
ชนินทร์ ฐิติเพชรกุล[1] อนุชา แข่งขัน[1*] ศักดิ์ชัย ไชยรักษ์[1] อลงกรณ์ เกิดเนตร[1] พันพัชร ปิ่นจินดา[1]
และอัษฎา พลอยโสภณ[1]

การพัฒนาทักษะการบวกและการลบจำนวนที่มีผลลัพธ์และตัวตั้งไม่เกิน 100 ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสตาร์โมเดล 1320
นวพรรษ ประเสริฐผล[1*] สุนทร เทียนงาม[1] กวิตา ปานล้ำเลิศ[1] และดวงกมล โพธิ์พันธุ์[2]

ความพึงพอใจของนายจ้าง/ผู้ใช้บัณฑิตที่มีต่อคุณลักษณะบัณฑิตคณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต 1332
วีระพงศ์ วิรุฬห์ธนกฤษณ์[1*] อรทัย โกกิลกนิษฐ[1] ไอริช วิวเวียน มิลเลอร์ เลาเรน่า[1]
และจิตต์วิมล คล้ายสุบรรณ[1]

โครงการวิจัยการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาทักษะ: กรณีศึกษาขนมกุยช่ายเสริมหญ้านางนวล 1342
ทศพร ธีรวงศ์กาญจนา[1*] นุจิรา รัศมีไพบูลย์[1] สุวรรณา พิชัยยงค์วงศ์ดี[1] จรรยารัตน์ คนคล่อง[1]
ณภัสนันท์ ฐณะกุณณพัฒน์[1] และชญาธร สุรศิริเดช[1]

หน้า

ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับผังกราฟิก เรื่อง โมเมนตัมและการชนที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนท่าชนะ จังหวัดสุราษฎร์ธานี 1351
อริย์สร ภูริอัครวณิชย์[1*] ทวีศักดิ์ จินดานุรักษ์[1] และชำนาญ เชาวกีรติพงศ์[2]

กลุ่มที่ 5: มนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ 1364

การศึกษาสุขภาวะทางสังคมของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นในจังหวัดนครนายก 1365
บุญญลักษม์ ตำนานจิตร[1] สายสุดา ปั้นตระกูล[1*] ปริศนา มัชฌิมา[2] และชูติวรรณ บุญอาชาทอง[2]

คุณสมบัติของเทคโนโลยีดิจิทัลที่มีความสัมพันธ์ต่อประสบการณ์และความพึงพอใจของลูกค้าในธุรกิจสปาและเวลเนส 1377
ณฐิตา อินทร์ยะ[1] ชุติมา จักรจรัส[1] พิมพรวี ทหารแกล้ว[1] วรรณพรรธน์ ริมผดี[1] ณัฐปรียา โพธิ์พันธุ์[1] และพรรษพล คำไล้[1*]

Factor Analysis for Increasing Supply Chain Management Efficiency of A Healthy Chinese Catering Business 1393
Witaya Siripanwattana[1*] and Chanchana Siripanwattana[2]

อิทธิพลของทัศนคติที่มีผลต่อการตัดสินใจใช้เทคโนโลยี AI พากย์เสียงของ Generation Z 1413
วรภพ เรียงอิศราง[1] ศิวดล ภาภิรมย์[1*] และพวงชมพู ไชยอาลา แสงรุ่งเรืองโรจน[1]

Strategic and Marketing Development of Creative Muay Thai Tourism for Foreign Markets 1425
Witaya Siripanwattana[1*] and Chanchana Siripanwattana[2]

อิทธิพลของอินฟลูเอนเซอร์บนสื่อสังคมออนไลน์ที่มีผลต่อพฤติกรรมการตัดสินใจซื้อเสื้อผ้าวินเทจของกลุ่มเจเนอเรชันแซด 1447
ณัฐวดี หงษ์ทอง[1] นรวิชญ์ ลาโพธิ์[1] ศิวดล ภาภิรมย์[1*] และอังคณา พรมรักษา[1]

การประเมินศักยภาพด้านการวิจัยของสาขาความเชี่ยวชาญเฉพาะทางเพื่อขับเคลื่อนมหาวิทยาลัยสวนดุสิตสู่สังคมอัจฉริยะและคุณภาพชีวิตอย่างยั่งยืน 1462
ณปภร เจี้ยวเห้ง[1*] พรพัสนันท์ เดชประสิทธิโชค[1] และจุลลา บัวสอน[1]

การสื่อสารอัตลักษณ์ทางการเมืองของพรรคประชาชนผ่านแพลตฟอร์ม TikTok 1475
รัฐพงษ์ อุระ[1] ฐิตารีย์ จักรแก้ว[1] และ พิษณุรักษ์ ปิตาทะสังข์[1*]

ปัญญาประดิษฐ์กับการเปลี่ยนแปลงห่วงโซ่อุปทานในบริบทธุรกิจจีน-อาเซียน: การทบทวนวรรณกรรมเชิงระบบ 1491
กัญญทอง หรดาล[1*] พรชณิตว์ แก้วเนตร[2] ธัญรดา ชุนถนอม[1] เฉา ซือหยวน[1] และเหลียง ชูหง[3]

หน้า

ผลของการเปิดเผยการใช้ปัญญาประดิษฐ์ในโฆษณาต่อคุณค่าแบรนด์: บทบาทของความคุ้นเคยต่อแบรนด์ 1507
วรรณลัดดา จันทร์ป้อง[1] ไกรศร ทองศรี[1] พรพรหม ซิงห์[1] และภัทรภร เสนไกรกุล[1*]

"จากบ้านนาถึงเกาหลีใต้": การย้ายถิ่นกับการสะสมทุนมนุษย์ของแรงงานอีสานข้ามชาติ 1519
นนทิยาวัฒน์ สมจิตร[1*] และศิริพงศ์ ปาลกะวงศ์ ณ อยุธยา[1]

ความน่าเชื่อถือของปัญญาประดิษฐ์กับประสบการณ์งานนิทรรศการอัจฉริยะ: การเปรียบเทียบข้ามวัฒนธรรมระหว่างนักท่องเที่ยวรุ่นใหม่ชาวไทยและชาวจีนในงานแสดงสินค้าจีน-อาเซียน ครั้งที่ 22 1533
ปิยะดา ศรีบุศย์ดี[1] ศินีนาฎ พูลเกื้อ[2] และธนาภรณ์ โคตรพัฒน์[3*]

ภาวะการมีงานทำของบัณฑิตระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต ปีการศึกษา 2566 1548
พนารัตน์ พรมมา[1*] ชลากร อยู่คเชนทร์[1] พรทิพย์ รดด้วง[2] และจิตต์วิมล คล้ายสุบรรณ[1]

ความท้าทายทางกฎหมายของธุรกิจพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ในยุคโลกาภิวัตน์ 1555
สร้อย ไชยเดช[1*]

การตัดสินใจซื้อหูฟังผ่านแพลตฟอร์ม Shopee ของนักศึกษาคณะเทคโนโลยีการจัดการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์ 1567
ลักษมี นิลแก้ว[1] โชติกา ฉิมงามเสริฐ[1*] ธาริกา รัตนโสภานิช[1] สุภารดี สวนโสกเชือก[1]
นภาพร วงษ์วิชิต[1] รุ่งทิพย์ เกษตรสิงห์[1] นนิตา สมบุตร[1] และวิรัลพัชร มงคลอำนวย[1]

การพัฒนาผลิตภัณฑ์และเส้นทางท่องเที่ยวอัตลักษณ์ท้องถิ่นด้วยนวัตกรรมดิจิทัลเพื่อคุณภาพชีวิตชุมชน จังหวัดสุรินทร์ 1581
วนารัตน์ บุญธรรม[1] มนภัทร บุษปฤกษ์[2*] และอารยา อึงไพบูลย์กิจ[3]

อิทธิพลของจุดสัมผัสดิจิทัลและประสบการณ์ลูกค้าต่อความตั้งใจกลับมาพักซ้ำของผู้เข้าพักโรงแรมในเขตกรุงเทพมหานคร 1589
ณัฐปรียา โพธิ์พันธุ์[1] ชุติมา จักรจรัส[1] พรรษพล คำไล้[1] ณฐิตา อินทร์ยะ[1] วรรณพรรธน์ ริมผดี[1]
และพิมพ์รวี ทหารแกล้ว[1*]

ผลของกิจกรรมขนาดเล็กต่อความรุ่งเรืองและความยืดหยุ่นทางจิตใจของบุคลากรเพื่อพัฒนาองค์กรสุขภาวะ 1608
พรพรรณ บัวทอง[1] สุขุม เฉลยทรัพย์[1] พัศรินท์ ก่อเลิศวรพงศ์[2] มฤริณทร์ แตงน้อย[1]
เปรมฤดี โยวัง[1*] และวชิราภรณ์ สุ่มเข็มทอง[1]

อิทธิพลของประสบการณ์ลูกค้าที่มีต่อความตั้งใจกลับมาท่องเที่ยวซ้ำของนักท่องเที่ยวในจังหวัดสุรินทร์ 1626
อารยา อึงไพบูลย์กิจ[1] นนิตา สมบุตร[1*] วนารัตน์ บุญธรรม[1] และธาริกา รัตนโสภานิช[1]

หน้า

ผลกระทบของการตลาดดิจิทัลต่อพฤติกรรมการซื้อสินค้าออนไลน์ของผู้บริโภคในประเทศไทย **1641**
ธาริกา รัตนโสภานิช[1*] อารยา อึงไพบูลย์กิจ[1] วนารัตน์ บุญธรรม[1] วิรัลพัชร มงคลอำนวย[1]
และอรุณี นามวงศ์[1]

เครื่องมือทางบัญชีที่ส่งผลต่อความสำเร็จของกลยุทธ์การตลาดในธุรกิจขนาดกลางและขนาดย่อม **1656**
สนธยา เรืองหิรัญ[1*] ภุชงค์ เมนะสินธุ์[1] ภคพร กระจาดทอง[1] และนฤมล โสภารัตนกุล[1]

Development of a Competency Model for Muay Thai Camp Managers Toward International Standards: An Ethnographic Delphi Futures Research **1669**
Rungroj Yenchaiyapruek[1], Suchada Apiratana[2*] and Proudteema Sriratu[2]

การบูรณาการฐานข้อมูลรุกขมรดกและพรรณไม้สำคัญในพื้นที่เขตพระนครเพื่อการจัดการภูมิทัศน์วัฒนธรรมสู่เมืองยั่งยืน **1686**
เอกชัย พุมดวง[1*] และยุสนีย์ โสมทัศน์[1]

กลุ่มที่ 1: คอมพิวเตอร์ นวัตกรรม และเทคโนโลยีดิจิทัล

การตรวจจับภัยคุกคามอัตโนมัติจากพฤติกรรมการใช้งานระบบเครือข่ายด้วยเทคนิคการเรียนรู้ของเครื่อง
Automated Threat Detection System Based on Network Usage with Machine Learning Techniques

พงศธร ปริวุฒิพงศ์[1*] และสุภัคพงศ์ จินารัตน์[1*]
Pongsathorn Parivutthipong[1*] and Supakpong Jinarat[1*]

[1]สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ วิทยาลัยวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์ กรุงเทพมหานคร*
[1]Department of Information Technology, College of Engineering and Technology, Dhurakij Pundit University, Bangkok*
[*]Corresponding Author E-mail Address : 67130049@dpu.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอการพัฒนาระบบตรวจจับภัยคุกคามอัตโนมัติจากพฤติกรรมการใช้งานระบบเครือข่าย โดยมุ่งเน้นการจำแนกความรุนแรงของภัยคุกคามในระบบ Deception ที่มีปริมาณข้อมูลมหาศาล ชุดข้อมูลที่ใช้ประกอบด้วย Log จำนวน 366,854 รายการ รวบรวมจากระบบ Deception ของสำนักงานคณะกรรมการการรักษาความมั่นคงปลอดภัยไซเบอร์แห่งชาติ (สกมช.) ประเทศไทยผ่านระบบ Deception ในช่วงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2567 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2568 ครอบคลุมการโจมตี 5 ประเภทหลัก ได้แก่ Windows Logon Failure, UDP Port Sweep, HTTP Connection Request, SSH Brute Force และ RDP Intrusion การกำหนดระดับความรุนแรง อ้างอิงตามมาตรฐาน CVSS v3.1 งานวิจัยนี้ประยุกต์ใช้เทคนิคการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) โดยเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโมเดล 3 ชนิด ได้แก่ Logistic Regression, Random Forest และ XGBoost ผลการวิจัยพบว่าโมเดลส่วนใหญ่ให้ค่าความแม่นยำสูงกว่า 0.9999 โดย Random Forest ถูกเลือกเป็นโมเดลหลัก เนื่องจากให้ค่า Accuracy 0.9999, F1-Score 0.9999 และ AUC 1.0000 จากการทดสอบด้วย Friedman test (χ^2 = 9.3333, p = 9.4036e-03) พบว่าโมเดลส่วนใหญ่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างไรก็ตาม Random Forest ถูกเลือกเนื่องจากมีความทนทานต่อข้อมูลที่มีสัญญาณรบกวนและมีความโปร่งใสในการตรวจสอบผ่านค่า Feature Importance ซึ่งจำเป็นสำหรับการวิเคราะห์ภัยคุกคามในระบบเครือข่ายจริง

คำสำคัญ: ระบบตรวจจับภัยคุกคามอัตโนมัติ พฤติกรรมการใช้งานเครือข่าย ความรุนแรงของภัยคุกคาม ระบบล่อลวง

Abstract

This research presents the development of an automated threat detection system based on network usage behavior, focusing on the classification of threat severity in Deception systems with massive amounts of data. The dataset comprises 366,854 log records collected from the Deception system of the National Cyber Security Agency (NCSA) of Thailand from December 2024 to December 2025. It covers five major attack types: Windows Logon Failure, UDP Port Sweep, HTTP Connection Request, SSH Brute Force, and RDP Intrusion. The severity level assignment is based on the CVSS v3.1 standard. This research applies Machine Learning techniques by comparing the performance of 3 models: Logistic Regression, Random Forest, and XGBoost The results show that most models achieve an accuracy higher than 0.9999. Random Forest was selected as the primary model as it yields an Accuracy of 0.9999, F1-Score of 0.9999, and AUC of 1.0000. The Friedman test ($\chi^2 = 9.3333, p = 9.4036\text{e-}03$) indicates that most models have no statistically significant difference. However, Random Forest was selected due to its robustness against noisy data and its transparency for investigation through Feature Importance, which is essential for actual network threat analysis.

Keywords: Automated Threat Detection System, Network Usage Behavior, Threat Severity, Deception

บทนำ

ระบบเทคโนโลยีสารสนเทศและเครือข่ายขององค์กรต่าง ๆ (เช่น หน่วยงานภาครัฐ หรือองค์กรธุรกิจขนาดใหญ่) ส่วนใหญ่มักพบปัญหาภัยคุกคามทางไซเบอร์ที่มีความซับซ้อนและทวีความรุนแรงขึ้น ปัญหาเหล่านี้สามารถแสดงออกในรูปของพฤติกรรมการใช้งานระบบเครือข่ายที่ผิดปกติ (Network Anomalies) เช่น การโจมตีเพื่อปฏิเสธการให้บริการ (DDoS), การพยายามเจาะรหัสผ่าน (Brute Force), หรือการสแกนหาช่องโหว่ (Port Scan) ซึ่งสอดคล้องกับการจัดอันดับความรุนแรงตามมาตรฐาน CVSS (Common Vulnerability Scoring System) (Shalev-Shwartz, 2012), (FIRST, 2019) ที่ใช้เป็นเกณฑ์สากลในการประเมินความเสี่ยง อย่างไรก็ตาม พฤติกรรมที่ปรากฏนี้สามารถแสดงออกมาในรูปของบันทึกเหตุการณ์ (Log Data)ในระบบ Deception ซึ่งทำหน้าที่เสมือนกับดักเพื่อล่อลวงผู้บุกรุก (Hastie et al., 2009)

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีจุดประสงค์เพื่อการสกัดความสัมพันธ์ระหว่างพฤติกรรมการใช้งาน (Usage Behavior) และระดับความรุนแรงของภัยคุกคาม (Threat Severity) เพื่อใช้สำหรับการวิเคราะห์และเฝ้าระวังความมั่นคงปลอดภัยไซเบอร์ โดยงานวิจัยนี้ประยุกต์ใช้การเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) เพื่อแสดงให้เห็นถึง "กลุ่มคำบ่งชี้ภัยคุกคาม" (Indicator Terms) และระดับความเสี่ยง (Risk Level) ที่เกิดขึ้นทำให้สามารถเข้าใจรูปแบบการโจมตีได้ง่ายสำหรับการวิเคราะห์ภัยคุกคามที่ซับซ้อน นอกจากนี้ การวิเคราะห์ Log เป็นกระบวนการอย่างเป็นระบบในการตรวจสอบร่องรอยดิจิทัลเพื่อทำความเข้าใจเหตุการณ์อย่างถูกต้อง นำไปสู่การระบุสาเหตุที่แท้จริงของการโจมตี ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญสำหรับการพัฒนาวิธีการป้องกันอย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืน โดยส่วนใหญ่ พฤติกรรมในข้อมูล Log สามารถจำลองให้อยู่ในรูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างคุณลักษณะของเหตุการณ์

(Features) และระดับความรุนแรง (Severity) ดังต่อไปนี้ หลังจากได้ทำการประมวลผลข้อความ (Text Preprocessing) และแปลงเป็นเวกเตอร์ด้วย TF-IDF (Ramos, 2003) ซึ่งกระบวนการสามารถอธิบายได้ดังนี้

$$\text{LEU} \longrightarrow \text{B_features} \longrightarrow \text{S_class}$$

โดยที่

B_features = {token$_1$, token$_2$, … , token$_n$} แทนชุดคุณลักษณะเชิงพฤติกรรมที่ได้จากการสกัดคำสำคัญของเหตุการณ์

S_class $\in$ {Very Low, Very High} แทนระดับความรุนแรงของเหตุการณ์

ตัวอย่างเช่น

ตัวอย่างที่ 1

Log Event (LEU): “GET /admin/login.php HTTP/1.1”

Parsed Tokens (B_features): {get, admin, login, http}

Inferred Severity (S_class): Very High

Reasoning: บ่งชี้ถึงความพยายามเข้าถึงส่วนผู้ดูแลระบบ

ตัวอย่างที่ 2

Log Event (LEU): “Ping request from 192.168.1.1”

Parsed Tokens (B_features): {ping, request}

Inferred Severity (S_class): Very Low

Reasoning: เป็นการทดสอบการเชื่อมต่อเครือข่ายตามปกติ

งานวิจัยนี้การสกัดความสัมพันธ์และจำแนกภัยคุกคามจากเอกสาร Log มีปัญหาหลัก 3 ประการ ดังนี้

1. การระบุคำสำคัญที่มีนัยสำคัญ (Identifying Significant Features) ข้อมูล Log มีคำศัพท์จำนวนมากที่ไม่เกี่ยวข้อง (Noise) ปะปนกับคำที่บ่งชี้ภัยคุกคามจริง
2. การจัดการกับมิติของข้อมูล (High Dimensionality): เมื่อแปลงข้อความ Log เป็นเวกเตอร์ จะเกิดมิติข้อมูลจำนวนมหาศาล ทำให้ยากต่อการประมวลผล
3. การจำแนกความสัมพันธ์ที่ซับซ้อน (Complex Non-linear Mapping) ความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มคำ (เช่น 'root' + 'password') กับความรุนแรงของภัยคุกคามอาจไม่เป็นเส้นตรงและมีความซับซ้อนสูง

เนื่องจากงานวิจัยก่อนหน้า (Bifet and Gavaldà, 2007)-(Provos, 2004) ส่วนใหญ่ใช้วิธี Rule-based หรือ Signature-based ซึ่งมีข้อจำกัดในการตรวจจับรูปแบบภัยคุกคามใหม่ๆ ที่มีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา (เช่นการเปลี่ยน URL เล็กน้อยในตัวอย่างที่ 1) งานวิจัยนี้จึงนำเสนอการใช้ Random Forest Algorithm(Chen and Guestrin, 2016) ซึ่งเป็นโมเดลแบบ Ensemble Learning มาเรียนรู้ความสัมพันธ์ระหว่าง B_features และ S_class โดยอาศัยการโหวตจาก DecisionTrees หลายต้น เพื่อแก้ปัญหาทั้ง 3 ประการข้างต้นอย่างมีประสิทธิภาพด้วยข้อจำกัดด้านจำนวนบุคลากรด้านความมั่นคงปลอดภัยไซเบอร์ทำให้หน่วยงานไม่สามารถเฝ้าระวังเหตุการณ์นับร้อยรายการได้ด้วยแรงงานคน การพัฒนาระบบที่สามารถรับไฟล์ข้อมูล (CSV) จาก Deception เพื่อคัดกรองข้อมูลรบกวน (Noise Filtering) และทำนายความรุนแรงได้อย่างรวดเร็ว จึงเป็นทางออกสำคัญในการลดภาระงานของเจ้าหน้าที่

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์การวิจัย 3 ประการ ได้แก่ (1) เพื่อพัฒนาระบบตรวจจับและจำแนกความรุนแรงของภัยคุกคามจาก Log ของระบบ Deception โดยใช้เทคนิคการเรียนรู้ของเครื่อง (2) เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโมเดล Machine

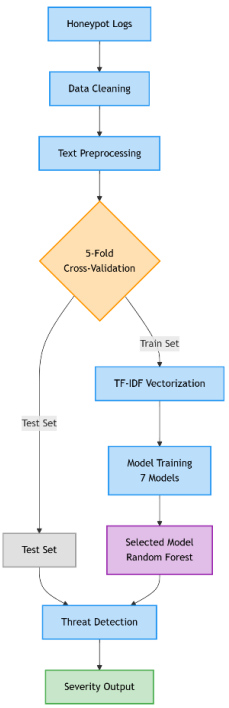
Learning จำนวน 3 ชนิด สำหรับการจำแนกความรุนแรงของภัยคุกคามแบบทวิภาค (Binary Classification) และ (3) เพื่อระบุคุณลักษณะสำคัญ (Feature Importance) ที่บ่งชี้พฤติกรรมการโจมตีระดับรุนแรง เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์ภัยคุกคามทางไซเบอร์

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

1. การจำแนกความรุนแรงของภัยคุกคามจากพฤติกรรมการใช้งานเครือข่าย

ความรุนแรงของภัยคุกคามจากพฤติกรรมการใช้งานเครือข่ายประกอบด้วย 3 ขั้นตอนหลัก คือ การเตรียมชุดข้อมูล (Dataset Preparation) การเรียนรู้ความสัมพันธ์ระหว่างพฤติกรรมและความรุนแรงด้วย Machine Learning (Behavior-Severity Relationship Learning) และการจำแนกภัยคุกคามด้วยโมเดลที่ได้รับการฝึกสอน (Threat Classification) (รูปที่ 1)

ข้อมูลที่ใช้ในงานวิจัยนี้คือ Log Events จากระบบ Deception ของสำนักงานคณะกรรมการการรักษาความมั่นคงปลอดภัยไซเบอร์แห่งชาติ (สกมช.) ประเทศไทย บันทึกโดยระบบ Deception ผ่าน Sensor Nodes 5 โหนด ครอบคลุมช่วงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2567 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2568 รวมทั้งสิ้น 366,854 รายการ (Very Low: 183,427 รายการ, Very High: 183,427 รายการ, สัดส่วน 50:50) ประเภทการโจมตีหลักในชุดข้อมูล ได้แก่ Windows Logon Failure (54,832 รายการ), UDP Port Sweep (33,477 รายการ), HTTP Connection Request (32,304 รายการ), Inbound RDP (15,490 รายการ) และ SSH Brute Force (14,723 รายการ) ระบบปฏิบัติการเป้าหมายหลักคือ CentOS 7.0 (138,537 รายการ) และ Windows 10-64 (70,783 รายการ) การกำหนดระดับความรุนแรง (Severity Labeling) ดำเนินการโดยระบบ Deception อัตโนมัติ อ้างอิงตามมาตรฐาน CVSS v3.1 (FIRST, 2019) โดย Alert ที่มีคะแนน CVSS ต่ำกว่า 4.0 จัดเป็น Very Low และคะแนน 7.0 ขึ้นไปจัดเป็น Very High



รูปที่ 1 กรอบงานระบบ (System Framework) สำหรับการตรวจจับและจำแนกความรุนแรงของภัยคุกคามทางไซเบอร์

2. การเตรียมคลังข้อมูล

เพื่อเตรียมชุดข้อมูล Log Events จากระบบ Deception ที่รวบรวมพฤติกรรมการโจมตีจริง ข้อมูลที่ใช้ประกอบด้วย Log จำนวน 366,854 รายการ ที่มีการจำแนกระดับความรุนแรง (Severity) เป็น 2 ระดับ คือ "Very Low" และ "Very High" โดยมีสัดส่วนข้อมูลที่สมดุลกันอย่างละ 50% ดังแสดงตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การกระจายตัวของระดับความรุนแรงในชุดข้อมูล

(Severity Level)	(Records)	(Percentage)
Very Low	183,427	50.0%
Very High	183,427	50.0%

1. Cleaning & Combining คัดเลือกเฉพาะคอลัมน์ Attack Description, Attack Details, และ MITRE ATT &CK แล้วรวมข้อความเข้าด้วยกัน จัดการค่า missing โดยแทนด้วยค่าว่าง

2. TF-IDF Vectorization แปลงข้อความเป็นเวกเตอร์ (n-gram=(1,2), max_features=5,000) ได้ Matrix ขนาด 366,854x5,000 ที่มีความเบาบาง 98.69%

3. Splitting แบ่งข้อมูลเป็น Training (80%) และ Test (20%) แบบ Stratified Sampling เพื่อรักษาสัดส่วนคลาส

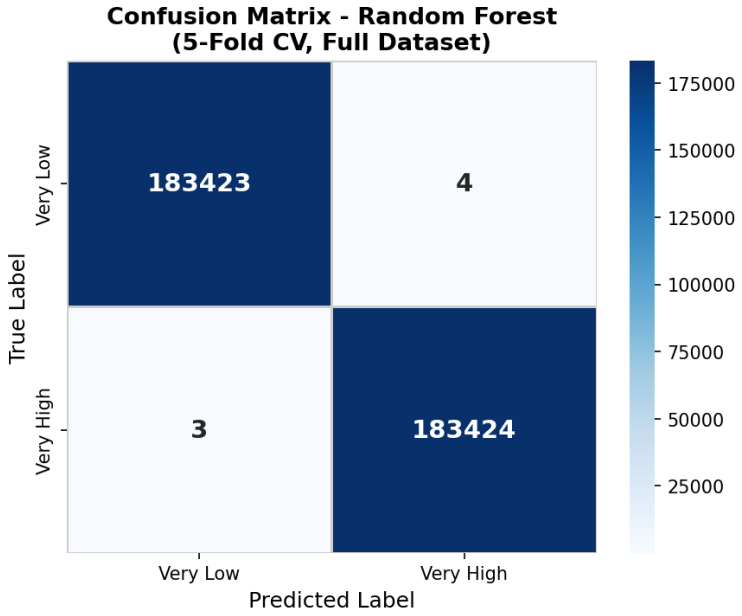
3. การเรียนรู้ความสัมพันธ์ระหว่างพฤติกรรมและความรุนแรง

การเรียนรู้ด้วยวิธี Random Forest (Chen and Guestrin, 2016) เพื่อเรียนรู้ความสัมพันธ์ระหว่างเวกเตอร์ฟีเจอร์ (Feature Vectors) ที่ได้จาก TF-IDF กับระดับความรุนแรง (Severity Class) โดยจำแนกความสัมพันธ์เป็น 2 คลาส คือ Very Low และVery High จากชุดข้อมูล Training Set ที่มีการกำกับ (Labeled Data) จากขั้นตอนการเตรียมชุดข้อมูล

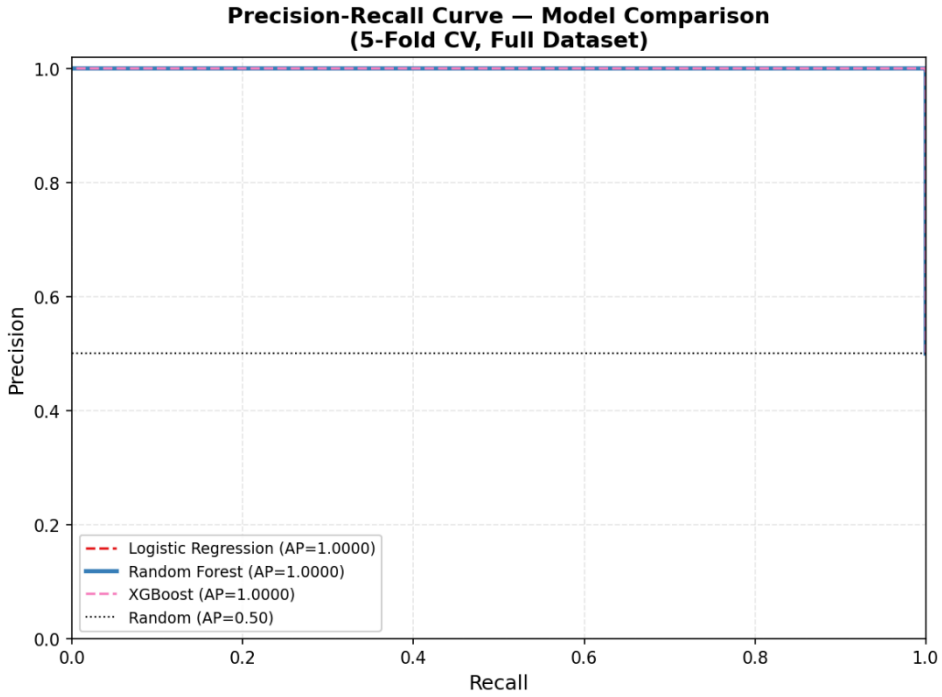
ผลลัพธ์การเรียนรู้ในขั้นตอนนี้ โดยใช้เครื่องมือ Scikit-learn คือค่าความสำคัญของฟีเจอร์ (Feature Importance) ที่บ่งบอกถึงคำหรือวลีที่มีอิทธิพลต่อการจำแนกความรุนแรง ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ค่าความสำคัญของฟีเจอร์จาก Random Forest (Top 10)

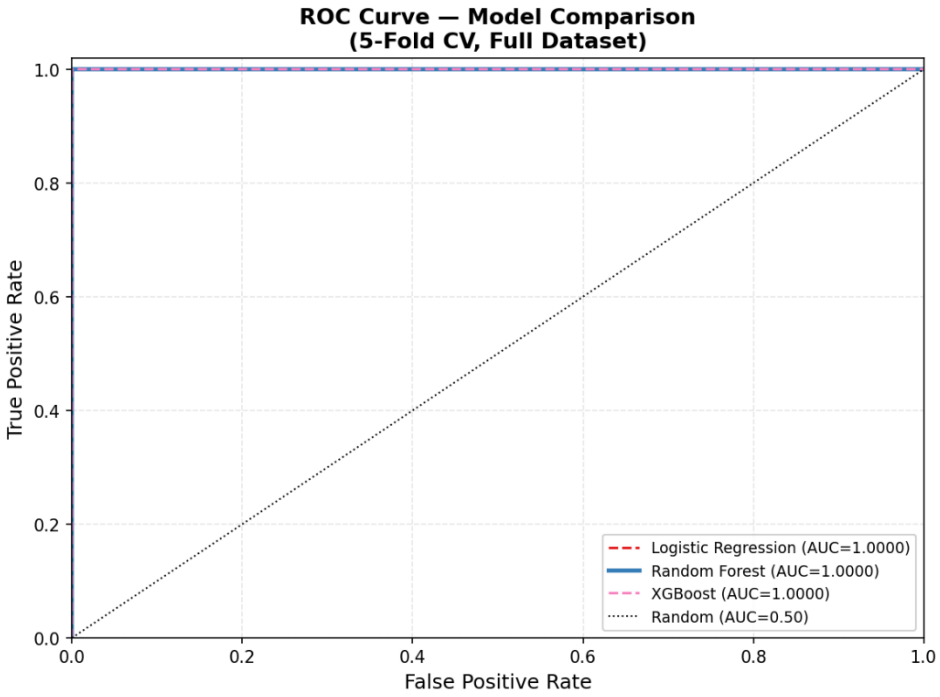
Feature (คำ/วลี)	Importance Score	Severity Class
web	0.0523	Very High
request	0.0412	Very High
httpd	0.0389	Very High
brute force	0.0356	Very High
scan threshold	0.0298	Very High
ssh	0.0267	Very High
login	0.0245	Very High
admin	0.0231	Very High
exploit	0.0219	Very High
root	0.0207	Very High



รูปที่ 2 ตารางแสดงความถูกต้องของการจำแนกประเภท (Confusion Matrix) ของโมเดล Random Forest จากการทดสอบ 5-Fold Cross-Validation



รูปที่ 3 กราฟ Receiver Operating Characteristic (ROC Curve) เปรียบเทียบประสิทธิภาพการจำแนกความรุนแรงของโมเดลทั้ง 3 ชนิด



รูปที่ 4 กราฟ Precision-Recall Curve (PR Curve) แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความแม่นยำและความครอบคลุมของโมเดลทั้ง 3 ชนิด

นอกจากนี้ งานวิจัยได้ทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของอัลกอริทึม Machine Learning จำนวน 3 ชนิด เพื่อยืนยันความเหมาะสมของ Random Forest ได้แก่

1. Logistic Regression
2. Random Forest
3. XGBoost

4. การจำแนกภัยคุกคามด้วยโมเดลที่ได้รับการฝึกสอน

ขั้นตอนนี้ประกอบด้วย 2 ขั้นตอนต่อไปนี้

4.1 การแปลง Log Event เป็นเวกเตอร์ฟีเจอร์ ขั้นตอนนี้ใช้ TF-IDF Vectorizer ที่ได้รับการฝึกสอนจากขั้นตอนการเตรียมคลังข้อมูลเพื่อแปลง Log Event ใหม่ให้เป็นเวกเตอร์ X_{test} ที่มีมิติเท่ากับ 5,000 ฟีเจอร์

4.2 การจำแนกและการวัดผล (Classification & Metrics) ทำนายความรุนแรงโดยใช้ Ensemble Voting จาก Random Forest (100 Trees) และประเมินผลด้วย Accuracy, Precision, Recall, F1-Score, และ AUC พร้อมตรวจสอบ Feature Importance

ผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ประเมินผลด้วยข้อมูลทดสอบ (Test Set) จำนวน 73,371 รายการ (20% ของข้อมูลทั้งหมด) โดยแบ่งข้อมูลแบบ Stratified Sampling เพื่อรักษาสัดส่วนความรุนแรงของภัยคุกคาม (Very Low : Very High) ให้สมดุลกันที่ 50:50 การประเมินประสิทธิภาพเปรียบเทียบระหว่างโมเดล Random Forest, XGBoost และ Logistic Regression โดยใช้ตัวชี้วัดความแม่นยำ (Accuracy), F1-Score และพื้นที่ใต้กราฟ (AUC) ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโมเดล (Model Performance Comparison)

โมเดล (Model)	Accuracy	F1-Score	AUC
Random Forest	1.0000	1.0000	1.0000
XGBoost	1.0000	1.0000	1.0000
Logistic Regression	0.9996	0.9996	1.0000

จากการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในตารางที่ 2 พบว่าโมเดลส่วนใหญ่ให้ค่าความแม่นยำสูงกว่า 0.9999 โดยโมเดล XGBoost และ Random Forest ให้ค่าที่ใกล้เคียงกันมากจนไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในเชิงสถิติ อย่างไรก็ตาม งานวิจัยนี้เลือกใช้ Random Forest สำหรับการวิเคราะห์และสรุปผล เนื่องจากเป็นโมเดลแบบ Ensemble Learning ที่มีความทนทานต่อข้อมูลที่มีสัญญาณรบกวน (Noise) ได้ดีกว่า และมีความโปร่งใสในการตรวจสอบพฤติกรรมการโจมตีผ่านค่า Feature Importance ซึ่งจำเป็นอย่างยิ่งสำหรับการวิเคราะห์ภัยคุกคามในระบบเครือข่ายจริง โดยให้ค่า Accuracy และ F1-Score สูงถึง 0.9999 และค่า AUC เท่ากับ 1.0000 ซึ่งแสดงถึงความแม่นยำในการแยกแยะระดับภัยคุกคามทั้งสองกลุ่มได้อย่างชัดเจนและมีความเสถียร นอกจากนี้ การวิเคราะห์คุณลักษณะสำคัญ (Feature Importance) ยังพบว่าคำที่มีอิทธิพลต่อการระบุภัยคุกคามรุนแรง ได้แก่ 'web', 'brute force', และ 'scan' ซึ่งสอดคล้องกับพฤติกรรมการโจมตีจริง (Buczak and Guven, 2016; Chawla et al., 2002)

ค่าความแม่นยำที่สูงมาก (0.9998–1.0000) ของโมเดลทั้งหมดมีสาเหตุหลัก 3 ประการ ได้แก่ (1) ชุดข้อมูลมีความสมดุลสมบูรณ์แบบ (Perfectly Balanced) ที่ 50:50 ทำให้โมเดลไม่มี Class Imbalance Bias (2) Text Features ของ Very Low และ Very High มีความแตกต่างกันอย่างชัดเจนในเชิง Lexical ทำให้ TF-IDF สามารถแยกแยะได้อย่างมีประสิทธิภาพสูง และ (3) Log Events ถูกสร้างโดยระบบ Deception ที่มีรูปแบบข้อความสม่ำเสมอ ซึ่งต่างจากสภาพแวดล้อมจริงที่มีความหลากหลายสูงกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยล่าสุด Sarker (2021) (Lantz et al., 2022) รายงาน Accuracy 97–99% บน NSL-KDD dataset ซึ่งต่ำกว่าผลงานนี้ เนื่องจาก NSL-KDD มีความหลากหลาย ของประเภทการโจมตีมากกว่าและมี Class Imbalance สูง Apruzzese et al. (2023) (MITRE, 2023) ระบุว่า Deception-based dataset ที่มี Label จาก Deception มักให้ค่าความแม่นยำสูงกว่า 99% ซึ่งสอดคล้องกับผลนี้ ข้อจำกัดของงานวิจัยได้แก่ (1) จำแนกได้เพียง 2 คลาส ยังไม่ครอบคลุม Multi-class Severity ตามมาตรฐาน CVSS (2) Feature ที่ใช้เป็น Text-based เท่านั้น ไม่รวม Network Traffic Features เช่น Packet Rate หรือ Flow Duration และ (3) Dataset มาจากสภาพแวดล้อมเดียว อาจไม่ Generalize ไปยังเครือข่ายอื่น

บทสรุป

งานวิจัยนี้นำเสนอองค์ความรู้ใหม่คือการบูรณาการ TF-IDF กับ Random Forest เพื่อจำแนกความรุนแรงของภัยคุกคามจาก Deception Log โดยตรง โดยไม่อาศัย Rule-based หรือ Signature Matching (โดยคำว่า 'ระบบ' ในที่นี้หมายถึงสถาปัตยกรรมไปป์ไลน์การเรียนรู้ของเครื่องที่ทำงานร่วมกับเทคนิค TF-IDF ซึ่งทำหน้าที่รับข้อความ Log ดิบและประมวลผลเป็นระดับความรุนแรงอัตโนมัติ) แนวทางนี้แตกต่างจากงานวิจัยก่อนหน้าที่มักใช้ Network Traffic Features ระบบที่พัฒนาขึ้นให้ค่า Accuracy 0.9999, F1-Score 0.9999 และ AUC 1.0000 จากการทดสอบทางสถิติด้วย Friedman test (χ^2 = 9.3333, p = 9.4036e-03) ยืนยันว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างโมเดลส่วนใหญ่ โดย Random Forest ถูกเลือก เนื่องจากความโปร่งใสผ่าน Feature Importance ช่วยลดภาระงานของผู้ดูแลระบบและสนับสนุนการตัดสินใจตอบสนองต่อภัยคุกคามได้อย่างทันท่วงที ในเชิงการนำไปใช้งานจริง (Practical Application) ระบบนี้สามารถทำงานแบบ Batch Processing โดยรับไฟล์ข้อมูลจาก Deception มาคัดกรอง Noise ออกและแสดงผลลัพธ์ได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งตอบโจทย์การแก้ปัญหาข้อจำกัดด้านบุคลากรของหน่วยงาน ช่วยลดระยะเวลาในการตรวจสอบและเพิ่มประสิทธิภาพในการรับมือกับภัยคุกคามไซเบอร์ได้อย่างเป็นรูปธรรม ข้อจำกัดของงานวิจัย ได้แก่ (1) จำแนกได้เพียง 2 ระดับความรุนแรง (2) ใช้เฉพาะ Text Features จาก Log Description และ (3) Dataset มาจากระบบ Deception เดียว

งานวิจัยในอนาคตควรขยายไปสู่ Multi-class CVSS Severity Classification (FIRST, 2019), การบูรณาการ Network Flow Features, การประยุกต์ Online Learning (MITRE, 2024; Sarker, 2021) รองรับภัยคุกคามรูปแบบใหม่ และการทดสอบกับ Dataset จากหลายองค์กร

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษาและคณาจารย์สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ วิทยาลัยวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์ ที่ให้คำแนะนำและข้อเสนอแนะอันเป็นประโยชน์ต่องานวิจัยนี้ รวมทั้งขอขอบคุณผู้ที่ให้ความช่วยเหลือและสนับสนุนการดำเนินงานวิจัยทุกท่าน จนทำให้งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

Bifet A. and Gavaldà R. (2007). Learning from time-changing data with adaptive windowing. In Proceedings of the 2007 SIAM International Conference on Data Mining. SIAM.

Chen T. and Guestrin C. (2016). XGBoost: a scalable tree boosting system. In Proceedings of the 22nd ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining. ACM.

Provos N. (2004). Bifet A. and Gavaldà R. (2007). Learning from time-changing data with adaptive windowing. In Proceedings of the 2007 SIAM International Conference on Data Mining.

Breiman L. (2001). Random forests. Machine Learning. 45(1): 5–32.

Buczak A.L. and Guven E. (2016). A survey of data mining and machine learning methods for cyber security intrusion detection. IEEE Communications Surveys & Tutorials. 18(2): 1153–1176.

Chawla N.V. et al. (2002). SMOTE: Synthetic minority over-sampling technique. Journal of Artificial Intelligence Research. 16: 321–357.

Chen T. and Guestrin C. (2016). XGBoost: A scalable tree boosting system. In Proceedings of the 22nd ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining.

FIRST. (2019). Common Vulnerability Scoring System v3.1: Specification Document. Available: https://www.first.org/cvss/

FIRST - Forum of Incident Response and Security Teams. (2007). A Complete Guide to the Common Vulnerability Scoring System Version 2.0.

Hastie T., Tibshirani R. and Friedman J. (2009). The Elements of Statistical Learning. Springer.

Pedregosa F. et al. (2011). Scikit-learn: Machine learning in Python. Journal of Machine Learning Research. 12: 2825–2830.

Provos N. (2004). A virtual Deception framework. In Proceedings of the 13th USENIX Security Symposium.

Ramos J. (2003). Using TF-IDF to determine word relevance in document queries. In Proceedings of the First Instructional Conference on Machine Learning.

Shalev-Shwartz S. (2012). Online learning and online convex optimization. Foundations and Trends in Machine Learning. 4(2): 107–194.

Tavallaee M. et al. (2009). A detailed analysis of the KDD CUP 99 data set. In Proceedings of the IEEE Symposium on Computational Intelligence for Security and Defense Applications.

The MITRE Corporation. (2024). MITRE ATT&CK Framework. Available: https://attack.mitre.org/

การสร้างแบบจำลองการเพิ่มขึ้นของระดับทะเลโดยใช้ FBProphet ในพื้นที่ชายฝั่งประเทศไทย

Modeling Sea Level Rise Using FBProphet in Coastal Thailand

ศรีชล ภิรมย์ลาภ[1] วิทมา ธรรมเจริญ[2] สมพล สกุลหลง[3] และสืบสกุล คุรุรัตน์[3*]

Srichol Phiromlap[1], Wittama Thumcharoen[2], Sompol Skullong[3] and Suabsakul Gururatana[3*]

[1]คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออกชลบุรี

[1]Faculty of Science and Technology, Rajamangala University of Technology Tawan-ok,Chonburi

[2]คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณีจันทบุรี

[2]Faculty of Science and Technology, RambhaiBarni Rajabhat University,Chantraburi

[3] คณะวิศวกรรมศาสตร์ ศรีราชา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา ชลบุรี*

[3]Faculty of Engineering at Sriracha, Kasetsart University, Sriracha Campus,Chonburi*

[*]Corresponding Author E-mail Address : suabsakul@eng.src.ku.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแบบจำลองพยากรณ์ระดับทะเลโดยใช้ FBProphet และวิเคราะห์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของระดับทะเลบริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา โดยใช้ข้อมูลระดับทะเลปานกลางรายเดือนจากสถานีป้อมพระจุลจอมเกล้า ครอบคลุมช่วงเวลากว่า 80 ปี (พ.ศ. 2483–2567) จากฐานข้อมูล Permanent Service for Mean Sea Level กระบวนการวิจัยประกอบด้วยการเตรียมข้อมูล การสร้างแบบจำลอง และการปรับแต่งพารามิเตอร์ โดยแบ่งข้อมูลเป็นชุดฝึกและชุดทดสอบตามลำดับเวลา และประเมินประสิทธิภาพด้วยตัวชี้วัด RMSE, R^2 และ MAPE ผลการศึกษาพบว่าแบบจำลองมีความแม่นยำสูงทั้งในชุดฝึก (RMSE = 67.92 มม., R^2 = 0.9571, MAPE = 0.74%) และชุดทดสอบ (RMSE = 61.32 มม., R^2 = 0.7543, MAPE = 0.61%) แสดงให้เห็นถึงความสามารถในการ generalization ที่ดี นอกจากนี้ การวิเคราะห์องค์ประกอบแนวโน้มพบว่าระดับทะเลมีอัตราการเพิ่มขึ้นประมาณ 12.08 มิลลิเมตรต่อปี ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นถึงศักยภาพของ FBProphetในการพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลาด้านสิ่งแวดล้อม และสามารถนำไปสนับสนุนการวางแผนบริหารจัดการชายฝั่งและการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศได้

คำสำคัญ: ระดับทะเลปานกลาง FBProphet การพยากรณ์

Abstract

This study aims to develop a sea level forecasting model using Facebook Prophet (FBProphet) and to analyze long-term sea level trends in the Chao Phraya River delta. Monthly Mean Sea Level (MSL) data from the Fort PhrachulaChomklao station, spanning over 80 years (1940–2024), were obtained from the Permanent Service for Mean Sea Level database. The research methodology includes data preparation, model development, and hyperparameter tuning, with the dataset divided into training and testing sets based on temporal order. Model performance was evaluated using RMSE, R^2, and MAPE. Results indicate high forecasting accuracy for both the training set (RMSE = 67.92 mm, R^2 = 0.9571, MAPE = 0.74%) and the testing set (RMSE = 61.32 mm, R^2 = 0.7543, MAPE = 0.61%), demonstrating good generalization capability. Analysis of the trend component reveals a continuous sea level rise at an estimated rate of 12.08 mm per year. These findings highlight the effectiveness of FBProphet for environmental time series forecasting and its potential to support long-term coastal management and climate change adaptation planning.

Keywords: Mean Sea Level, FBProphet, Forecasting

บทนำ

การเพิ่มขึ้นของระดับทะเล (sea level rise) เป็นหนึ่งในผลกระทบสำคัญของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลก โดยมีค่าเฉลี่ยระดับโลกประมาณ 3 มิลลิเมตรต่อปีอย่างไรก็ตาม แนวโน้มดังกล่าวมีความแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ เนื่องจากได้รับอิทธิพลจากปัจจัยเฉพาะพื้นที่ เช่น การทรุดตัวของแผ่นดิน และพลวัตของระบบชายฝั่งโดยเฉพาะในพื้นที่ลุ่มน้ำและสามเหลี่ยมปากแม่น้ำ ซึ่งมักพบอัตราการเพิ่มขึ้นของระดับทะเลสัมพัทธ์ที่สูงกว่าค่าเฉลี่ยโลก (Phien-wej et al., 2006; Nicholls and Cazenave, 2010; Church et al., 2013)

ในบริบทของประเทศไทย งานวิจัยของ Taninpong et al. (2021)ถือเป็นงานสำคัญที่ศึกษาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงระดับทะเลในอ่าวไทย โดยใช้ข้อมูลจากสถานีวัดระดับทะเลจำนวน 18 สถานี ครอบคลุมช่วงเวลายาวกว่า 40 ปี (ค.ศ. 1977–2019) และใช้วิธีการวิเคราะห์อนุกรมเวลาและการตรวจสอบแนวโน้มทั้งแบบพาราเมตริกและไม่เป็นพาราเมตริก ผลการศึกษาพบว่าอัตราการเพิ่มขึ้นของระดับทะเลมีความแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ โดยมีช่วงค่าตั้งแต่3.44 ถึง 19.19 มิลลิเมตรต่อปีและพบค่าสูงสุดที่บริเวณอ่าวอุดม จังหวัดชลบุรี ซึ่งมีอัตราการเพิ่มขึ้นถึง19.19 มิลลิเมตรต่อปีสะท้อนให้เห็นว่าพื้นที่ชายฝั่งในอ่าวไทยมีความเสี่ยงต่อการเพิ่มขึ้นของระดับทะเลในระดับสูง และมีความแปรผันเชิงพื้นที่อย่างชัดเจน

ผลการศึกษาดังกล่าวสอดคล้องกับงานของ Sojisuporn et al. (2013) และ Pongsiri et al. (2020) ที่รายงานว่าแนวโน้มระดับทะเลในอ่าวไทยมีการเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในหลายพื้นที่ อย่างไรก็ตามยังมีบางงานวิจัย เช่น Vongvisessomjai (2006) ที่เสนอว่าระดับทะเลอาจมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยหรือไม่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งสะท้อนถึงความไม่แน่นอนและความซับซ้อนของระบบระดับทะเลในภูมิภาคนี้

แม้ว่าการศึกษาที่ผ่านมาจะสามารถอธิบายแนวโน้มระดับทะเลได้ดี แต่การพัฒนาแบบจำลองเพื่อพยากรณ์ระดับทะเลในอนาคตยังคงมีข้อจำกัด โดยเฉพาะในด้านการเลือกตัวแปรอิสระ (features) ที่เหมาะสม เนื่องจากระดับทะเลได้รับอิทธิพลจากหลายปัจจัย เช่น อุณหภูมิผิวทะเล ความดันบรรยากาศ และปัจจัยทางมหาสมุทร ซึ่งข้อมูลเหล่านี้มักมีความไม่ต่อเนื่อง ขาดความละเอียดเชิงเวลา และยากต่อการบูรณาการในบริบทของประเทศไทย ส่งผลให้การใช้แบบจำลองแบบหลายตัวแปร (multivariate models) มีความซับซ้อนสูง และอาจก่อให้เกิดปัญหา overfitting ได้ (Hastie, 2009, SingkranandKandasamy, 2016)

ด้วยข้อจำกัดด้านข้อมูลดังกล่าว การใช้แบบจำลองอนุกรมเวลาแบบตัวแปรเดียว (univariate time series) จึงเป็นแนวทางที่เหมาะสมในบริบทของการศึกษานี้ เนื่องจากมีข้อดีหลายประการ ได้แก่ (1) ลดความซับซ้อนของแบบจำลอง และลดความเสี่ยงของการเกิด overfitting ในกรณีที่ข้อมูลมีจำนวนจำกัด (2) ไม่ต้องพึ่งพาตัวแปรภายนอกที่อาจมีความไม่สมบูรณ์หรือไม่ต่อเนื่อง ซึ่งเป็นปัญหาสำคัญในงานด้านสิ่งแวดล้อม (3) สามารถสะท้อนโครงสร้างภายในของข้อมูลได้โดยตรง เช่น แนวโน้มระยะยาว (trend) และรูปแบบตามฤดูกาล (seasonality) ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักของข้อมูลระดับทะเล และ (4) ทำให้การตีความผลลัพธ์มีความชัดเจนและสอดคล้องกับปรากฏการณ์ทางกายภาพมากขึ้น (Hastie, 2009)

นอกจากนี้ แนวทาง univariate ยังมีความเหมาะสมในเชิงการประยุกต์ใช้งานจริง เนื่องจากสามารถนำไปใช้กับสถานีตรวจวัดที่มีข้อมูลจำกัดได้โดยไม่ต้องพึ่งพาข้อมูลจากแหล่งอื่น ซึ่งช่วยเพิ่มความสามารถในการนำไปใช้ในเชิงนโยบายและการบริหารจัดการพื้นที่ชายฝั่งโดยเฉพาะอย่างยิ่ง FBProphet ซึ่งถูกออกแบบมาเพื่อรองรับข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีแนวโน้มไม่เป็นเชิงเส้นและมีฤดูกาล สามารถจัดการกับข้อมูลที่มี noise และ missing values ได้อย่างมีประสิทธิภาพ อีกทั้งยังมีโครงสร้างแบบ additive model ที่ช่วยแยกองค์ประกอบของ trend และ seasonality ได้อย่างชัดเจน ทำให้เหมาะสมกับลักษณะข้อมูลระดับทะเล (Taylor and Letham, 2018)

อย่างไรก็ตาม ประสิทธิภาพของแบบจำลอง FBProphet ขึ้นอยู่กับการกำหนดค่า hyperparameters ที่เหมาะสม เช่น changepoint_prior_scale และ seasonality_prior_scaleซึ่งมีผลต่อความยืดหยุ่นของแบบจำลองในการจับแนวโน้มของข้อมูล ดังนั้น การปรับแต่งhyperparameters (hyperparameter tuning) จึงมีบทบาทสำคัญในการเพิ่มความแม่นยำของการพยากรณ์ และลดปัญหา overfitting หรือ underfitting

จากการทบทวนวรรณกรรมที่ผ่านมา พบว่ายังมีช่องว่างของงานวิจัยที่สำคัญอยู่ 2 ประการ ประการแรก งานวิจัยส่วนใหญ่มุ่งเน้นการวิเคราะห์แนวโน้มในอดีตด้วยวิธีทางสถิติดั้งเดิม แต่ยังขาดการพัฒนาแบบจำลองพยากรณ์ที่สามารถรับมือกับแนวโน้มไม่เป็นเชิงเส้นและความผันผวนเชิงฤดูกาลของระดับทะเลในบริบทของไทยได้อย่างมีประสิทธิภาพ ประการที่สองยังไม่มีการนำ FBProphet ซึ่งเป็นแบบจำลองอนุกรมเวลาสมัยใหม่ที่มีประสิทธิภาพสูงมาประยุกต์ใช้กับข้อมูลระดับทะเลในพื้นที่ชายฝั่งประเทศไทย รวมถึงยังขาดการเปรียบเทียบกับแบบจำลองมาตรฐานอย่างเป็นระบบ การศึกษานี้จึงมุ่งเติมเต็มช่องว่างดังกล่าว โดยพัฒนาและประเมินแบบจำลอง FBProphet สำหรับการพยากรณ์ระดับทะเลบริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา เปรียบเทียบกับ SARIMAX เพื่อสนับสนุนการวางแผนบริหารจัดการชายฝั่งในระยะยาว

จากข้อจำกัดของงานวิจัยที่ผ่านมาและความท้าทายในการจัดหาตัวแปรอิสระที่มีความต่อเนื่องและเชื่อถือได้ การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแบบจำลองพยากรณ์ระดับทะเลในบริบทของข้อมูลจริงในประเทศไทย โดยมุ่งเน้นการใช้ข้อมูลระดับทะเลแบบอนุกรมเวลาเพียงตัวแปรเดียวจากสถานี Fort PhrachulaChomklao ซึ่งตั้งอยู่บริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา พื้นที่ดังกล่าวมีความสำคัญเชิงยุทธศาสตร์ เนื่องจากเป็นจุดเชื่อมต่อระหว่างอ่าวไทยและแม่น้ำเจ้าพระยา ซึ่งเป็นเส้นเลือดหลักของกรุงเทพมหานคร เมืองหลวงของประเทศ ส่งผลให้ระดับทะเลบริเวณนี้มีอิทธิพลโดยตรงต่อปรากฏการณ์ทะเลหนุน การระบายน้ำ และความเสี่ยงต่อการเกิดน้ำท่วมในพื้นที่กรุงเทพมหานครและปริมณฑล

ในการศึกษานี้ ได้ประยุกต์ใช้แบบจำลอง FBProphet ร่วมกับกระบวนการปรับแต่งhyperparameters เพื่อเพิ่มความแม่นยำของแบบจำลองในการพยากรณ์ระดับทะเลในอนาคต นอกจากนี้ การศึกษายังมุ่งประเมินอัตราการเพิ่มขึ้นของระดับทะเล (sea level rise rate) และวิเคราะห์ผลกระทบเชิงพื้นที่ในบริเวณชายฝั่งที่มีความเปราะบางสูง โดยเฉพาะพื้นที่ที่เชื่อมโยงกับระบบลุ่มน้ำเจ้าพระยา ซึ่งมีบทบาทสำคัญต่อความมั่นคงด้านเศรษฐกิจและโครงสร้างพื้นฐานของประเทศ ทั้งนี้ ผลลัพธ์ที่ได้จะสามารถนำไปใช้ในการวางแผนบริหารจัดการน้ำและลดความเสี่ยงจากน้ำท่วมในกรุงเทพมหานครได้อย่างมีประสิทธิภาพ

วัตถุประสงค์

1. เพื่อพัฒนาแบบจำลองพยากรณ์ระดับทะเลโดยใช้ FBProphet ให้เหมาะสมกับการทำนายระดับทะเล
2. เพื่อพยากรณ์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของระดับทะเลในบริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ระดับทะเลปานกลาง (Mean Sea Level, MSL)

ระดับทะเลปานกลางเป็นค่ามาตรฐานที่ใช้ในการอธิบายความสูงของผิวทะเลในเชิงระยะยาว โดยได้จากการนำค่าระดับทะเลที่วัดได้อย่างต่อเนื่องในช่วงเวลาหนึ่งมาหาค่าเฉลี่ย เพื่อลดอิทธิพลของความผันผวนระยะสั้น เช่น ปรากฏการณ์น้ำขึ้นน้ำลง คลื่นลม และสภาพอากาศรายวัน ทำให้ค่า MSL สามารถแสดงพฤติกรรมโดยรวมของระบบมหาสมุทรได้อย่างมีเสถียรภาพมากขึ้น ด้วยเหตุนี้ ค่า MSL จึงถูกใช้เป็นค่ามาตรฐานอ้างอิง (vertical datum) ในงานด้านภูมิศาสตร์ วิศวกรรมชายฝั่ง และการศึกษาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ นอกจากนี้ MSL ยังเป็นตัวแปรสำคัญที่ใช้ในการวิเคราะห์แนวโน้มการเพิ่มขึ้นของระดับทะเล (sea level rise) ซึ่งสัมพันธ์กับปัจจัยระดับโลก เช่น การขยายตัวของทะเลเนื่องจากอุณหภูมิที่สูงขึ้น และการละลายของน้ำแข็งขั้วโลก ดังนั้น การใช้ค่า MSL ในงานวิจัยจึงช่วยให้สามารถติดตามและพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงของระดับทะเลในระยะยาวได้อย่างมีประสิทธิภาพ

สำหรับงานวิจัยนี้ ข้อมูลระดับทะเลถูกนำมาจากฐานข้อมูล Permanent Service for Mean Sea Level (PSMSL) ซึ่งเป็นฐานข้อมูลระดับสากลที่รวบรวมข้อมูลจากสถานีตรวจวัดระดับทะเลทั่วโลก โดยเลือกใช้ข้อมูลจากสถานี Fort PhrachulaChomklao หรือป้อมพระจุล ซึ่งตั้งอยู่บริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา จังหวัดสมุทรปราการ พื้นที่ดังกล่าวมีความสำคัญในเชิงภูมิศาสตร์และเศรษฐกิจ เนื่องจากเป็นจุดเชื่อมต่อระหว่างแม่น้ำเจ้าพระยากับอ่าวไทย อีกทั้งยังอยู่ใกล้พื้นที่กรุงเทพมหานครซึ่งเป็นเมืองหลวงของประเทศ ทำให้การเปลี่ยนแปลงของระดับทะเลในบริเวณนี้มีผลกระทบโดยตรงต่อความเสี่ยงด้านน้ำท่วมชายฝั่ง การกัดเซาะชายฝั่ง และการวางแผนโครงสร้างพื้นฐานในระยะยาว

ข้อมูลจาก PSMSL ถูกจัดเก็บในระบบ Revised Local Reference (RLR) ซึ่งเป็นระบบ datum แบบสัมพัทธ์ โดยค่าระดับทะเลที่รายงานไม่ได้เป็นค่าความสูงสัมบูรณ์จากระดับทะเลปานกลางโดยตรง แต่เป็นค่าที่อ้างอิงกับจุดอ้างอิงของสถานีวัด (benchmark) ที่กำหนดขึ้นในพื้นที่ จากเอกสารของสถานี Fort PhrachulaChomklao พบว่า RLR datum ถูกกำหนดให้อยู่ต่ำกว่า benchmark PJ2 ประมาณ 8.4 เมตร และมีการปรับแก้ค่า datum ในบางช่วงเวลา เช่น ในช่วงหลังปี ค.ศ. 2003 ซึ่งมีการเลื่อนค่า offset ประมาณ 0.583 เมตร อันเป็นผลจากการปรับระดับใหม่ของสถานี

ค่าระดับทะเลที่วัดได้จากสถานีมักถูกอ้างอิงกับศูนย์อ้างอิงน้ำ (water datum) ซึ่งเป็นค่าศูนย์สมมติที่กำหนดขึ้นสำหรับการวัด และมีตำแหน่งแตกต่างจากระดับทะเลปานกลางดังนั้นหากต้องการแปลงค่าระดับน้ำให้อยู่ในรูปของ MSL จำเป็นต้องทำการปรับค่าตามความสัมพันธ์ของ datum อย่างไรก็ตาม สำหรับข้อมูลในระบบ RLR ของ PSMSL ค่าระดับน้ำได้ถูกปรับให้อยู่ในรูปที่มีความต่อเนื่องในเชิงเวลาแล้ว ทำให้สามารถนำไปใช้วิเคราะห์แนวโน้มได้โดยตรง โดยไม่จำเป็นต้องแปลงเป็นค่าความสูงสัมบูรณ์ งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นการวิเคราะห์ในรูปของอัตราการเปลี่ยนแปลงของระดับทะเลในหน่วยมิลลิเมตรต่อปี (mm/year) แทนการพิจารณาค่าความสูงแบบสัมบูรณ์ เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของ datum จะไม่มีผลต่อค่าความชันของแนวโน้ม (trend) ที่ได้จากข้อมูล กล่าวคือ แม้ว่าค่าระดับทะเลจะถูกเลื่อนขึ้นหรือลงจากการปรับ datum แต่ลักษณะของแนวโน้มการเพิ่มขึ้นหรือการลดลงยังคงเดิม และสามารถนำไปใช้ในการพยากรณ์แนวโน้มในอนาคตได้

แบบจำลองFacebook Prophet (FBProphet)

FBProphet เป็นแบบจำลองที่ถูกพัฒนาโดยทีม Core Data Science ของ Facebook สามารถจัดอยู่ในกลุ่มวิธีการแบบผสมผสานระหว่าง Machine Learning และแบบจำลองเชิงสถิติ โดยมีพื้นฐานสำคัญจากแนวคิดทางสถิติ ขณะเดียวกันก็สามารถเรียนรู้รูปแบบจากข้อมูลได้แบบอัตโนมัติ (data-driven) แตกต่างจากแบบจำลอง Machine Learning ทั่วไป (Taylor and Letham, 2018)

โครงสร้างของ Prophet อาศัยแบบจำลองเชิงบวก (Additive Model) ซึ่งทำการแยกองค์ประกอบของข้อมูลอนุกรมเวลาออกเป็นส่วนต่าง ๆ ได้แก่ แนวโน้ม (trend) ฤดูกาล (seasonality) และผลกระทบจากเหตุการณ์พิเศษ เช่น วันหยุด (holiday effects) ด้วยคุณลักษณะดังกล่าว Prophet จึงถือเป็นแบบจำลองลูกผสมที่ผสานข้อดีของ Machine Learning และสถิติสำหรับ FBProphet นั้นได้ถูกเผยแพร่ในรูปแบบซอฟต์แวร์โอเพนซอร์ส ทำให้นักวิจัยและผู้ใช้งานทั่วไปสามารถเข้าถึงและนำไปประยุกต์ใช้ได้ผ่านไลบรารีต่างๆได้สำหรับโครงสร้างของแบบจำลองสามารถเขียนในรูปสมการเชิงบวกขององค์ประกอบต่างๆ ดังสมการที่ 1

$$y(t) = g(t) + s(t) + h(t) + \varepsilon(t) \quad (1)$$

โดยที่ $y(t)$หรือ yhat คือ ค่าที่ต้องการพยากรณ์ ในขณะที่ $g(t)$แทนองค์ประกอบของแนวโน้ม หรือ Trend ซึ่งสามารถกำหนดเป็นแบบเชิงเส้นหรือแบบลอจิสติกส์ เพื่ออธิบายพฤติกรรมที่ไม่เป็นคาบของข้อมูล ส่วน $s(t)$แทนองค์ประกอบเชิงฤดูกาล ซึ่งสะท้อนรูปแบบที่เกิดซ้ำ เช่น รายวัน รายสัปดาห์ หรือรายปี สำหรับ $h(t)$เป็นผลกระทบจากเหตุการณ์พิเศษ เช่น วันหยุด ที่อาจทำให้ข้อมูลเกิดความผันผวน และ $\varepsilon(t)$คือค่าความคลาดเคลื่อน (Error Term) ที่เกิดจากปัจจัยสุ่มหรือสิ่งรบกวน

ในกระบวนการเรียนรู้ของแบบจำลอง FBProphet ใช้วิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ Bayesian โดยสามารถเลือกใช้การประมาณค่าแบบ Maximum a Posteriori (MAP) ผ่านอัลกอริทึม L-BFGS หรือใช้การ Full Bayesian Inference เพื่อรวมความไม่แน่นอนของพารามิเตอร์เข้าสู่แบบจำลอง ซึ่งช่วยให้สามารถประเมินช่วงความเชื่อมั่นของการพยากรณ์ได้ สำหรับการประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลอง มักใช้ตัวชี้วัดทางสถิติ เช่น R-Squared (R^2), Mean Squared Error (MSE), Root Mean Squared Error (RMSE) และ Mean Absolute Error (MAE) เพื่อวัดความแม่นยำของผลการพยากรณ์

นอกจากนี้ FBProphet ยังเปิดโอกาสให้ผู้ใช้งานสามารถปรับแต่งพารามิเตอร์สำคัญต่าง ๆ ได้ เช่น จำนวนจุดเปลี่ยนแนวโน้ม (Changepoints) รูปแบบของฤดูกาล (Seasonality Mode) และน้ำหนักของวันหยุด เพื่อให้เหมาะสมกับลักษณะของข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์ด้วยความสามารถในการจัดการข้อมูลที่มีโครงสร้างซับซ้อนและมีความไม่แน่นอน FBProphet จึง

ถูกนำไปใช้อย่างแพร่หลายในงานด้านการพยากรณ์ ไม่ว่าจะเป็นการวิเคราะห์ค่าฝุ่นละออง PM2.5 ดัชนีคุณภาพอากาศ การใช้พลังงาน การจราจร ตลอดจนการคาดการณ์ยอดขายสินค้า ทั้งในระดับท้องถิ่นและระดับประเทศ

แบบจำลอง Seasonal AutoRegressive Integrated Moving Average with eXogenous variables (SARIMAX)

สำหรับแบบจำลองSARIMAX เป็นการพัฒนาแนวคิดของแบบจำลอง AutoRegressive Integrated Moving Average (ARIMA)ที่ถูกพัฒนาโดยBox et al. (2015)ได้นำเสนอการวิเคราะห์อนุกรมเวลาเชิงสถิติ โดย SARIMAX ถูกออกแบบมาเพื่อจัดการกับข้อมูลที่มีทั้งแนวโน้ม ความไม่คงที่ (non-stationarity) และความเป็นฤดูกาล รวมถึงสามารถรวมตัวแปรภายนอก (exogenous variables) เข้ามาในแบบจำลองได้ ทำให้มีความยืดหยุ่นและเหมาะสมกับข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีโครงสร้างซับซ้อนในเชิงคณิตศาสตร์ แบบจำลอง SARIMAX สามารถเขียนในรูปทั่วไปได้ดังนี้

$$\Phi_p(L)\Phi_P(L^s)(1-L)^d(1-L^s)^D y_t = \Theta_q(L)\Theta_Q(L^s)\varepsilon_t + \sum_{i=1}^{n}\beta_i X_{i,t} \quad (2)$$

โดยที่ $\Phi_p(L)$และ $\Phi_P(L^s)$เป็นพหุนามของส่วน Autoregressive (AR) ในกรณีปกติและเชิงฤดูกาล ตามลำดับ ขณะที่ $\Theta_q(L)$ และ $\Theta_Q(L^s)$ เป็นพหุนามของส่วน Moving Average (MA) ต่อมา Lคือ lag operator ซึ่งนิยามว่า$Ly_t = y_{t-1}$

p, d, qคือพารามิเตอร์ของส่วน ARIMA (non-seasonal), P, D, Qคือพารามิเตอร์ของส่วนฤดูกาล (seasonal) คือคาบของฤดูกาล เช่น $s = 12$สำหรับข้อมูลรายเดือน y_tคือค่าของตัวแปรตาม ณ เวลาt

ε_tคือค่าความคลาดเคลื่อนแบบสุ่ม (white noise) โดยทั่วไปจะสมมุติว่า $\varepsilon_t \sim N(0, \sigma^2)$, $X_{i,t}$คือค่าของตัวแปรอิสระตัวที่iณ เวลา t,β_iคือค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรภายนอก ซึ่งSARIMAX นี้ได้รับการยอมรับอย่างแพร่หลายในงานวิเคราะห์อนุกรมเวลา และถือเป็นหนึ่งในวิธีมาตรฐานสำหรับการพยากรณ์ข้อมูลเชิงสถิติ โดยเฉพาะในกรณีที่ข้อมูลมีโครงสร้างเชิงเส้นและมีรูปแบบฤดูกาลที่ชัดเจน

การประเมินประสิทธิภาพแบบจำลอง

ในการประเมินความสามารถของแบบจำลองสำหรับการพยากรณ์นิยมใช้ตัวชี้วัด (Evaluation Metrics) สำหรับการวัดความแม่นยำของผลลัพธ์การพยากรณ์นั้นนิยมใช้ตัวชี้วัดหลัก 4 ค่าได้แก่ ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2), ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) ค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (RMSE) และค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยแบบร้อยละ (MAPE)

ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (Coefficient of Determination) ถูกแสดงในสมการที่ 3 ใช้สำหรับวัดสัดส่วนของความแปรปรวนของข้อมูลจริงที่สามารถอธิบายได้ด้วยแบบจำลอง โดยมีค่าอยู่ในช่วง 0 ถึง 1 ซึ่งค่าที่เข้าใกล้ 1 แสดงถึงความสามารถของแบบจำลองในการอธิบายข้อมูลได้ดี

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{N}(Y_i - \hat{Y}_i)^2}{\sum_{i=1}^{N}(Y_i - \bar{Y})^2} \quad (3)$$

โดN คือ จำนวนตัวอย่างทั้งหมด,Y_iคือ ค่าจริงของตัวแปรเป้าหมายในลำดับที่i, $\hat{Y}_i$คือ ค่าที่แบบจำลองพยากรณ์ได้ในลำดับที่i และ $\bar{Y}$ คือ ค่าเฉลี่ยของข้อมูลจริงทั้งหมด

ถัดมาค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย Mean Squared Error, MSE) ดังสมการที่4เป็นตัวชี้วัดที่แสดงค่าเฉลี่ยของผลต่างกำลังสองระหว่างค่าที่พยากรณ์ได้กับค่าจริงของข้อมูลทั้งหมด โดยค่า MSE ที่ต่ำบ่งบอกถึงความคลาดเคลื่อนที่น้อยและแบบจำลองมีความแม่นยำสูง

$$MSE = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}\left(Y_i - \hat{Y}_i\right)^2 \quad (4)$$

ค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Squared Error, RMSE) เป็นการนำค่า MSE มาหาค่ารากที่สอง เพื่อให้มีหน่วยเดียวกับข้อมูลจริง ทำให้สามารถตีความผลลัพธ์ได้ง่ายขึ้น โดยค่า RMSE ที่ต่ำแสดงถึงประสิทธิภาพของแบบจำลองที่ดีดังสมการที่ 5

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}\left(Y_i - \hat{Y}_i\right)^2} \quad (5)$$

ต่อมาความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยแบบร้อยละ (Mean Absolute Percentage Error, MAPE) ดังสมการที่ 6 ถูกใช้ในการประเมินความแม่นยำของแบบจำลอง โดยพิจารณาความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ระหว่างค่าจริงและค่าที่พยากรณ์ในแต่ละจุดข้อมูล จากนั้นนำมาหาค่าเฉลี่ยและแสดงผลในรูปแบบร้อยละ ซึ่งช่วยให้สามารถตีความความแม่นยำของแบบจำลองได้อย่างชัดเจน

$$MAPE = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}\left|\frac{Y_i - \hat{Y}_i}{Y}\right|^2 \times 100 \quad (6)$$

ระเบียบวิธีวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์แนวโน้มและพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงของระดับทะเลในระยะยาว โดยใช้ข้อมูลระดับทะเลปานกลาง (Mean Sea Level: MSL) จากสถานี Fort PhrachulaChomklaoจังหวัดสมุทรปราการ ซึ่งได้มาจากฐานข้อมูล Permanent Service for Mean Sea Level (PSMSL) ข้อมูลดังกล่าวอยู่ในรูปแบบอนุกรมเวลา (time series) และถูกอ้างอิงในระบบ Revised Local Reference (RLR) ซึ่งเป็นข้อมูลที่เหมาะสำหรับการวิเคราะห์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงระดับทะเล

ในขั้นตอนแรก ได้ทำการรวบรวมและตรวจสอบข้อมูลดิบ (raw data) โดยพิจารณาความสมบูรณ์ของข้อมูล ช่วงเวลาที่มีการบันทึก และค่าที่ผิดปกติ เช่น ค่าที่หายไป (missing data) หรือค่าที่ถูกระบุเป็นรหัสพิเศษ จากนั้นดำเนินการเตรียมข้อมูล (data preparation and cleansing) โดยจัดรูปแบบข้อมูลให้อยู่ในรูปของอนุกรมเวลารายเดือน ตรวจสอบความต่อเนื่องของข้อมูล และจัดการค่าที่หายไปด้วยวิธี interpolation เพื่อให้ข้อมูลมีความสมบูรณ์และเหมาะสมสำหรับการนำไปวิเคราะห์ นอกจากนี้ ยังมีการพิจารณา metadata ของสถานี เช่น การเปลี่ยนแปลง datum และ benchmark เพื่อให้มั่นใจว่าข้อมูลมีความสอดคล้องในเชิงเวลา

ในขั้นตอนถัดไป ได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงสำรวจ (Exploratory Data Analysis: EDA) เพื่อศึกษาและทำความเข้าใจพฤติกรรมของข้อมูลก่อนนำเข้าสู่กระบวนการสร้างแบบจำลอง

หลังจากนั้นทำการสร้างแบบจำลอง ได้เลือกใช้แบบจำลอง FBProphet ซึ่งเป็นแบบจำลองอนุกรมเวลาที่สามารถแยกองค์ประกอบของข้อมูลออกเป็นแนวโน้ม (trend) และฤดูกาล (seasonality) ได้ทำการแบ่งข้อมูลออกเป็นชุดฝึก (training set) และชุดทดสอบ (test set) ตามลำดับเวลา เพื่อประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลองอย่างเหมาะสม จากนั้นดำเนินการปรับแต่งพารามิเตอร์ของแบบจำลอง (hyperparameter tuning) โดยใช้ grid search ในช่วงค่าที่เหมาะสม เพื่อหาแบบจำลองที่ให้ผลการพยากรณ์ดีที่สุดในการปรับแต่งพารามิเตอร์ได้กำหนดช่วงค่าของพารามิเตอร์ที่ต้องการค้นหาดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 พารามิเตอร์ที่ถูกใช้ในการปรับแต่ง

พารามิเตอร์	ช่วงค่าที่ทดลอง
changepoint_prior_scale	0.001, 0.01, 0.05, 0.1, 0.5
seasonality_prior_scale	0.01, 0.1, 1.0, 5.0, 10.0
seasonality_mode	additive, multiplicative
changepoint_range	0.80, 0.85, 0.90, 0.95
n_changepoints	10, 20, 25, 30
yearly_fourier_order	5, 10, 15, 20

หลังจากได้แบบจำลองที่เหมาะสมแล้ว ได้ทำการประเมินผลแบบจำลองโดยเปรียบเทียบค่าที่พยากรณ์ (predicted values) กับค่าจริงในชุดข้อมูลทดสอบ เพื่อวิเคราะห์ความแม่นยำและความสามารถในการ generalization ของแบบจำลอง จากนั้นนำแบบจำลองที่ได้ไปฝึกใหม่โดยใช้ข้อมูลทั้งหมดเพื่อใช้ในการพยากรณ์ระดับทะเลในอนาคต รวมถึงมีการเปรียบเทียบกับแบบจำลองSARIMAX

ในขั้นตอนสุดท้าย ได้ทำการพยากรณ์ระดับทะเลล่วงหน้าเป็นระยะเวลา 2 ปี และวิเคราะห์แนวโน้มของข้อมูลโดยใช้ค่า trend ที่ได้จากแบบจำลอง FBProphetโดยทำการประมาณสมการเชิงเส้นกับค่า trend เพื่อคำนวณอัตราการเปลี่ยนแปลงของระดับทะเลในหน่วยมิลลิเมตรต่อปี ทั้งนี้ การใช้ค่า trend แทนค่า predicted โดยตรงช่วยลดอิทธิพลของการเปลี่ยนแปลงเชิงฤดูกาล และทำให้สามารถตีความแนวโน้มระยะยาวได้อย่างชัดเจนมากยิ่งขึ้น

แหล่งข้อมูล

ข้อมูลระดับทะเลที่ใช้ในการศึกษานี้ได้มาจากฐานข้อมูล Permanent Service for Mean Sea Level ซึ่งเป็นฐานข้อมูลสากลที่รวบรวมข้อมูลระดับทะเลระยะยาวจากสถานีวัดระดับทะเลทั่วโลก โดยดำเนินงานภายใต้ National Oceanography Centre, สหราชอาณาจักรซึ่งมีการตรวจสอบคุณภาพข้อมูลและจัดเก็บข้อมูลในรูปแบบมาตรฐานเพื่อใช้ในงานวิจัยด้านสมุทรศาสตร์และการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

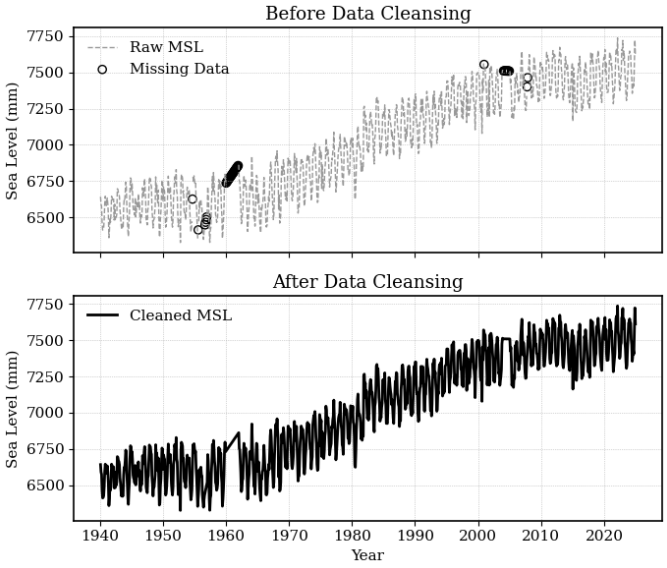
ในการศึกษานี้ ได้เลือกใช้ข้อมูลจากสถานี Fort PhrachulaChomklaoซึ่งตั้งอยู่บริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา จังหวัดสมุทรปราการ ประเทศไทย ที่ ตำแหน่ง Latitude: 13.55°N, Longitude: 100.58°E โดยสถานีดังกล่าวมีความสำคัญเชิงภูมิศาสตร์ของประเทศไทยเนื่องจากตั้งอยู่ในบริเวณจุดเชื่อมต่อระหว่างแม่น้ำและทะเล ซึ่งมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงของระดับทะเลในพื้นที่ชายฝั่ง ข้อมูลที่นำมาใช้เป็นข้อมูลระดับทะเลเฉลี่ยรายเดือนครอบคลุมช่วงเวลาตั้งแต่วันที่ 15 กุมภาพันธ์ ค.ศ. 1940 ถึง 15 ธันวาคม ค.ศ. 2024 (15 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2483 ถึง 15 ธันวาคม พ.ศ. 2567) โดยมีความสมบูรณ์ของข้อมูลประมาณ 96% ซึ่งถือว่าอยู่ในระดับสูง

ผลการวิจัย

การเตรียมข้อมูลและการทำความสะอาดข้อมูล

ข้อมูลระดับทะเลที่ใช้ในการศึกษานี้เป็นข้อมูลรายเดือนจากสถานี Fort PhrachulaChomklaoครอบคลุมช่วงเวลาตั้งแต่ พ.ศ. 2483 ถึง พ.ศ. 2567 ซึ่งเป็นข้อมูลระยะยาวที่มีความสำคัญต่อการวิเคราะห์แนวโน้ม อย่างไรก็ตาม จากการตรวจสอบเบื้องต้นพบว่าข้อมูลมีข้อจำกัดด้านคุณภาพหลายประการ จึงได้ดำเนินการเตรียมและปรับปรุงข้อมูลก่อนนำไปใช้ โดยเริ่มจากการนำเข้าข้อมูลดิบที่ประกอบด้วยตัวแปรหลัก ได้แก่ time, MSL, QC และ flag จากนั้นทำการลบช่องว่างที่ไม่จำเป็น และแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบเชิงตัวเลข พร้อมทั้งจัดการค่าที่หายไปโดยแทนค่าที่ใช้เป็นตัวแทนข้อมูลสูญหาย เช่น -99999 ด้วยค่า NaNเพื่อให้สามารถประมวลผลได้อย่างเหมาะสม ในส่วนของตัวแปรเวลา (time) ซึ่งอยู่ในรูปแบบค่าทศนิยม ได้ทำการแปลงเป็นปีและเดือน โดยใช้วิธีแปลงค่าเศษส่วนให้สอดคล้องกับเดือนในปี และสร้างตัวแปรวันที่ (date) โดยกำหนดให้เป็นวันที่ 15 ของแต่ละเดือน เพื่อใช้เป็นแกนเวลาในการวิเคราะห์

ภายหลังจากการจัดรูปแบบข้อมูล ได้ดำเนินการตรวจสอบและจัดการข้อมูลซ้ำ โดยในกรณีที่พบข้อมูลมากกว่าหนึ่งค่าภายในเดือนเดียวกัน จะใช้ค่าเฉลี่ยเป็นตัวแทนของเดือนนั้น จากนั้นสร้างลำดับข้อมูลรายเดือนให้มีความต่อเนื่องด้วยวิธี re-index เพื่อเติมช่วงเวลาที่ขาดหาย และวิเคราะห์ช่วงของข้อมูลที่สูญหายเพื่อกำหนดแนวทางการเติมค่า โดยใช้วิธีประมาณค่าแบบเชิงเส้นตามเวลา (time-based interpolation) สำหรับช่วงที่ขาดหายระยะสั้น และกำหนดเงื่อนไขไม่ทำการประมาณค่าในกรณีที่ข้อมูลขาดหายเกิน 12 เดือน เพื่อหลีกเลี่ยงความคลาดเคลื่อน สุดท้ายได้สร้างตัวแปร Cleaned MSL และตรวจสอบความสมบูรณ์ของข้อมูลอีกครั้ง พบว่าข้อมูลมีความต่อเนื่อง ไม่มีข้อมูลซ้ำ และมีค่าที่หายไปลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ทำให้มีความพร้อมสำหรับการวิเคราะห์อนุกรมเวลาและการพัฒนาแบบจำลองพยากรณ์ในขั้นตอนถัดไปผลที่ได้ถูกแสดงดังรูปที่ 1



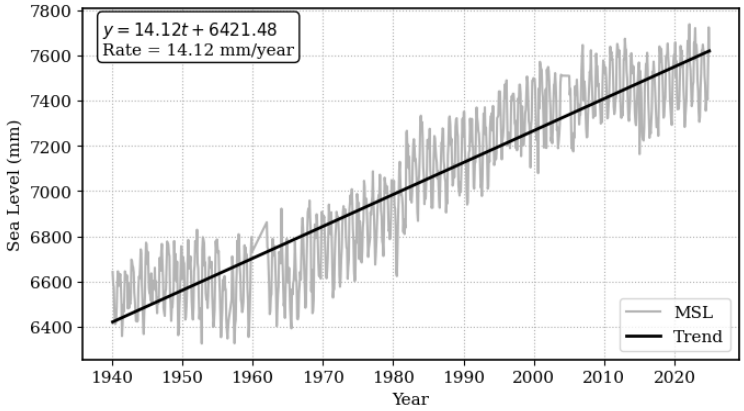
รูปที่ 1 ผลการทำความสะอาดข้อมูล

ผลการศึกษาข้อมูลเชิงสำรวจ

ผลการวิเคราะห์ระดับทะเลปานกลางโดยใช้วิธีLinear Regressionในช่วงปี พ.ศ. 2483–2567ถูกแสดงในรูปที่ 2ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าแนวโน้มของระดับทะเลมีการเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตลอดช่วงเวลาที่ศึกษา โดยสมการเส้นแนวโน้มสามารถเขียนได้ดังสมการที่ 7

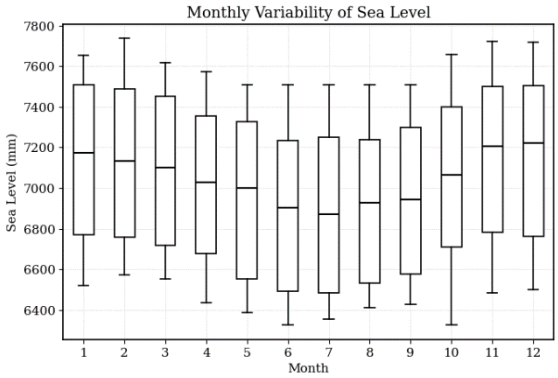
$$y = 14.12t + 6421.48 \quad (7)$$

ซึ่งแสดงให้เห็นว่าอัตราการเพิ่มขึ้นของระดับทะเลเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 14.12 มิลลิเมตรต่อปี แม้ว่าค่าจริงของข้อมูลจะมีความผันผวนตามฤดูกาลและปัจจัยระยะสั้น แต่เส้นแนวโน้มจากแบบจำลองเชิงเส้นสามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงในระยะยาวได้อย่างชัดเจน แสดงให้เห็นถึงการเพิ่มขึ้นของระดับทะเล



รูปที่ 2 ผลการวิเคราะห์ระดับทะเลปานกลาง

สำหรับผลการวิเคราะห์ความแปรผันของระดับทะเลเฉลี่ยรายเดือนถูกแสดงในรูปที่ 3จากรูปแสดงให้เห็นว่าระดับทะเลมีลักษณะการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลอย่างชัดเจน โดยในช่วงต้นปีถึงกลางปีค่ามัธยฐานของระดับทะเลมีแนวโน้มต่ำกว่าช่วงต้นและปลายปี ขณะที่ช่วงต้นและปลายปีระดับทะเลมีค่ามัธยฐานสูงขึ้นอย่างเด่นชัด นอกจากนี้สำหรับช่วงการกระจายของข้อมูลในแต่ละเดือนยังแสดงให้เห็นถึงความผันผวนของระดับทะเล ซึ่งมีความแตกต่างกันในแต่ละช่วงเวลา โดยบางเดือนมีการกระจายกว้าง แสดงถึงความไม่แน่นอนที่สูงขึ้น ผลการวิเคราะห์นี้ชี้ให้เห็นถึงอิทธิพลของปัจจัยฤดูกาลต่อระดับทะเล



รูปที่ 3 ผลการวิเคราะห์ความแปรผันของระดับทะเลเฉลี่ยรายเดือน

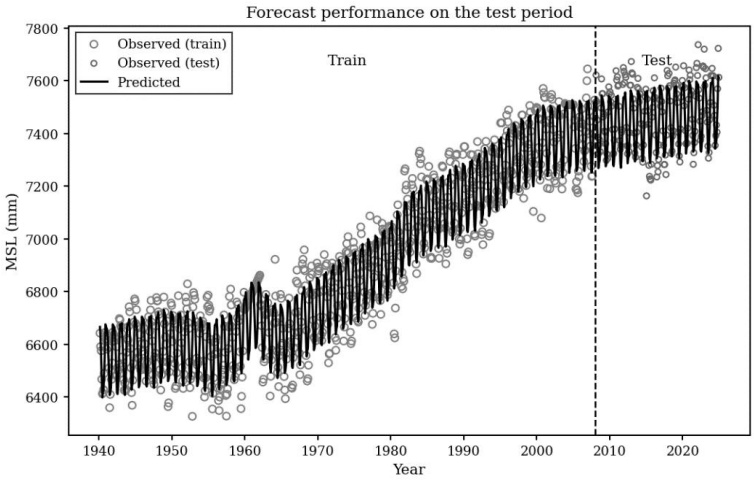
ผลการปรับแต่งพารามิเตอร์ของแบบแบบจำลอง

ก่อนที่จะเข้าสู่ กระบวนการปรับแต่งพารามิเตอร์ของแบบจำลอง หรือ Hyperparameter tuning นั้นข้อมูลที่ถูกแบ่งออกเป็นสองส่วนตามลำดับเวลาเพื่อรักษาลักษณะของข้อมูลอนุกรมเวลา โดยส่วนของข้อมูลฝึก (training set) ครอบคลุมช่วงตั้งแต่วันที่ 15 กุมภาพันธ์ ค.ศ. 1940 ถึงวันที่ 15 ธันวาคม ค.ศ. 2007 รวมทั้งสิ้น 815 จุดข้อมูล ซึ่งถูกนำมาใช้ในการเรียนรู้โครงสร้างของแบบจำลอง ทั้งในด้านแนวโน้มระยะยาวและรูปแบบฤดูกาล ขณะที่ส่วนของข้อมูลทดสอบ (test set) ครอบคลุมช่วงตั้งแต่วันที่ 15 มกราคม ค.ศ. 2008 ถึงวันที่ 15 ธันวาคม ค.ศ. 2024 รวมจำนวน 204 จุดข้อมูล ซึ่งใช้สำหรับประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลองในการพยากรณ์ข้อมูลที่ไม่เคยถูกใช้ในการฝึกมาก่อน

ต่อมาได้ดำเนินการคัดเลือกพารามิเตอร์ของแบบจำลองโดยกำหนดช่วงค่าของพารามิเตอร์ที่มีผลต่อแนวโน้ม (trend) และฤดูกาล (seasonality) ได้แก่ changepoint_prior_scale, seasonality_prior_scale, seasonality_mode, changepoint_range, n_changepointsและ yearly_fourier_orderเพื่อค้นหาค่าที่เหมาะสมผ่านการประเมินแบบเป็นระบบบนข้อมูลที่แบ่งเป็น train และ test ตามลำดับเวลา โดยใช้ตัวชี้วัด RMSE, R^2 และ MAPE ร่วมกับการพิจารณาพฤติกรรมของแบบจำลอง

ผลการทดลองพบว่าชุดพารามิเตอร์ที่เหมาะสมได้แก่ค่าดังนี้ changepoint_prior_scale = 0.05, seasonality_prior_scale = 5.0, yearly_fourier_order = 10, changepoint_range = 0.90 และ n_changepoints = 20 พร้อมกับการใช้ seasonality แบบ additive ซึ่งสามารถหลีกเลี่ยง overfitting ได้อย่างมีประสิทธิภาพ เมื่อประเมินในช่วงข้อมูลทดสอบพบว่าแบบจำลองสามารถติดตามแนวโน้มระยะยาวและรูปแบบฤดูกาลของระดับทะเลเฉลี่ยได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ผลการปรับแต่งถูกแสดงในรูปที่ 4 โดยค่าพยากรณ์มีความสอดคล้องกับข้อมูลจริงทั้งในช่วงฝึกและช่วงทดสอบ แม้จะมีความคลาดเคลื่อนเล็กน้อยในบางช่วงเวลา แต่โดยรวมถือว่าแบบจำลองมีความแม่นยำและเหมาะสมสำหรับใช้เป็น baseline ในการพยากรณ์ในขั้นตอนถัดไปของงานวิจัยนี้

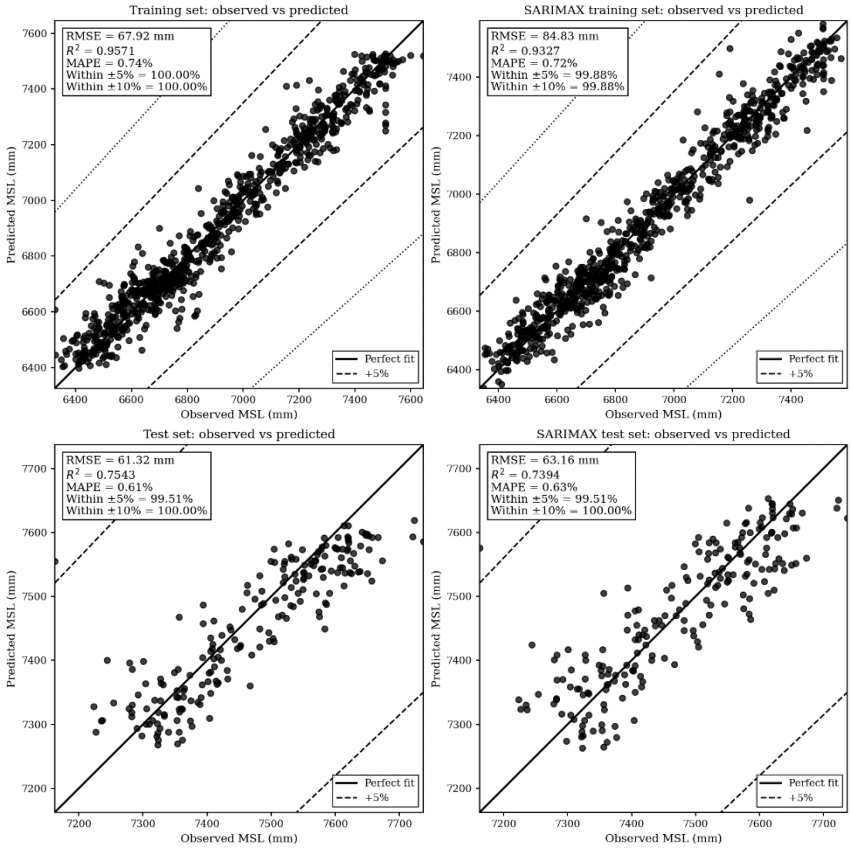


รูปที่ 4 ผลการปรับแต่งพารามิเตอร์ของแบบแบบจำลอง FBProphet

ผลการประเมินความแม่นยำของแบบจำลองจากกราฟเปรียบเทียบค่าจริงกับค่าพยากรณ์ถูกแสดงในรูปที่ 5ในชุดข้อมูลฝึกแสดงให้เห็นได้ว่าทั้งแบบจำลองFBProphetและ SARIMAX ที่ผ่านการปรับแต่งพารามิเตอร์แล้ว สามารถเรียนรู้โครงสร้างของข้อมูลระดับทะเลได้เป็นอย่างดี โดยแบบจำลองFBProphet ให้ค่า RMSE เท่ากับ 67.92 มิลลิเมตร, ค่า R^2=0.9571 และค่า MAPE เท่ากับ 0.74% ขณะที่แบบจำลองSARIMAX ให้ค่า RMSE เท่ากับ 84.83 มิลลิเมตร, ค่า R^2=0.9327 และค่า MAPE เท่ากับ 0.72% แม้ว่า SARIMAX จะมีค่า RMSE สูงกว่าเล็กน้อย แต่ทั้งสองแบบจำลองยังคงแสดงความสามารถในการอธิบายความแปรปรวนของข้อมูลได้ในระดับสูง โดยค่าพยากรณ์ส่วนใหญ่อยู่ภายในช่วงความคลาดเคลื่อน ±5% และ ±10% มากกว่าร้อยละ99 ซึ่งแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพในการเรียนรู้ข้อมูลเชิงเวลาได้อย่างมีนัยสำคัญ

ในส่วนของชุดข้อมูลทดสอบซึ่งใช้ประเมินความสามารถในการทั่วไป (generalization) พบว่าแบบจำลองProphet ให้ค่า RMSE เท่ากับ 61.32 มิลลิเมตร, ค่า R2=0.7543 และค่า MAPE เท่ากับ 0.61% ขณะที่ SARIMAX ให้ค่า RMSE เท่ากับ 63.16 มิลลิเมตร, ค่า R2=0.7394 และค่า MAPE เท่ากับ 0.63% โดยค่าความคลาดเคลื่อนของทั้งสองแบบจำลองอยู่ในระดับใกล้เคียงกัน และค่าพยากรณ์ยังคงกระจายตัวใกล้เส้น perfect fit อย่างต่อเนื่อง นอกจากนี้ค่าพยากรณ์มากกว่า 99% ยังคงอยู่ภายในช่วง ±5% และทั้งหมดอยู่ภายในช่วง ±10% ซึ่งแสดงถึงความแม่นยำของแบบจำลองในการพยากรณ์ข้อมูลที่ไม่เคยเห็นมากก่อน

โดยรวมเห็นได้ว่า FBProphet มีแนวโน้มให้ความแม่นยำสูงกว่าเล็กน้อยเมื่อพิจารณาจากค่า RMSE และค่า R^2 ทั้งในชุดข้อมูลฝึกและทดสอบ ซึ่งอาจเกิดจากความสามารถในการจัดการกับแนวโน้มที่เปลี่ยนแปลง (trend) และรูปแบบที่ไม่เป็นเชิงเส้นได้ดีกว่า ในขณะที่แบบจำลอง SARIMAX ซึ่งเป็นแบบจำลองเชิงสถิติแบบดั้งเดิมยังคงให้ผลลัพธ์ที่มีความใกล้เคียงและมีความน่าเชื่อถือในระดับสูง ดังนั้นทั้งสองแบบจำลองจึงมีศักยภาพในการนำไปใช้พยากรณ์ข้อมูลระดับทะเลได้อย่างมีประสิทธิภาพ



(ก) (ข)

รูปที่ 5 ผลการประเมินแบบจำลอง (ก) FBProphet (ข) SARIMAX

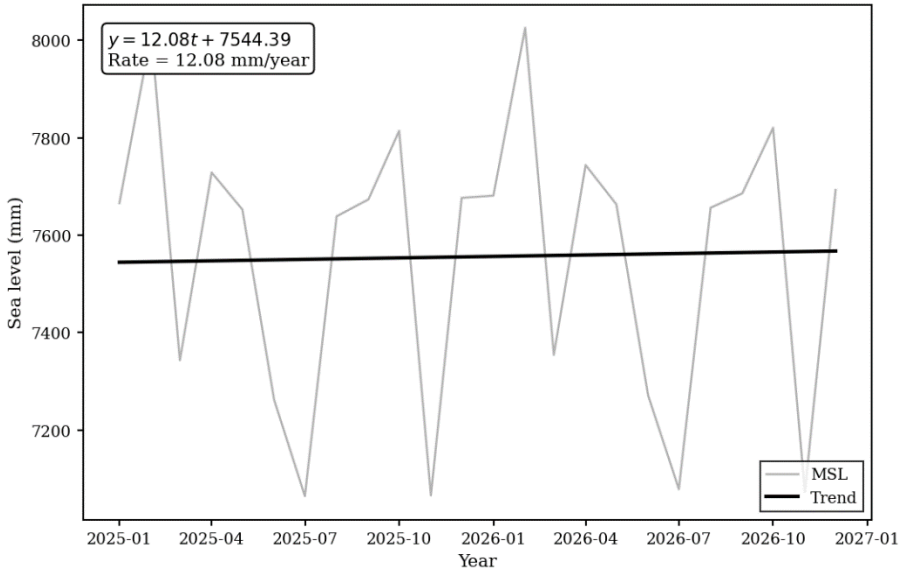
ผลการพยากรณ์ล่วงหน้า 2 ปีสำหรับ FBProphet

ผลการพยากรณ์ในงานวิจัยนี้ถูกแสดงในรูปที่ 6 โดยFBProphetนั้นให้ค่า$y(t)$หรือ yhatซึ่งเกิดจากการรวมองค์ประกอบหลัก ได้แก่ แนวโน้ม, องค์ประกอบเชิงฤดูกาลและความคลาดเคลื่อน ตามรูปแบบดังสมการ (1) โดยลักษณะของ$y(t)$จะมีการแกว่งขึ้นลงตามฤดูกาลอย่างชัดเจนจากอิทธิพลของปัจจัยธรรมชาติ เช่น มรสุมและระดับน้ำขึ้น-ลง ดังนั้นเพื่อหลีกเลี่ยงผลกระทบจากความผันผวนเชิงฤดูกาล งานวิจัยจึงเลือกใช้เฉพาะองค์ประกอบแนวโน้ม$g(t)$ในการวิเคราะห์ และทำการประมาณสมการเชิงเส้นเพิ่มเติมในช่วงการพยากรณ์ 2 ปี ได้ดังสมการที่ 8

$$y = 12.08t + 7544.39 \quad (8)$$

จากสมการแสดงถึงอัตราการเพิ่มขึ้นของระดับทะเลประมาณ 12.08 มิลลิเมตรต่อปี โดยมีลักษณะของเส้นแนวโน้มเป็นเส้นตรง จากนั้นเมื่อพิจารณาผลการพยากรณ์ในช่วงเวลา 2 ปี พบว่าระดับทะเลมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นรวมประมาณ 24.16 มิลลิเมตร ทั้งนี้ เมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาของ Taninpong et al. (2021) ในพื้นที่อ่าวอุดม จังหวัดชลบุรี ซึ่งรายงานอัตราการเพิ่มขึ้นสูงถึง 19.19 มิลลิเมตรต่อปี พบว่าพื้นที่ป้อมพระจุลจอมเกล้ามีอัตราการเพิ่มขึ้นต่ำกว่า โดยความแตกต่างนี้อาจเกิดจากปัจจัยด้านภูมิประเทศชายฝั่ง การทรุดตัวของแผ่นดิน และอิทธิพลของกิจกรรมมนุษย์ที่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตามแนวโน้ม

การเพิ่มขึ้นที่ประมาณ 12.08 มิลลิเมตรต่อปียังคงมีความสำคัญต่อการวางแผนและการบริหารจัดการพื้นที่ชายฝั่งในระยะยาว เนื่องจากผลกระทบสามารถสะสมและส่งผลต่อระบบนิเวศและโครงสร้างพื้นฐานได้อย่างมีนัยสำคัญในอนาคต



รูปที่ 6 ผลการพยากรณ์ล่วงหน้า 2 ปี โดย FBProphet

อภิปรายผลการวิจัย

ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าแบบจำลอง FBProphet มีความเหมาะสมในการพยากรณ์ระดับทะเลสำหรับข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีทั้งแนวโน้มระยะยาวและความผันผวนเชิงฤดูกาล โดยโครงสร้างของแบบจำลองสามารถแยกองค์ประกอบหลักของข้อมูลออกเป็นแนวโน้มและฤดูกาลได้อย่างชัดเจน ส่งผลให้สามารถอธิบายพฤติกรรมของข้อมูลได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้การปรับแต่งพารามิเตอร์ของแบบจำลองช่วยให้สามารถหลีกเลี่ยงปัญหา overfitting ได้ ทำให้แบบจำลองมีความแม่นยำสูงในชุดข้อมูลฝึก และยังคงรักษาระดับความแม่นยำได้ดีในชุดข้อมูลทดสอบ ซึ่งส่งผลให้มีศักยภาพเพียงพอในการนำไปประยุกต์ใช้กับข้อมูลจริงได้อย่างเหมาะสม

เมื่อเปรียบเทียบกับแบบจำลองSARIMAX ซึ่งได้มีการปรับแต่งพารามิเตอร์อย่างเป็นระบบ พบว่าทั้งสองแบบจำลองให้ผลลัพธ์ที่มีความใกล้เคียงกันในเชิงความแม่นยำ โดย SARIMAX สามารถอธิบายโครงสร้างของข้อมูลเชิงเวลาได้ดีในเชิงสถิติและให้ค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ในระดับต่ำ อย่างไรก็ตาม แบบจำลองFBProphetแสดงแนวโน้มให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าเล็กน้อย โดยเฉพาะในกรณีที่ข้อมูลมีลักษณะไม่เป็นเชิงเส้นหรือมีการเปลี่ยนแปลงของแนวโน้มในช่วงเวลา ซึ่งแสดงให้เห็นได้ว่า FBProphet สามารถจัดการกับข้อมูลที่มีโครงสร้างซับซ้อนและไม่เป็นเชิงเส้น ในขณะที่ SARIMAX แม้จะมีข้อได้เปรียบในด้านการตีความเชิงพารามิเตอร์ แต่ยังมีข้อจำกัดในการรองรับความไม่เป็นเชิงเส้นของข้อมูลเมื่อเทียบกับ FBProphet

ความแตกต่างด้านประสิทธิภาพระหว่าง FBProphetและ SARIMAX สามารถอธิบายได้จากความแตกต่างเชิงโครงสร้างของแบบจำลองกล่าวคือ SARIMAX อาศัยสมมติฐานว่าข้อมูลมีโครงสร้างเชิงเส้นและมีฤดูกาลคงที่ตลอดช่วงเวลา ซึ่งอาจไม่สอดคล้องกับข้อมูลระดับทะเลระยะยาวที่มีการเปลี่ยนแปลงอัตราการเพิ่มขึ้นในบางช่วงในทางตรงกันข้าม FBProphetใช้กลไก changepoints ในการตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของแนวโน้ม ณ จุดต่าง ๆ ตลอดช่วงเวลา ทำให้สามารถปรับตัวรับกับ

การเปลี่ยนแปลงของระดับทะเลที่เกิดจากปัจจัยระยะยาว เช่น การทรุดตัวของแผ่นดิน หรือการเปลี่ยนแปลงของกระแสน้ำในอ่าวไทยได้ดีกว่า นอกจากนี้ การใช้ Fourier series ในการจำลองฤดูกาลของ FBProphetยังมีความยืดหยุ่นมากกว่าโครงสร้าง seasonal AR/MA ของ SARIMAX ทำให้สามารถจับรูปแบบฤดูกาลที่ซับซ้อนของระดับทะเลซึ่งได้รับอิทธิพลจากทั้งมรสุมและน้ำขึ้นน้ำลงได้อย่างแม่นยำ

เมื่อวิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนของแบบจำลองFBProphetเพิ่มเติมพบว่าค่า RMSE ในชุดข้อมูลทดสอบ (61.32 มม.) ต่ำกว่าในชุดข้อมูลฝึก (67.92 มม.) ซึ่งบ่งชี้ว่าแบบจำลองไม่มีปัญหา overfitting และมีความสามารถในการ generalization ที่ดี อย่างไรก็ตาม ค่า R^2 ในชุดทดสอบ (0.7543) ลดลงจากชุดฝึก (0.9571) อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งสะท้อนว่าในช่วงปี พ.ศ. 2551–2567 ระดับทะเลมีความผันผวนเพิ่มขึ้น อาจเนื่องมาจากผลกระทบของ ENSO (El Niño–Southern Oscillation) และปรากฏการณ์ทางมหาสมุทรที่ไม่สามารถจำลองได้จากข้อมูลอนุกรมเวลาตัวแปรเดียว สำหรับค่า MAPE ที่ต่ำกว่า 1% ทั้งในชุดฝึกและทดสอบ แสดงให้เห็นว่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์มีขนาดเล็กมากเมื่อเทียบกับค่าระดับทะเลจริงซึ่งยืนยันความเหมาะสมของแบบจำลองสำหรับการพยากรณ์ในบริบทนี้

ในด้านการวิเคราะห์แนวโน้มระยะยาว พบว่าระดับทะเลบริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยมีอัตราการเพิ่มขึ้นประมาณ 12.08 มิลลิเมตรต่อปี ซึ่งแม้จะดูไม่สูงในระยะสั้น แต่มีนัยสำคัญในระยะยาว เนื่องจากการเพิ่มขึ้นดังกล่าวสามารถสะสมและก่อให้เกิดผลกระทบต่อพื้นที่ชายฝั่ง โครงสร้างพื้นฐาน และระบบนิเวศโดยรอบได้อย่างต่อเนื่อง ดังนั้น ผลการศึกษานี้จึงมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการวางแผนและการบริหารจัดการพื้นที่ชายฝั่ง โดยผลการพยากรณ์และอัตราการเพิ่มขึ้นของระดับทะเลที่ได้จากแบบจำลองFBProphetสามารถนำไปใช้สนับสนุนการตัดสินใจเชิงนโยบายได้อย่างเป็นรูปธรรมใน 3 ด้านหลัก ด้านแรกคือการบริหารจัดการความเสี่ยงน้ำท่วมชายฝั่ง โดยอัตราการเพิ่มขึ้น 12.08 มิลลิเมตรต่อปีสามารถนำไปใช้ในการกำหนดระดับความสูงของโครงสร้างป้องกันน้ำท่วมเช่นคันกั้นน้ำและประตูระบายน้ำในพื้นที่กรุงเทพมหานครและปริมณฑล ซึ่งมีความเสี่ยงสูงจากปรากฏการณ์ทะเลหนุน ด้านที่สองคือการวางแผนการใช้ที่ดินชายฝั่ง โดยแนวโน้มระดับทะเลที่ได้จากแบบจำลองสามารถนำไปประกอบการกำหนดเขตพื้นที่เสี่ยงภัย และการวางแผนการถอยร่น (managed retreat) สำหรับชุมชนชายฝั่งที่มีความเปราะบางสูง ด้านที่สามคือการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ โดยข้อมูลแนวโน้มระดับทะเลระยะยาวสามารถบูรณาการเข้ากับแผนการปรับตัวของประเทศ (National Adaptation Plan) และการวางแผนโครงสร้างพื้นฐานที่คำนึงถึงผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในระยะ 20–50 ปีข้างหน้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาสามารถสรุปได้ว่า FBProphetมีความสามารถในการพยากรณ์ระดับทะเลได้อย่างเหมาะสม การปรับแต่งพารามิเตอร์ช่วยให้แบบจำลองอธิบายโครงสร้างของข้อมูลได้ดี ลดปัญหา overfitting และยังคงรักษาความแม่นยำได้ทั้งในชุดข้อมูลฝึกและชุดทดสอบผลการพยากรณ์ยังแสดงให้เห็นว่าระดับทะเลบริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในระยะยาว โดยมีอัตราการเพิ่มขึ้นประมาณ 12.08 มิลลิเมตรต่อปี ซึ่งแม้จะดูไม่สูงในระยะสั้น แต่มีนัยสำคัญต่อการวางแผนบริหารจัดการพื้นที่ชายฝั่งและการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในระยะยาว

อย่างไรก็ตามงานวิจัยนี้มีข้อจำกัดที่ควรพิจารณาในการนำผลไปใช้ ประการแรกการศึกษานี้ใช้ข้อมูลจากสถานีวัดระดับทะเลเพียงสถานีเดียวคือสถานีป้อมพระจุลจอมเกล้า บริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา ผลการพยากรณ์จึงสะท้อนเฉพาะพื้นที่ดังกล่าว และอาจไม่สามารถนำไปอ้างอิงแทนสถานีอื่น ๆ ในอ่าวไทยได้โดยตรง เนื่องจากแต่ละพื้นที่มีปัจจัยเฉพาะที่

แตกต่างกัน เช่น อัตราการทรุดตัวของแผ่นดินและพลวัตของกระแสน้ำชายฝั่ง ประการที่สองเนื่องจากแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นเป็นแบบจำลองอนุกรมเวลาตัวแปรเดียวจึงไม่ได้รวมปัจจัยภูมิอากาศและสมุทรศาสตร์อื่นที่มีอิทธิพลต่อระดับทะเลเช่น อุณหภูมิผิวทะเล ความดันบรรยากาศ และปรากฏการณ์ ENSO ซึ่งอาจส่งผลให้ความแม่นยำของการพยากรณ์มีข้อจำกัดในช่วงที่เกิดความผันผวนผิดปกติทางสภาพภูมิอากาศ สำหรับงานวิจัยในอนาคต ควรขยายการศึกษาไปยังสถานีวัดหลายแห่งทั่วอ่าวไทยและพิจารณานำตัวแปรภูมิอากาศเข้ามารวมในแบบจำลองเพื่อเพิ่มความครอบคลุมและความแม่นยำของการพยากรณ์ต่อไป

เอกสารอ้างอิง

ราชบัณฑิตยสถาน. (2550). ระดับทะเลปานกลาง. ค้นเมื่อ 19 มีนาคม 2569. http://legacy.orst.go.th/?knowledges=%E0%B8%A3%E0%B8%B0%E0%B8%94%E0%B8%B1%E0%B8%9A%E0%B8%97%E0%B8%B0%E0%B9%80%E0%B8%A5%E0%B8%9B%E0%B8%B2%E0%B8%99%E0%B8%81%E0%B8%A5%E0%B8%B2%E0%B8%87

Box G.E.P., Jenkins G.M., Reinsel G.C. and Ljung G.M. (2015). Time series analysis: Forecasting and control. 5th Edition. Wiley: New York.

Church J.A., Clark P.U., Cazenave A., Gregory J.M., Jevrejeva S., Levermann A. and Unnikrishnan A.S. (2013). Sea-level rise by 2100. Science. 342(6165): 1445–1445.

Hastie T., Tibshirani R. and Friedman J. (2009). The elements of statistical learning: Data mining, inference, and prediction. 2nd Edition. Springer: New York.

Nicholls R.J. and Cazenave A. (2010). Sea-level rise and its impact on coastal zones. Science. 328(5985): 1517–1520.

Permanent Service for Mean Sea Level (PSMSL). (2024). PSMSL tide gauge data. Accessed 1 Jan. 2025. https://www.psmsl.org/data/obtaining/

Phien-wej N., Giao P.H. and Nutalaya P. (2006). Land subsidence in Bangkok, Thailand. Engineering Geology. 82(4): 187–201.

Pongsiri N., McNeil R. and Chuai-Aree S. (2020). Trends in tidal levels and mean sea level in the Gulf of Thailand. Ocean Science Journal. 55(4): 495–503.

Singkran N. and Kandasamy J. (2016). Developing a strategic flood risk management framework for Bangkok, Thailand. Natural Hazards. 84(2): 933–957.

Sojisuporn P., Sangmanee C. and Wattayakorn G. (2013). Recent estimate of sea-level rise in the Gulf of Thailand. Maejo International Journal of Science and Technology. 7: 106–113.

Taninpong P., Minsan W., Thumrongnavasawat S. and Luangdang K. (2021). Trend analysis of sea level change in the Gulf of Thailand. Srinakharinwirot Science Journal. 37(2): 64–77.

Taylor S.J. and Letham B. (2018). Forecasting at scale. The American Statistician. 72(1): 37–45.

Vongvisessomjai S. (2006). Will sea-level really fall in the Gulf of Thailand? Songklanakarin Journal of Science and Technology. 28(2): 227–248.

การพัฒนาระบบบันทึกการเข้าเรียนโดยใช้เทคโนโลยี RFID ร่วมกับ Power Apps
Developing An Enrollment Recording System Using RFID Technology inCollaboration with Power Apps

ธัญญเรศ วงศ์สุวรรณ์[1*] ปิยะรักษ์ เนตรจุ้ย[1]บุญชัย แซ่สิ้ว[1] และณัฐธยาน์ โสกุล[1]
Thanyaret Wongsuwan[1*], Piyarak Nedjvey[1],Bunchai Sae – Sio[1] and Nattaya Sokul[1]

[1]วิทยาลัยวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์ กรุงเทพมหานคร*
[1]College of Engineering and Technology, Dhurakij Pundit University, Bangkok*
[*]Corresponding Author E-mail Address : dreammean1@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและปรับปรุงกระบวนการเช็คชื่อของนักศึกษา โดยใช้แนวคิดการศึกษาการทำงานและแนวคิดลีน เพื่อวิเคราะห์และลดกิจกรรมที่ไม่ก่อให้เกิดคุณค่า รวมถึงพัฒนาระบบบันทึกการเข้าเรียนโดยใช้เทคโนโลยี RFID ร่วมกับ Power Apps กลุ่มตัวอย่างในการทดลองในการวิจัยครั้งนี้จำนวน 38 คน โดยเก็บข้อมูลระยะเวลาในการเช็คชื่อแบบเดิมโดยการเรียกชื่อจำนวน 6 คาบเรียน ผลการศึกษาพบว่าเวลามาตรฐานเท่ากับ 4.15นาที แยกเป็นกิจกรรมมีคุณค่าร้อยละ 94.78 และกิจกรรมที่ไม่มีคุณค่าที่ไม่จำเป็นต้องทำ ร้อยละ 4.19ภายหลังการพัฒนาระบบสามารถลดเวลาเหลือ 2.13 นาทีต่อคาบเรียน คิดเป็นการลดลงร้อยละ 2.37 ส่งผลให้สามารถจัดกิจกรรมการเรียนการสอนได้เต็มประสิทธิภาพ อีกทั้งยังช่วยเพิ่มความถูกต้องของข้อมูล ลดความผิดพลาดจากมนุษย์ และสามารถบันทึกข้อมูลแบบเรียลไทม์ได้ ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานด้านรูปแบบการนำเสนอข้อมูล ด้านความง่ายในการใช้งาน และด้านความทันเวลามีค่าเฉลี่ย 4.8อยู่ในระดับมากที่สุด แสดงให้เห็นว่าระบบสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการบริหารจัดการชั้นเรียนได้อย่างมีนัยสำคัญ

คำสำคัญ: อาร์เอฟไอดี พาวเวอร์แอป การบันทึกการเข้าเรียน การศึกษาการทำงาน การลดความสูญเปล่า

Abstract

The purpose of this research is to study and improve the student's name check process. By using workstudyand lean concepts to analyze and reduce non-value activities the study also includes the of an enrollment recording system using RFID technology in collaboration with Power Apps, a sample of 38 people in this research experiment.When checking the original name by calling the name 6 lessons.The results revealed that the standard time of the original process was 4.15 minutes per class period, consisting of 94.78% value-added activities and 4.19% unnecessary non-value-added activities. After the implementation of the

developed system, the attendance-checking time was reduced to 2.13 minutes per class period, representing a reduction of 48.67%. This improvement enabled more effective utilization of classroom teaching time. Furthermore, the system enhanced data accuracy, reduced human error, and provided real-time data recording capabilities. The user satisfaction evaluation regarding information presentation, ease of use, and timeliness yielded an average score of 4.80, indicating the highest level of satisfaction. The findings demonstrate that the developed system can significantly improve classroom management efficiency.

Keywords: RFID, Power Apps, Attendance Tracking, Work Study, Waste Reduction

บทนำ

ในยุคดิจิทัลปัจจุบัน เทคโนโลยีสารสนเทศและนวัตกรรมดิจิทัลได้เข้ามามีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาระบบบริหารจัดการในทุกภาคส่วนโดยเฉพาะภาคการศึกษา ซึ่งต้องปรับตัวให้สอดคล้องกับสังคมฐานความรู้และการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วของโลกยุคใหม่ การบริหารสถานศึกษาในบริบทดังกล่าวจึงจำเป็นต้องอาศัยระบบข้อมูลที่มีความถูกต้อง รวดเร็ว และสามารถตรวจสอบย้อนหลังได้ เพื่อสนับสนุนการตัดสินใจเชิงบริหารอย่างมีประสิทธิภาพและโปร่งใส (มลฤดี เพ็งสง่า และมัทนา วังถนอมศักดิ์, 2566) การจัดเก็บและบริหารข้อมูลนักศึกษา เช่น ข้อมูลการเข้าเรียน ผลการเรียน การเข้าร่วมกิจกรรม และพฤติกรรมการเรียนรู้ถือเป็นองค์ประกอบสำคัญที่สะท้อนคุณภาพของการจัดการศึกษา ข้อมูลดังกล่าวไม่เพียงใช้เพื่อการวัดและประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเท่านั้น แต่ยังเป็นฐานข้อมูลสำคัญในการวางแผนพัฒนาผู้เรียนรายบุคคล และสนับสนุนการกำหนดแนวทางพัฒนาคุณภาพสถานศึกษาในภาพรวม (สุจิตรา สุฉันทบุตร, 2559) นอกจากนี้ แนวคิดด้านการบริหารองค์กรทางการศึกษาในยุคดิจิทัลยังเน้นย้ำถึงความสำคัญของการบูรณาการเทคโนโลยีเข้ากับระบบงานภายในองค์กรอย่างเป็นระบบ โดยเชื่อมโยงข้อมูลจากหลายส่วนเข้าสู่ฐานข้อมูลกลาง เพื่อให้สามารถนำข้อมูลมาวิเคราะห์เชิงลึกและใช้ประกอบการตัดสินใจเชิงนโยบายได้อย่างเหมาะสม อันจะนำไปสู่การยกระดับประสิทธิภาพการบริหารจัดการและการพัฒนาคุณภาพการศึกษาอย่างยั่งยืน (ปณุ ณิฐฐา มาเชค, 2565)

จากการสำรวจกิจกรรมการสอนของสถานศึกษาที่เป็นที่กรณีศึกษา พบว่า กระบวนการตรวจสอบการเข้าเรียนของนักศึกษาในปัจจุบันยังคงใช้วิธีการในการเรียกชื่อทีละคนการลงลายมือชื่อในเอกสารกระดาษ หรือการนำข้อมูลไปบันทึกซ้ำภายหลังในโปรแกรม Microsoft Excel วิธีการเหล่านี้แม้สามารถใช้งานได้จริง แต่ก่อให้เกิดข้อจำกัดหลายประการ เช่น ใช้ระยะเวลานานในแต่ละคาบเรียน เพิ่มภาระงานของผู้สอน และอาจเกิดความผิดพลาดจากการบันทึกข้อมูลซ้ำหรือข้อมูลคลาดเคลื่อน โดยเฉพาะในรายวิชาที่มีระยะเวลาเรียนจำกัดเพียง 90 นาที โดยทั่วไปจะมีการเช็คชื่อต้นคาบประมาณ 2.59 นาที และเช็คชื่อท้ายคาบอีก 1.54 นาที จากนั้นจึงเข้าสู่ขั้นตอนการอธิบายวัตถุประสงค์ของบทเรียน นำเสนอเนื้อหา อธิบายแบบฝึกหัดและสรุปสาระสำคัญในช่วงท้ายคาบ จากการวิเคราะห์กิจกรรมภายในคาบเรียนพบว่า มีกิจกรรมการเช็คชื่อนักศึกษาเป็นกิจกรรมที่ไม่มีคุณค่า แต่จำเป็นที่จะต้องทำ คิดเป็นร้อยละ 11.11 ของเวลาทั้งหมด ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงโอกาสในการปรับปรุงประสิทธิภาพการบริหารเวลาในชั้นเรียน ดังนั้นผู้จัดทำโครงงานจึงมีความสนใจในการประยุกต์ใช้เทคโนโลยี RFID (Radio Frequency Identification) ร่วมกับแอปพลิเคชัน Power Apps เพื่อลดความสูญเปล่าของกิจกรรมดังกล่าว

วัตถุประสงค์

1.เพื่อศึกษากิจกรรมที่เกิดขึ้นในห้องเรียน โดยใช้ในคิดการวิเคราะห์กิจกรรมแบบลีน

2. เพื่อลดกิจกรรมที่ไม่มีคุณค่าแต่จำเป็นจะต้องทำ

3. เพื่อพัฒนาระบบตรวจสอบการเข้าเรียนโดยใช้เทคโนโลยี RFID ร่วมกับ Power Apps

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถลดระยะเวลาในการตรวจสอบการเข้าเรียนภายในคาบเรียน ซึ่งเป็นกิจกรรมที่ไม่มีคุณค่าแต่จำเป็นจะต้องทำ ส่งผลให้สามารถใช้เวลาการเรียนการสอนได้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด

2. เป็นแนวทางในการนำเทคโนโลยี Low code (Power Apps) มาประยุกต์ใช้ในสถานศึกษา เพื่อตอบโจทย์การเป็น Smart Classroom

3. มีระบบสารสนเทศที่มีความน่าเชื่อถือ เพื่อใช้ประกอบการวิเคราะห์พฤติกรรมที่เกิดขึ้นได้อย่างทันท่วงที เช่น อัตราการเข้าเรียน ความสม่ำเสมอ แนวโน้มการขาดเรียน หรือค่าเฉลี่ยเวลาสายของนักศึกษา

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

การศึกษาข้อมูลเบื้องต้น

จากการศึกษากิจกรรมในห้องเรียน ผู้วิจัยนำขั้นตอนทั้งหมดมาวิเคราะห์กิจกรรมตามแนวคิดการศึกษาการทำงาน (Work Study) ซึ่งเป็นแนวคิดในวิศวกรรมอุตสาหการที่มุ่งเน้นการแยกกิจกรรมออกเป็นส่วนย่อย (รัชต์วรรณ กาญจนาปัญญาคม, 2562) เพื่อพิจารณาว่ากิจกรรมใดสร้างคุณค่า และกิจกรรมใดไม่สร้างคุณค่าในกระบวนการ (วิโรจน์ ลักขณาอดิศร, 2552) การวิเคราะห์ในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อให้เห็นภาพชัดเจนว่าภายใน 1 คาบเรียน กิจกรรมใดเป็น “แกนหลักของการเรียนรู้” และกิจกรรมใดเป็นเพียงกิจกรรมสนับสนุนที่จำเป็น และกิจกรรมไม่ได้เพิ่มคุณค่าทางวิชาการโดยตรง

1. กิจกรรมที่ก่อให้เกิดคุณค่า (Value Added Activity)กิจกรรมที่จัดอยู่ในกลุ่มนี้ คือกิจกรรมที่ส่งผลโดยตรงต่อผลลัพธ์การเรียนรู้ของนักศึกษา ไม่ว่าจะเป็นการเพิ่มความเข้าใจเชิงทฤษฎี การฝึกทักษะการคิดวิเคราะห์ หรือการประยุกต์ใช้ความรู้ในสถานการณ์จริงผ่านกรณีศึกษา และแบบฝึกหัด

2. กิจกรรมที่ไม่ก่อให้เกิดคุณค่า (Non–Value Added Activity) ในส่วนนี้สามารถแยกย่อยได้ออกเป็น 2 กิจกรรม คือกิจกรรมที่ไม่มีคุณค่าแต่จำเป็นต้องทำ และกิจกรรมที่ไม่มีคุณค่าไม่จำเป็นต้องทำ

2.1 กิจกรรมที่ไม่มีคุณค่าแต่จำเป็นต้องทำ กิจกรรมในกลุ่มนี้เป็นกิจกรรมที่ไม่ได้สร้างคุณค่าทางการเรียนรู้โดยตรง แต่ยังคงต้องดำเนินการเพื่อให้การจัดการชั้นเรียนเป็นไปอย่างมีระเบียบและสามารถติดตามข้อมูลได้อย่างถูกต้อง ตัวอย่างเช่น การเรียกชื่อนักศึกษา และการบันทึกสถานะการเข้าเรียนของนักศึกษา ขั้นตอนเหล่านี้มีหน้าที่ในการตรวจสอบและยืนยันการเข้าเรียน แม้ว่าจะไม่ได้ช่วยเพิ่มความเข้าใจในเนื้อหาบทเรียนโดยตรงก็ตาม

2.2 กิจกรรมที่ไม่มีคุณค่าและไม่จำเป็นต้องทำ กิจกรรมในกลุ่มนี้เป็นกิจกรรมที่ไม่ได้ก่อให้เกิดคุณค่าทางการเรียนรู้ และยังสามารถลดหรือปรับปรุงให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นได้ เนื่องจากมักเกิดจากความซ้ำซ้อนหรือขั้นตอนที่ใช้เวลามากเกินความจำเป็น เช่น การเรียกชื่อซ้ำหลายครั้งโดยไม่จำเป็น การรอการตอบรับเป็นเวลานาน หรือขั้นตอนการบันทึกข้อมูลที่มีความซ้ำซ้อน เพื่อลดขั้นตอนที่ไม่จำเป็นและเพิ่มประสิทธิภาพของการจัดการเรียนการสอน โดยมีรายละเอียดของกิจกรรมแต่ละประเภทแสดงไว้ในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การจำแนกประเภทกิจกรรมในคาบเรียน

ลำดับ	กิจกรรม	ประเภทกิจกรรม	ลักษณะกิจกรรม	การวิเคราะห์เชิงคุณค่า	เวลา (นาที)
1	เตรียมเช็คชื่อ	NVA (จำเป็น)	เตรียมรายชื่อและเอกสารสำหรับตรวจสอบการเข้าเรียน	เป็นขั้นตอนเตรียมความพร้อมก่อนเริ่มคาบเรียน ไม่เกี่ยวกับการเรียนรู้โดยตรง	0.30
2	เรียกชื่อนักศึกษาต้นคาบ	NVA (จำเป็น)	ผู้สอนเรียกชื่อเพื่อตรวจสอบการเข้าเรียน	เป็นกิจกรรมตรวจสอบการเข้าเรียน ใช้เวลาแต่ไม่สร้างความรู้	1.20
3	นักศึกษาตอบรับชื่อ	NVA (จำเป็น)	นักศึกษาตอบรับเพื่อยืนยันตัวตน	เป็นเพียงการยืนยันการเข้าเรียน ไม่เกี่ยวกับเนื้อหาการเรียน	0.60
4	ผู้สอนบันทึกการเข้าเรียน	NVA (จำเป็น)	บันทึกสถานะการเข้าเรียนลงในเอกสาร	เป็นขั้นตอนจัดเก็บข้อมูล ไม่เพิ่มคุณค่าทางวิชาการ	0.36
5	แจ้งวัตถุประสงค์บทเรียน	VA	อธิบายเป้าหมายของบทเรียน	ช่วยให้นักศึกษาเข้าใจทิศทางการเรียนรู้	5
6	สอนทฤษฎี	VA	ถ่ายทอดเนื้อหาและแนวคิดหลัก	เป็นกิจกรรมหลักที่สร้างความรู้	38
7	อธิบายแบบฝึกหัด/กรณีศึกษา	VA	อธิบายวิธีทำและแนวทางการแก้ปัญหา	ช่วยพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์	10
8	ให้นักศึกษาลงมือทำแบบฝึกหัด	VA	ลงมือปฏิบัติจริง	ช่วยฝึกการประยุกต์ใช้ความรู้	20
9	สรุปเนื้อหาการเรียน	VA	สรุปประเด็นสำคัญ	ช่วยทบทวนและเสริมความเข้าใจ	12.30
10	เรียกชื่อนักศึกษาท้ายคาบ	NVA (จำเป็น)	เรียกชื่อซ้ำสำหรับผู้ที่ไม่ตอบรับต้นคาบ	เป็นขั้นตอนเพิ่มเติมที่เพิ่มเวลาในการตรวจสอบ	0.50
11	บันทึกเข้าเรียนสาย	NVA (จำเป็น)	บันทึกนักศึกษาที่ไม่มาเรียน	เป็นการจัดการข้อมูลการเข้าเรียน	0.40
12	บันทึกการขาดเรียน	NVA (จำเป็น)	บันทึกนักศึกษาที่ไม่มาเรียน	ใช้สำหรับการควบคุมข้อมูลการเข้าเรียน	1.34
			รวม		90

จากตารางที่ 1 การวิเคราะห์กิจกรรมภายใน 1 คาบเรียน ซึ่งมีระยะเวลารวมทั้งหมด 90 นาที มีกิจกรรมย่อยทั้งหมด 12 กิจกรรม สามารถแบ่งประเภทกิจกรรมที่มีคุณค่า และกิจกรรมที่ไม่มีคุณค่าแต่ไม่จำเป็นต้องทำดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 สรุปประเภทกิจกรรมในคาบเรียน

ประเภท	เวลา	เปอร์เซ็นต์
มีคุณค่า	85.30	94.78%
ไม่มีคุณค่า แต่จำเป็นต้องทำ	4.70	5.22%
รวม	90	100%

จากตารางที่ 2 กิจกรรมส่วนใหญ่เป็นกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการเรียนการสอนโดยตรง เช่น การอธิบายเนื้อหาทฤษฎี การอธิบายแบบฝึกหัด การให้นักศึกษาทำแบบฝึกหัด และการสรุปบทเรียน กิจกรรมเหล่านี้จัดอยู่ในกลุ่มกิจกรรมที่ก่อให้เกิดคุณค่า (Value Added Activity: VA) เนื่องจากช่วยเสริมสร้างความรู้ ความเข้าใจ และทักษะของนักศึกษาโดยตรง โดยมีระยะเวลา 85.30 นาที คิดเป็นร้อยละ 94.78 ของเวลาเรียนทั้งหมด ในขณะเดียวกัน ยังพบว่ามีกิจกรรมบางส่วนที่ไม่ก่อให้เกิดคุณค่าทางการเรียนรู้โดยตรง แต่มีความจำเป็นต้องดำเนินการเพื่อสนับสนุนการบริหารจัดการชั้นเรียนให้เป็นไปอย่างมีระเบียบและสามารถติดตามข้อมูลการเข้าเรียนได้อย่างถูกต้อง กิจกรรมในลักษณะนี้จัดอยู่ในประเภทกิจกรรมที่ไม่ก่อให้เกิดคุณค่าแต่จำเป็นต้องทำ (Necessary Non–Value Added Activity: NVA) ใช้เวลารวม 4.70 นาที คิดเป็นร้อยละ 5.22 ของเวลาเรียนทั้งหมด

การศึกษาค่าเวลาและการกำหนดเวลามาตรฐาน

ผู้วิจัยจึงดำเนินการศึกษาค่าเวลา (Time Study) จากสถานการณ์จริงภายในห้องเรียน โดยทำการจับเวลาในกระบวนการเช็คชื่อแบบเดิม จำนวน 5 คาบเรียนติดต่อกัน และแยกการวัดออกเป็น 2 ช่วง ได้แก่ ช่วงต้นคาบ และช่วงท้ายคาบโดยเริ่มจากการแบ่งงานออกเป็นส่วนย่อย (Element) ที่สามารถวัดได้อย่างชัดเจน จากนั้นวิเคราะห์และตัดขั้นตอนที่ไม่ก่อให้เกิดคุณค่าออก แล้วจึงทำการจับเวลาในแต่ละส่วนย่อยโดยใช้นาฬิกาจับเวลา บันทึกผลอย่างเป็นระบบ และกำหนดเวลาเผื่อ (Allowance) เพื่อคำนวณหาเวลามาตรฐาน (Standard Time) สำหรับการปฏิบัติงาน (สฤษดิ์ โตโพธิ์กลาง, 2559)โดยมีกลุ่มตัวอย่างในการทดลองในการวิจัยทั้งหมด 38 คน ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการจับเวลาเช็คชื่อ 5 กลุ่มตัวอย่าง

ลำดับคาบ	1	2	3	4	5	$\bar{x}$	R	$\frac{R}{\bar{x}}$	n
เวลาเช็คชื่อต้นคาบ	2.44	2.35	2.43	2.47	2.46	2.43	0.12	0.05	3
เวลาเช็คชื่อท้ายคาบ	1.33	1.3	1.3	1.15	1.24	1.26	0.18	0.14	6
รวมเวลาต่อคาบ	3.77	3.65	3.73	3.62	3.7	3.69	0.15	0.04	3

จากตารางที่ 3 แสดงผลการจับเวลาในการเช็คชื่อจำนวน 5 ครั้ง เพื่อศึกษาระยะเวลาที่ใช้ในกระบวนการเช็คชื่อภายใน 1 คาบเรียน โดยแบ่งออกเป็น 2 ช่วงหลัก ได้แก่ ช่วงต้นคาบและช่วงท้ายคาบ รวมถึงพิจารณาเวลารวมของกระบวนการทั้งหมด ผลการวิเคราะห์พบว่า ช่วงต้นคาบมีระยะเวลาเฉลี่ย 2.43 นาที โดยข้อมูลมีความใกล้เคียงกันในแต่ละครั้ง แสดงให้เห็นว่าระยะเวลาในขั้นตอนนี้ค่อนข้างสม่ำเสมอ ในขณะที่ช่วงท้ายคาบมีระยะเวลาเฉลี่ย 1.26 นาที ซึ่งมีความแปรปรวนของ

ข้อมูลมากกว่าช่วงต้นคาบเล็กน้อย สะท้อนให้เห็นว่าระยะเวลาในช่วงนี้อาจเปลี่ยนแปลงได้ตามสถานการณ์ในแต่ละครั้ง เมื่อนำระยะเวลาในทั้งสองช่วงมารวมกัน พบว่า กระบวนการเช็คชื่อใน 1 คาบเรียนใช้เวลาเฉลี่ยรวม 3.69 นาที ผู้วิจัยได้ใช้ Maytag Table ซึ่งเป็นเครื่องมือทางสถิติที่ใช้ในการศึกษางาน (Work Study) (สุชาติ ประสิทธิ์รัฐสินธุ์, 2558) เพื่อกำหนดจำนวนรอบของการจับเวลา (Sample Size) ที่เหมาะสมในการหาเวลามาตรฐาน (Standard Time)โดยความเชื่อมั่นที่ 95% พบว่ากิจกรรมการเช็คชื่อท้ายคาบต้องใช้ข้อมูล 6 ชุดข้อมูล (รัชต์วรรณ กาญจนปัญญาคม, 2562)ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการจับเวลาเช็คชื่อ 6กลุ่มตัวอย่าง

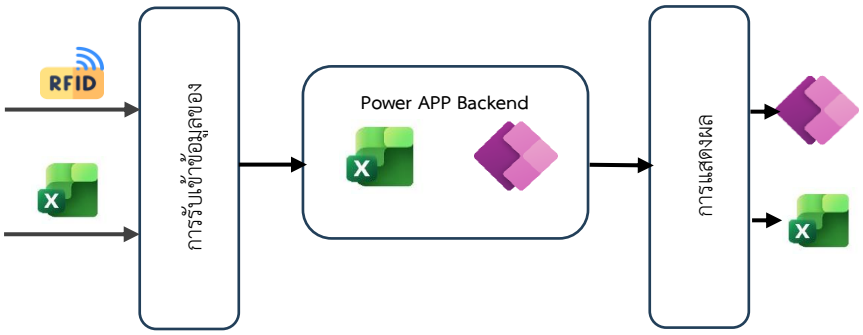
ลำดับคาบ	1	2	3	4	5	6	$\bar{x}$
เวลาเช็คชื่อต้นคาบ	2.44	2.35	2.43	2.47	2.46	2.59	2.46
เวลาเช็คชื่อท้ายคาบ	1.33	1.3	1.3	1.15	1.24	1.54	1.31
รวมเวลาต่อคาบ	3.77	3.65	3.73	3.62	3.7	4.13	3.77

การคำนวณเวลามาตรฐาน

การคำนวณหาเวลาในการทำงานมาตรฐานสำหรับพนักงานที่ได้รับการฝึกการทำงานที่กำหนดด้วยความเร็วปกติภายใต้สภาพเงื่อนไขที่กำหนดไว้แม้ว่าค่าเวลาเฉลี่ยที่วัดได้ (Observed Time: OT) (ธัญวรรณ มาศวิวัฒน์, 2559) จะสะท้อนสภาพการทำงานจริง แต่ในการวิเคราะห์เชิงวิศวกรรมอุตสาหการจำเป็นต้องคำนวณ "เวลามาตรฐาน" (Standard Time) (สถาบันเพิ่มผลผลิตแห่งชาติ, 2563) เท่ากับ 3.77 นาทีเพื่อให้ครอบคลุมความแปรปรวนที่อาจเกิดขึ้น เช่น ความล่าช้าเล็กน้อย การตอบรับไม่พร้อมกัน เสียงรบกวน หรือความเหนื่อยล้าของผู้สอนโดยกำหนดให้ค่าความเผื่อ (Allowance) เท่ากับ 10% หรือ 0.38 นาที ทำให้เวลามาตรฐานของกระบวนการเช็คชื่อแบบเดิมเท่ากับ4.15นาทีต่อคาบเรียน

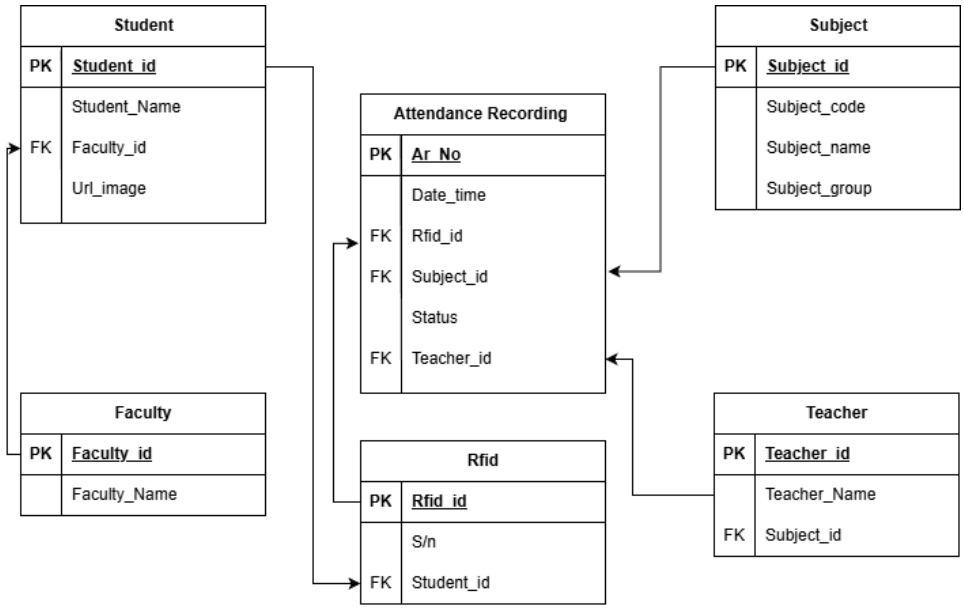
การออกแบบโครงสร้างระบบแอปพลิเคชันเช็คชื่อด้วย RFID

จากผลการวิเคราะห์กระบวนการเช็คชื่อในรูปแบบเดิม พบว่ากิจกรรมดังกล่าวจัดอยู่ในกลุ่มกิจกรรมที่ไม่ก่อให้เกิดคุณค่าแต่จำเป็นต้องทำ (Non–Value Added Activity) ซึ่งไม่ได้ช่วยเพิ่มคุณค่าทางการเรียนรู้ให้กับนักศึกษาโดยตรง อีกทั้งยังใช้เวลาในแต่ละคาบเรียนพอสมควร ซึ่งเวลาส่วนนี้สามารถนำไปใช้กับกิจกรรมการเรียนการสอนที่มีประโยชน์มากกว่าได้ จากเหตุผลดังกล่าว ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการปรับปรุงกระบวนการเช็คชื่อใหม่โดยนำเทคโนโลยี RFID (Radio Frequency Identification) (Asif, Z., 2005)มาประยุกต์ใช้ร่วมกับระบบแอปพลิเคชัน ซึ่งเป็นระบบสื่อสารข้อมูลแบบไร้สายที่ใช้คลื่นความถี่วิทยุในการรับ–ส่งข้อมูลระหว่างอุปกรณ์อ่านข้อมูล (Reader) และอุปกรณ์ระบุข้อมูล (Tag) โดยไม่จำเป็นต้องสัมผัสหรือมองเห็นกันโดยตรง เทคโนโลยีดังกล่าวได้รับการพัฒนาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการระบุตัวตนและบันทึกข้อมูล (ศิริชัย โชติสิริเมธานนท์ และจักรพันธ์ ศรีสวัสดิ์,2565)แนวคิดหลักของการออกแบบระบบนี้มุ่งเน้นการลดระยะเวลาในการดำเนินงาน ลดความผิดพลาดที่อาจเกิดจากมนุษย์ และเพิ่มความน่าเชื่อถือของข้อมูลการเข้าเรียนโดยใช้การประมวลผลข้อมูลในรูปแบบดิจิทัลเข้ามาทดแทนขั้นตอนแบบเดิม ระบบที่พัฒนาขึ้นถูกออกแบบให้มีโครงสร้างการทำงานตามแนวคิดของระบบสารสนเทศ ซึ่งประกอบด้วย 3 ส่วนสำคัญ ได้แก่ส่วนรับข้อมูล (Input) ส่วนประมวลผล (Process) และส่วนแสดงผลพร้อมจัดเก็บข้อมูล (Output & Storage) โดยแต่ละส่วนมีหน้าที่ทำงานเชื่อมโยงกันเป็นลำดับขั้น เพื่อให้ระบบสามารถรับข้อมูล ตรวจสอบ ประมวลผล และแสดงผลข้อมูลการเข้าเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 การออกแบบโครงสร้างระบบแอปพลิเคชันเช็คชื่อด้วย RFID

จากรูปที่ 1 โครงสร้างระบบแอปพลิเคชันเช็คชื่อด้วย RFIDแสดงลำดับการทำงานของระบบบันทึกการเข้าเรียนด้วยเทคโนโลยี RFID ร่วมกับ Power Appsตัวเชื่อมต่อเวิร์กโฟลว์เพื่อเปลี่ยนการดำเนินงานให้เป็นกระบวนการอัตโนมัติ และสามารถเรียกใช้งานในเบราว์เซอร์ และบนอุปกรณ์เคลื่อนที่ (Microsoft, 2569)โดยระบบถูกออกแบบเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการเช็คชื่อ ลดระยะเวลาในการดำเนินงาน และลดความผิดพลาดที่เกิดจากการบันทึกข้อมูลด้วยวิธีแบบเดิมโดยระบบเริ่มต้นจากการรับข้อมูลการเข้าเรียนผ่านเครื่องอ่าน RFID ซึ่งทำหน้าที่อ่านข้อมูลจากบัตรประจำตัวของนักศึกษา เมื่อมีการแตะบัตรข้อมูลรหัสประจำตัวจะถูกส่งเข้าสู่กระบวนการ “การนำเข้าข้อมูล” ร่วมกับข้อมูลพื้นฐานที่จัดเก็บอยู่ในโปรแกรม Microsoft Excel เช่น รายชื่อนักศึกษา รายวิชา และข้อมูลตารางเรียน เพื่อใช้ในการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลก่อนนำเข้าสู่ระบบฐานข้อมูลหลังจากนั้น ข้อมูลทั้งหมดจะถูกประมวลผลผ่านระบบ Power Apps Backend ซึ่งทำหน้าที่เป็นศูนย์กลางในการจัดการข้อมูล โดยเชื่อมต่อกับฐานข้อมูล Microsoft Excel และแอปพลิเคชัน Power Apps เพื่อดำเนินการตรวจสอบสถานะการเข้าเรียน บันทึกเวลาเข้าเรียน และจัดเก็บข้อมูลแบบอัตโนมัติ ทั้งนี้ระบบสามารถลดขั้นตอนการทำงานที่ซ้ำซ้อนและลดกิจกรรมที่ไม่ก่อให้เกิดคุณค่า (Non-Value Added Activities) ตามแนวคิดลีนได้อย่างมีประสิทธิภาพในส่วนของ“การแสดงผล” ระบบสามารถนำข้อมูลที่ผ่านการประมวลผลแล้วไปแสดงผลผ่าน Power Apps สำหรับผู้สอนและผู้ใช้งานเพื่อใช้ตรวจสอบสถานะการเข้าเรียนแบบเรียลไทม์ รวมถึงสามารถส่งออกข้อมูลในรูปแบบ Microsoft Excel เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล การจัดทำรายงาน และการติดตามสถิติการเข้าเรียนของนักศึกษาได้ในอนาคต โครงสร้างฐานข้อมูลถูกออกแบบให้มีความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลอย่างชัดเจน เพื่อรองรับการตรวจสอบตัวตนและการบันทึกเวลาเข้าเรียนแบบอัตโนมัติดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 Class Diagramระบบแอปพลิเคชันเช็คชื่อด้วย RFID

จากรูปที่ 2 แผนภาพแสดงความสัมพันธ์ของข้อมูล (Entity Relationship Diagram: ERD) สำหรับระบบบันทึกเข้าเรียนอัตโนมัติ (Attendance Recording System) ซึ่งใช้เทคโนโลยี RFID ในการระบุตัวตน ประกอบด้วย 5 เอนทิตีหลัก (Entities) ที่มีความสัมพันธ์กันในเชิงตรรกะ เพื่อรองรับการทำงานของระบบบันทึกเวลาเรียนโดยมีรายละเอียดดังนี้

1. Faculty (คณะ/สาขา)ทำหน้าที่เป็นหน่วยข้อมูลแม่แบบ (Master Data) เพื่อจำแนกกลุ่มนักศึกษาเก็บข้อมูลคณะหรือสาขาวิชา ประกอบด้วยFaculty_id (PK) และFaculty_Nameเป็น Entity พื้นฐานที่ใช้จัดกลุ่มนักศึกษา

2. Student (นักศึกษา)ทำหน้าที่เก็บข้อมูลพื้นฐานรายบุคคล ประกอบด้วยStudent_id (PK), Student_Name, Url_image (รูปภาพนักศึกษา) และFaculty_id (FK) ที่เชื่อมกับ Faculty แสดงให้เห็นว่านักศึกษาแต่ละคนสังกัดอยู่ในคณะเดียว

3. Rfid (บัตร RFID) เก็บข้อมูลบัตร RFID ที่ผูกกับนักศึกษา มีRfid_id (PK), S/n (Serial Number ของบัตร) และ Student_id (FK) ความสัมพันธ์เป็นแบบ One-to-One กับนักศึกษา คือบัตร 1 ใบ ผูกกับนักศึกษา 1 คน

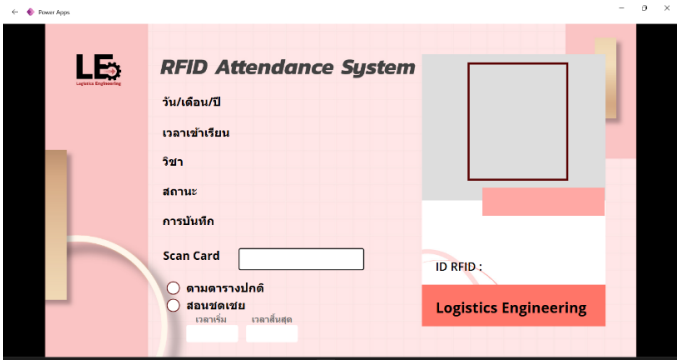
4. Subject (วิชา)เก็บข้อมูลรายวิชา มีSubject_id (PK), Subject_code (รหัสวิชา), Subject_name (ชื่อวิชา) และ Subject_group (กลุ่มเรียน) ใช้อ้างอิงในการบันทึกการเข้าเรียน

5. Teacher (อาจารย์)เก็บข้อมูลอาจารย์ผู้สอน มีTeacher_id (PK), Teacher_NameและSubject_id (FK) ที่เชื่อมกับวิชาที่สอน อาจารย์แต่ละคนรับผิดชอบวิชาหนึ่งวิชา

6. Attendance Recording (บันทึกการเข้าเรียน)เป็น Entity หลักของระบบ ทำหน้าที่รวบรวมข้อมูลจากทุก Entity โดยมี Ar_No (PK), Date_time, Status (สถานะ เช่น มา/ขาด/สาย) และ FK 3 ตัว ได้แก่Rfid_id, Subject_id, Teacher_id

การพัฒนาระบบแอปพลิเคชันเช็คชื่อด้วย RFID

ทางผู้วิจัยได้ทำการพัฒนาแอปพลิเคชัน โดยใช้ Power App เมื่อเข้าสู่หน้าหลักของระบบเช็คชื่อ ผู้ใช้งานจะต้องเลือกประเภทของการเรียนการสอนก่อนเริ่มการเช็คชื่อ โดยระบบมีตัวเลือกระหว่างการสอนตามตารางปกติและการสอนชดเชย ในกรณีที่เป็นการสอนชดเชย ผู้ใช้งานจะต้องระบุเวลาเริ่มต้นและเวลาสิ้นสุดของการเรียนการสอน เพื่อให้ระบบสามารถบันทึกข้อมูลการเข้าเรียนได้อย่างถูกต้อง โดยระบบจะทำการบันทึกข้อมูลตั้งแต่เริ่มเปิดใช้งานแอปพลิเคชันจนกระทั่งปิดการใช้งาน ดังรูปที่ 3



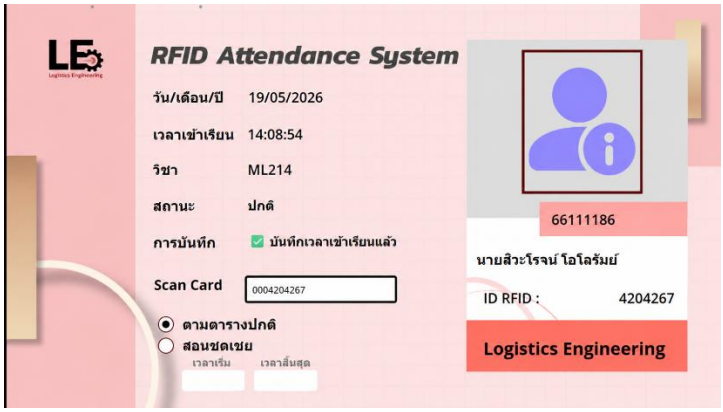
รูปที่ 3 หน้าจอหลักของระบบเช็คชื่อ RFID

การสแกนบัตรนักศึกษาหลังจากเลือกประเภทการสอนเรียบร้อยแล้ว อาจารย์ผู้สอนสามารถทำการเช็คชื่อได้โดยให้นักศึกษานำบัตร RFID มาแตะที่เครื่องอ่านบัตร จากนั้นระบบจะทำการอ่านหมายเลขประจำบัตรและค้นหาข้อมูลนักศึกษาจากฐานข้อมูล โดยเครื่องอ่านบัตรจะถูกติดตั้งภายในห้องเรียน เพื่อป้องกันการสแกนบัตรแทนกัน



รูปที่ 4 การสแกนบัตรนักศึกษาด้วยเครื่องอ่าน RFID

จากรูปที่ 4 ในงานวิจัยฉบับนี้ใช้ RFID Card Reader 125KHz EM4100 มีระยะอ่านบัตร (Reading distance)5 ถึง 8 เซนติเมตร รวมกับ Proximily Card 125KHzการแสดงผลข้อมูลนักศึกษาเมื่อระบบสามารถอ่านข้อมูลจากบัตร RFID ได้สำเร็จ ระบบจะทำการค้นหาข้อมูลของนักศึกษาจากฐานข้อมูล และแสดงรายละเอียดบนหน้าจอ ได้แก่ รหัสนักศึกษาชื่อ–นามสกุลรหัสบัตร RFIDวัน/เดือน/ปี และเวลา รหัสวิชา และสถานะการเข้าเรียน ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 การแสดงข้อมูลนักศึกษาหลังจากสแกนบัตร RFID

ผลการทดสอบการยอมรับของผู้ใช้งาน (User Acceptance Test: UAT)มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินว่าระบบเช็คชื่อเข้าเรียนด้วยเทคโนโลยี RFID ที่พัฒนาขึ้นสามารถทำงานได้ตรงตามความต้องการของผู้ใช้งานจริง มีความถูกต้อง และสามารถนำไปใช้งานได้จริงหรือไม่ในการทดสอบครั้งนี้ ได้ดำเนินการทดสอบกับผู้สอนและผู้ใช้งานระบบโดยตรง เพื่อให้ผลการทดสอบสะท้อนการใช้งานจริงมากที่สุด การทดสอบได้กำหนดกรณีทดสอบ (Test Case) ครอบคลุมขั้นตอนการทำงานหลักของระบบตั้งแต่การเริ่มต้นใช้งานไปจนถึงการบันทึกข้อมูลการเข้าเรียน โดยมีรายละเอียดดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ผลการทดสอบการยอมรับของผู้ใช้งาน (UAT)

ลำดับ	รายการ	ผลที่คาดหวัง	ผลที่ได้	สถานะ
1	เปิดแอปพลิเคชัน	ระบบสามารถเปิดใช้งานได้ตามปกติ	ระบบสามารถเปิดใช้งานได้อย่างถูกต้อง	ผ่าน
2	เลือกประเภทการสอน	ผู้ใช้งานสามารถเลือกประเภทการสอนได้ถูกต้อง	สามารถเลือกประเภทการสอนได้ตามที่กำหนด	ผ่าน
3	สแกนบัตรRFID	ระบบสามารถอ่านข้อมูลจากบัตร RFID ได้	ระบบสามารถอ่านข้อมูลบัตรได้ทันที	ผ่าน
4	แสดงข้อมูลนักศึกษา	ระบบต้องแสดงข้อมูลนักศึกษาได้ครบถ้วน	ระบบแสดงข้อมูลได้ครบและถูกต้อง	ผ่าน
5	บันทึกข้อมูล	ระบบบันทึกข้อมูลการเข้าเรียนโดยอัตโนมัติ	ระบบบันทึกข้อมูลได้ถูกต้องและครบถ้วน	ผ่าน

จากตารางที่ 5 ผลการทดสอบข้างต้น พบว่า ระบบสามารถทำงานได้ครบทุกขั้นตอนตามที่ได้ออกแบบไว้ โดยในแต่ละกรณีทดสอบมีผลลัพธ์ที่สอดคล้องกับผลที่คาดหวังทั้งหมด และไม่พบข้อผิดพลาดในการทำงานของระบบ ในขั้นตอนการเปิดใช้งานระบบ ผู้ใช้งานสามารถเข้าสู่แอปพลิเคชันได้อย่างรวดเร็วและไม่มีปัญหาในการเข้าถึงระบบ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความพร้อมในการใช้งานเบื้องต้นของระบบ สำหรับขั้นตอนการเลือกประเภทการสอน ระบบสามารถรองรับการเลือกประเภทการเรียนได้อย่างถูกต้อง

ผลการวิจัย

ผลการทดลอง

การทดลองครั้งนี้ได้ทำการเปรียบเทียบระยะเวลาที่ใช้ในการเช็คชื่อระหว่างวิธีการแบบเดิมกับการใช้ระบบ RFID เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของระบบที่พัฒนาขึ้น การเช็คชื่อแบบเดิมจะใช้วิธีการเรียกชื่อทีละคน ซึ่งใช้เวลาค่อนข้างมาก โดยเฉพาะในชั้นเรียนที่มีนักศึกษาจำนวนมาก ขณะที่การใช้ระบบ RFID นักศึกษาสามารถแตะบัตรเพื่อบันทึกเวลาเข้าเรียนได้ทันที โดยระยะเวลาในการสแกนบัตรเฉลี่ย 3.5 วินาที/คน รวมเวลาในการเช็คชื่อเท่ากับ 2.13 นาที ทำให้ลดระยะเวลาในการดำเนินการเช็คชื่อได้อย่างชัดเจน

ตารางที่ 6 การเปรียบเทียบระยะเวลาในการเช็คชื่อก่อนและหลังใช้ระบบ

รายการ	ก่อนใช้ระบบ	หลังใช้ระบบ
วิธีการเช็คชื่อ	เรียกชื่อนักศึกษาตามลำดับ	นักศึกษาเดินมาสแกนบัตรเช็คชื่อด้วยตนเอง
เวลาเฉลี่ยต่อคาบ	4.15นาที	2.13 นาที

ตารางที่ 7 สรุปผลการทดลอง

รายการ	ก่อนใช้ระบบ (นาที)	หลังใช้ระบบ (นาที)	เวลาที่ลดลง (นาที)	ร้อยละการลดลง (%)	สัดส่วนต่อเวลาเรียน 90 นาที (ก่อน)	สัดส่วนต่อเวลาเรียน 90 นาที (หลัง)
ระยะเวลาในการเช็คชื่อ	4.15	2.13	2.02	48.57%	4.19%	2.37%

จากตารางที่ 6 และตารางที่ 7 แสดงให้เห็นถึงการเปรียบเทียบระยะเวลาในการเช็คชื่อก่อนและหลังการนำระบบแอปพลิเคชันเช็คชื่อด้วย RFID มาใช้งาน โดยก่อนการพัฒนาระบบ ผู้สอนใช้วิธีเรียกชื่อนักศึกษาตามลำดับรายชื่อ ซึ่งต้องดำเนินการทีละคน ส่งผลให้ใช้เวลาในการเช็คชื่อ โดยมีเวลาเฉลี่ยอยู่ที่4.15นาทีต่อคาบเรียนภายหลังการนำระบบ RFID มาใช้วิธีการเช็คชื่อเปลี่ยนเป็นการให้นักศึกษาแตะบัตรด้วยตนเอง ทำให้ผู้สอนไม่จำเป็นต้องดำเนินการในขั้นตอนดังกล่าว ส่งผลให้เวลาในการเช็คชื่อลดลงเหลือ2.13นาทีต่อคาบเรียนเมื่อเปรียบเทียบผลในเชิงปริมาณ พบว่าสามารถลดระยะเวลาได้2.02นาทีต่อคาบเรียนหรือคิดเป็นการลดลงร้อยละ 48.57เมื่อพิจารณาในสัดส่วนของเวลาเรียนทั้งหมด 90 นาที พบว่าก่อนใช้ระบบ การเช็คชื่อคิดเป็นร้อยละ 4.19 ของเวลาเรียนทั้งหมด แต่หลังใช้ระบบลดลงเหลือร้อยละ 2.37 ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าสามารถกำจัดกิจกรรมที่ไม่ก่อให้เกิดคุณค่าแต่จำเป็นต้องทำลดลงอย่างเห็นได้ชัด และสามารถนำเวลาไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนได้อย่างเต็มประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นโดยสรุปการนำระบบเช็คชื่อด้วยเทคโนโลยี RFID มาใช้งานช่วยลดภาระงานของผู้สอนได้อย่างชัดเจน และเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้เวลาเรียนให้เกิดประโยชน์สูงสุด

ผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบ

ในงานวิจัยฉบับนี้ผู้วิจัยได้ใช้แนวคิด(End-User Computing Satisfaction: EUCS)วัดระดับความพึงพอใจของผู้ใช้ระบบคอมพิวเตอร์ปลายทางจากอาจารย์ผู้สอนจำนวน 3 ท่าน โดยพิจารณาจากมิติหลัก 5 ด้าน ได้แก่ เนื้อหาของระบบ (Content), ความถูกต้อง (Accuracy), รูปแบบข้อมูล (Format), ความง่ายในการใช้งาน (Ease of Use) และความรวดเร็วใน

การใช้งาน (Timeliness)เพื่อประเมินความคิดเห็นต่อประสิทธิภาพของระบบที่พัฒนาขึ้น (สินีนารถ วายุพักตร์, 2561) โดยผลการประเมินในแต่ละด้านดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 สรุปผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบ

ลำดับ	รายการประเมิน	คะแนน	ระดับความคิดเห็น
1	ระบบแสดงข้อมูลการเข้าเรียนของนักศึกษาได้ครบถ้วน	5	มากที่สุด
2	ระบบแสดงรหัสนักศึกษา ชื่อ และเวลาเข้าเรียนอย่างชัดเจน	5	มากที่สุด
3	ข้อมูลในระบบมีความถูกต้องและเชื่อถือได้	4	มาก
4	รูปแบบหน้าจอของระบบมีความชัดเจนและเข้าใจง่าย	5	มากที่สุด
5	การจัดวางข้อมูลในระบบมีความเป็นระเบียบ	5	มากที่สุด
	ค่าเฉลี่ย	4.8	มากที่สุด

การอภิปรายผล

จากผลการพัฒนาระบบแอปพลิเคชันเช็คชื่อด้วย RFID เพื่อการยกระดับประสิทธิภาพในการจัดการเรียนการสอนโดยสามารถอภิปรายผลงานวิจัยได้ 3 มิติ โดยมีรายละเอียดดังนี้

มิติการบริหารจัดการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดของลีน (Lean Thinking)โดยลดความสูญเปล่าในส่วนของกิจกรรมที่ไม่มีคุณค่าแต่ไม่จำเป็นต้องทำ (Necessary Non-Value Added: NNVA) ในกิจกรรมเช็คชื่อนักศึกษาซึ่งในวิธีการเช็คชื่อนักศึกษาแบบเดิม คือ การเรียกชื่อนักศึกษาที่ละคน เวลาเฉลี่ย 4.15นาทีต่อคาบเรียน หลังระบบแอปพลิเคชันเช็คชื่อด้วย RFID เวลาในกิจกรรมดังกล่าวลดลงเหลือ2.13นาทีต่อคาบเรียนไม่เพียงแต่เป็นการเพิ่มสัดส่วนของกิจกรรมที่ก่อให้เกิดคุณค่า (Value Added Activity) แต่ยังสะท้อนถึงการออกแบบกระบวนการใหม่ (Process Redesign) ที่เน้นการถ่ายโอนภาระงานจากผู้สอนไปยังระบบอัตโนมัติและผู้เรียนอย่างเหมาะสม

มิติคุณภาพข้อมูล และการจัดการระบบสารสนเทศ ในการวิจัยฉบับนี้ซึ่งใช้เทคโนโลยี RFID ในการระบุตัวตน โดยในการจัดเก็บข้อมูลได้ทำการออกแบบเอนทิตีหลัก (Entities) 5 เอนทิตีหลักที่มีความสัมพันธ์กันในเชิงตรรกะ เพื่อรองรับการทำงานของระบบบันทึกเวลาเรียนซึ่งช่วยลดความซ้ำซ้อนและป้องกันความคลาดเคลื่อนจากการบันทึกข้อมูลซ้ำซ้อนหรือไม่สอดคล้องกัน ประกอบกับการทำงานแบบเรียลไทม์ ทำให้ผู้สอนสามารถเข้าถึงข้อมูลสถานะการเข้าเรียนได้ทันที ส่งผลให้การตัดสินใจเชิงการสอนมีความแม่นยำและทันสถานการณ์มากยิ่งขึ้น

มิติด้านความพึงพอใจ ในการวัดระดับความพึงพอใจของผู้ใช้ระบบคอมพิวเตอร์ปลายทาง(End-User Computing Satisfaction: EUCS) ที่มีค่าเฉลี่ย 4.8 สะท้อนถึงความสำเร็จในการออกแบบระบบที่สอดคล้องกับความต้องการของผู้ใช้งานทั้งในด้านความง่ายในการใช้งาน (Ease of Use) ความชัดเจนของรูปแบบการนำเสนอข้อมูล (Format) และความรวดเร็วในการเข้าถึงข้อมูล (Timeliness) นอกจากนี้การเลือกใช้แพลตฟอร์ม Power Apps ซึ่งเป็นเครื่องมือแบบ Low-code ยังช่วยลดข้อจำกัดด้านทรัพยากรบุคคลและเวลาในการพัฒนา

บทสรุป

การวิจัยเรื่องการพัฒนาระบบบันทึกการเข้าเรียนโดยใช้เทคโนโลยี RFID ในด้านการพัฒนาระบบ ผู้วิจัยสามารถออกแบบและพัฒนาระบบที่บูรณาการการทำงานระหว่างฮาร์ดแวร์ (RFID Reader) และซอฟต์แวร์ (Power Apps และ Microsoft Excel) ได้อย่างมีประสิทธิภาพ รองรับการใช้งานทั้งในรูปแบบการเรียนการสอนปกติและการสอนชดเชย สะท้อนถึงความยืดหยุ่น (Flexibility) ของระบบสามารถบรรลุวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้อย่างครบถ้วนทั้งในเชิงการวิเคราะห์กระบวนการและการพัฒนานวัตกรรมระบบสารสนเทศในด้านการวิเคราะห์กระบวนการเรียนการสอน สามารถขจัดกิจกรรมที่ไม่ก่อให้เกิดคุณค่าแต่จำเป็นต้องทำซึ่งมีสัดส่วนร้อยละ 5.22 หรือ4.15นาทีต่อคาบเรียนซึ่งเป็นสาระสำคัญในการออกแบบแนวทางปรับปรุงกระบวนการและส่งผลโดยตรงต่อการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้เวลาในชั้นเรียน ในส่วนของความพึงพอใจของผู้ใช้ระบบคอมพิวเตอร์ปลายทาง(End-User Computing Satisfaction: EUCS) ที่มีค่าเฉลี่ย 4.8 สะท้อนถึงความสำเร็จในการออกแบบระบบที่สอดคล้องกับความต้องการของผู้ใช้งาน ทั้งในด้านความง่ายในการใช้งาน (Ease of Use)

งานวิจัยนี้ สามารถเป็นต้นแบบ (Prototype) สำหรับการพัฒนาระบบสารสนเทศในสถานศึกษาอื่น ๆ ที่มุ่งเน้นการเพิ่มประสิทธิภาพ ลดความสูญเปล่า และขับเคลื่อนการบริหารจัดการด้วยข้อมูล (Data-Driven Management) ได้อย่างยั่งยืน

เอกสารอ้างอิง

กรธิดา รักธรรม , สุภัชฌาน์ ศรีเอี่ยมและชาญชัย วงศ์สิรสวัสดิ์.(2565).การใช้เทคโนโลยีดิจิทัลในการบริหารสถานศึกษาสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษากรุงเทพมหานคร. วารสารวิชาการการจัดการภาครัฐและเอกชน. 7(3):1005–1018.

มลฤดี เพ็งสง่าและมัทนา วังถนอมศักดิ์. (2560). การบริหารสถานศึกษายุคดิจิทัลวารสารวิชาการศึกษาศาสตร์ศรีนครินทรวิโรฒ.24(2): 162–175.

ธัญวรรณ มาศวิวัฒน์. (2559). การกำหนดเวลามาตรฐานในอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนเลนส์โดยใช้เทคนิค MOST. การค้นคว้าอิสระหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิตภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

ไมโครซอฟท์. (2569). Power Apps คืออะไร. ค้นเมื่อ 22 พ.ค. 2569. https://learn.microsoft.com/th-th/power-apps/powerapps-overview

รัชต์วรรณ กาญจนาชปัญญาคม.(2562). การศึกษางานอุตสาหกรรม สำนักพิมพ์ท้อป จำกัด: กรุงเทพฯ.

สุจิตรา สุฉันทบุตร. (2559). การพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อประเมินผลการเรียนของนักเรียนผ่านระบบอินเทอร์เน็ต กรณีศึกษาโรงเรียนวัดบ้านหลวง (บัวราษฎร์บำรุง). วิทยานิพนธ์หลักสูตรศิลปศาสตรมหาบัณฑิตสาขาวิชาสนเทศศาสตร์เพื่อการศึกษา มหาวิทยาลัยศิลปากร.

สินีนารถ วายุพักตร์. (2561). การประเมินความพึงพอใจในการใช้ระบบ HRIS ของพนักงานในกลุ่มบริษัท MBK Life Assurance. การค้นคว้าอิสระหลักสูตรบริหารธุรกิจมหาบัณฑิตคณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชีมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

สฤษดิ์ โตโพธิ์กลาง. (2559). การศึกษาการลดเวลาในกระบวนการผลิตเพื่อเพิ่มปริมาณการผลิตเครื่องปรับอากาศที่สูงขึ้นของบริษัทชิ้นส่วนรถยนต์แห่งหนึ่ง ในนิคมอุตสาหกรรมอมตะนคร.วิทยานิพนธ์หลักสูตรบริหารธุรกิจมหาบัณฑิตสาขาวิชาบริหารธุรกิจสำหรับผู้บริหารวิทยาลัยพาณิชยศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา.

วิโรจน์ ลักขณาอดิศร. (2552). ลีนอย่างไรสร้างกำไรให้องค์กร. สำนักพิมพ์สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย–ญี่ปุ่น): กรุงเทพฯ.

ศิริชัย โชติสิริเมธานนท์และจักรพันธ์ ศรีสวัสดิ์.(2565). การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอาร์เอฟไอดี (RFID)ที่มีผลต่อการดำเนินงานของบริษัท ไปรษณีย์ไทยจำกัด. 1(2): 29 – 39.

Asif, Z. (2005). Integrating the supply chain with RFID: A technical and business analysis.Communications of the Association for Information Systems. 15(1): 24.

TongmeanTeang.(2567). การออกแบบและพัฒนาฐานข้อมูลผลิตภัณฑ์ผ้าเบรก: กรณีศึกษาโรงงงานมติดผ้าเบรก วิทยานิพนธ์หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบันฑิตสาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร.

ระบบวิเคราะห์และจัดการข้อมูลสุขภาพส่วนบุคคลแบบบูรณาการด้วยสถาปัตยกรรมฝั่งไคลเอ็นต์พร้อมการพยากรณ์แนวโน้มเพื่อสนับสนุนการตัดสินใจด้านสุขภาพเชิงรุก

An Integrated Personal Health Analytics and Management System with Client-Side Architecture and Predictive Trend Analysis for Proactive Health Decision Support

ศิริพร ฉิมพลี[1] อนุกูล บุญทา[1] กาณฑ์ ยอดเกวียน[1] และวิชชา ฉิมพลี[1*]
Siriporn Chimphlee[1], Anukul Boonta[1], Kan Yodkwaen[1] and Witcha Chimphlee[1*]

[1]หลักสูตรความมั่นคงปลอดภัยไซเบอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต
[1]Cybersecurity Programme, Faculty of Science & Technology, Suan Dusit University
[*]Corresponding Author E-mail Address : witcha.chi@gmail.com

บทคัดย่อ

การเพิ่มขึ้นของโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง (NCDs) และกระแสการดูแลสุขภาพเชิงรุก (Proactive Healthcare) ผลักดันให้เกิดความต้องการเครื่องมือดิจิทัลที่ช่วยให้บุคคลสามารถจัดการข้อมูลสุขภาพของตนเองได้อย่างมีประสิทธิภาพ งานวิจัยนี้นำเสนอการออกแบบและพัฒนาระบบวิเคราะห์และจัดการข้อมูลสุขภาพส่วนบุคคล (Personal Health Analytics & Management System: PHAMS) ซึ่งเป็นเว็บแอปพลิเคชันที่ทำงานบนสถาปัตยกรรมฝั่งไคลเอ็นต์ (Client-Side Architecture) โดยออกแบบฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์แบบฝัง (Embedded Relational Schema) ด้วย IndexedDB ที่มีโครงสร้าง Schema ชัดเจนพร้อม Indexing Strategy เพื่อรักษาความเป็นส่วนตัวและ Data Integrity ระดับสูงสุด ข้อมูลที่ใช้ ประกอบด้วย ชีวเคมี (Biochemistry) ความสมบูรณ์ของเม็ดเลือด (CBC) การตรวจปัสสาวะ (Urine Analysis) และสัญญาณชีพ (Vital Signs) มีการรักษาความมั่นคงปลอดภัยของเนื้อหา (Content Security Policy - CSP) การตรวจสอบความถูกต้องของทรัพยากรย่อย (Subresource Integrity -SRI) และการเข้ารหัสข้อมูล AES-256-GCM ก่อนจัดเก็บเพื่อป้องกันภัยคุกคาม XSS และการดัดแปลงข้อมูลโดยไม่ได้รับอนุญาต (Data Tampering) ระบบ PHAMS สามารถวิเคราะห์ได้ 3 ระดับ คือ แดชบอร์ดสรุปภาพรวม (Descriptive Analytics) กราฟแนวโน้มเชิงวินิจฉัย (Diagnostic Analytics) และการพยากรณ์ด้วย Linear Regression โดยไม่ต้องส่งข้อมูลออกนอกอุปกรณ์ ผลการประเมินระบบด้านความสามารถในการใช้งานของระบบ (System Usability Scale -SUS) จากกลุ่มตัวอย่าง 20 คน ได้คะแนนเฉลี่ย 83.2 อยู่ในระดับดีมาก และเวลาตอบสนองเฉลี่ยต่ำกว่า 200 ms ในทุกชุดข้อมูล ผลการทดสอบความมั่นคงปลอดภัยด้านการยืนยันป้องกัน XSS และการลักลอบนำข้อมูลออกจากระบบ (Data Exfiltration) ได้ 100% ซึ่งยืนยันว่าสถาปัตยกรรมฝั่งไคลเอ็นต์เป็นทางเลือกที่เหมาะสมและยั่งยืนสำหรับแอปพลิเคชันสุขภาพในยุคดิจิทัลที่ให้ความสำคัญกับการออกแบบที่คำนึงถึงความเป็นส่วนตัวตั้งแต่ต้น (Privacy-by-Design)

คำสำคัญ: โรคไม่ติดต่อเรื้อรัง (NCDs) ฐานข้อมูลสุขภาพส่วนบุคคล ความปลอดภัยเว็บแอปพลิเคชัน การวิเคราะห์ข้อมูลสุขภาพ สถาปัตยกรรมฝั่งไคลเอ็นต์

Abstract

The increasing prevalence of Non-Communicable Diseases (NCDs) and the shift toward proactive healthcare have intensified demand for digital tools enabling individuals to effectively manage their own health data. This research presents the design and development of a Personal Health Analytics and Management System (PHAMS), a web application operating entirely on a Client-Side Architecture with a structured embedded relational schema using IndexedDB, incorporating explicit indexing strategies to ensure maximum privacy and data integrity. The data used includes: Biochemistry, Complete Blood Count (CBC), Urine Analysis, and Vital Signs. Security mechanisms including Content Security Policy (CSP), Subresource Integrity (SRI), and AES-256-GCM client-side encryption protect against XSS attacks and data tampering. The system integrates three levels of analytics—Descriptive (dashboard), Diagnostic (trend chart), and Predictive (linear regression forecasting 1–2 years ahead)—into a single privacy-preserving platform. System evaluation using the System Usability Scale (SUS) with 20 participants yielded a mean SUS score of 83.2 (Excellent grade) and average response time below 200 ms, Client-side architecture is a suitable and sustainable option for digital-age healthcare applications that prioritize privacy from the outset.

Keywords: Non-communicable diseases (NCDs), Personal Health Database, Web Application Security, Health Data Analytics, Client-Side Architecture

บทนำ

ในศตวรรษที่ 21 ภาระโรคทั่วโลกได้เปลี่ยนจากโรคติดต่อมาสู่โรคไม่ติดต่อเรื้อรัง (Non-Communicable Diseases: NCDs) เช่น โรคหัวใจและหลอดเลือด โรคเบาหวานประเภทที่ 2 โรคความดันโลหิตสูง และโรคมะเร็ง ซึ่งองค์การอนามัยโลก (WHO) รายงานว่าเป็นสาเหตุของการเสียชีวิตทั่วโลกถึงร้อยละ 74 หรือประมาณ 41 ล้านคนต่อปี (WHO, 2023) ในประเทศไทย NCDs ถือเป็นปัญหาสาธารณสุขที่สำคัญยิ่ง โดยกรมควบคุมโรค (2565) รายงานว่าผู้ป่วยเบาหวานมีจำนวนกว่า 4.7 ล้านคน และผู้ป่วยความดันโลหิตสูงกว่า 13 ล้านคน โดยผู้ป่วยส่วนใหญ่ไม่ทราบว่าตนเองป่วยจนกว่าจะเข้ารับการตรวจสุขภาพ ลักษณะสำคัญของ NCDs คือการพัฒนาอย่างช้า ๆ ต่อเนื่องเป็นปีหรือทศวรรษ ทำให้การติดตามข้อมูลสุขภาพในระยะยาวมีความสำคัญอย่างยิ่งในการตรวจจับแนวโน้มที่ผิดปกติตั้งแต่เนิ่น ๆ แนวคิดการดูแลสุขภาพจึงเปลี่ยนจากการรักษาเมื่อเจ็บป่วยไปสู่การป้องกันและดูแลเชิงรุก ซึ่งจำเป็นต้องอาศัยข้อมูลสุขภาพส่วนบุคคลที่ต่อเนื่องและครบถ้วน

อย่างไรก็ตามข้อมูลสุขภาพของบุคคลมักกระจัดกระจายอยู่ในรูปแบบเอกสารกระดาษหรือไฟล์ดิจิทัลจากโรงพยาบาลและคลินิกต่าง ๆ (Data Silos) ทำให้ยากต่อการติดตามแนวโน้มในระยะยาวสำหรับโรค NCDs ที่มีพัฒนาการช้า แม้ว่าจะมีแอปพลิเคชันด้านสุขภาพจำนวนมากแต่ส่วนใหญ่ยังขาดความสามารถในการวิเคราะห์เชิงลึกสำหรับข้อมูลห้องปฏิบัติการและพยากรณ์แนวโน้ม NCDs เฉพาะบุคคล อีกทั้งยังก่อให้เกิดความกังวลด้านความปลอดภัยของข้อมูลส่วนบุคคล เนื่องจากอาศัยการส่งข้อมูลไปประมวลผลบนเครื่องแม่ข่ายภายนอก (Abouelmehdi et al., 2018) นอกจากนี้ งานวิจัยด้านฐานข้อมูลสุขภาพพบว่าระบบที่ไม่มีโครงสร้างของรูปแบบที่ชัดเจนมักประสบปัญหาความไม่สอดคล้องกันของข้อมูล

(Data Inconsistency) และประสิทธิภาพของการสืบค้น (Query Performance) ที่ไม่เหมาะสม (Sagiroglu & Sinanc, 2013) งานวิจัยนี้จึงพัฒนาระบบ PHAMS (Personal Health Analytics and Management System) ที่มีวัตถุประสงค์หลัก 2 ประการ คือ

1. การแสดงผลเชิงข้อมูล (Insightful Visualization): แดชบอร์ดอัจฉริยะที่แสดงภาพรวม แจ้งเตือนค่าผิดปกติ และแสดงแนวโน้มย้อนหลัง
2. การวิเคราะห์เชิงพยากรณ์ (Predictive Analytics): ประยุกต์ใช้ Linear Regression คาดการณ์แนวโน้มสุขภาพในอนาคต 1-2 ปี

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการฐานข้อมูลสุขภาพส่วนบุคคล (Personal Health Record) เป็นของ Microsoft HealthVault และ Google Health เป็นระบบรุ่นแรกที่ได้รับความสนใจอย่างกว้างขวางแต่ต้องยุติการให้บริการ เนื่องจากความกังวลด้านความเป็นส่วนตัวและโมเดลธุรกิจที่ไม่ยั่งยืน ต่อมาแอปพลิเคชัน Apple Health และ Google Fit นำเสนอแนวทางที่ผสานข้อมูลจากเซนเซอร์อุปกรณ์สวมใส่ แต่ยังจำกัดความสามารถในการนำเข้าข้อมูลจากห้องปฏิบัติการคลินิกและขาดการวิเคราะห์เชิงพยากรณ์ (Predictive Analytics) ที่มีนัยสำคัญทางคลินิก

ในบริบทของ NCDs มีงานวิจัยที่ศึกษาความต้องการเครื่องมือดิจิทัลเพื่อติดตามสุขภาพระยะยาว Khunti et al. (2021) พบว่าผู้ป่วยเบาหวานที่ใช้แอปพลิเคชันติดตามตนเองสามารถควบคุมระดับ HbA1c ได้ดีกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) อย่างไรก็ตามปัญหาหลักคือ แอปพลิเคชันส่วนใหญ่ไม่รองรับการนำเข้าข้อมูลผลตรวจเลือดจากห้องปฏิบัติการซึ่งเป็นตัวชี้วัดหลักของ NCDs งานวิจัยด้าน mHealth สำหรับผู้ป่วยโรคเรื้อรังบนสถาปัตยกรรมแบบไคลเอนต์-เซิร์ฟเวอร์ พบว่า ผู้ใช้มีความกังวลสูงเกี่ยวกับการส่งข้อมูลทางการแพทย์ผ่านเครือข่าย โดยร้อยละ 67 ระบุว่ามีความกังวลด้านความเป็นส่วนตัว จึงเป็นอุปสรรคหลักในการใช้งาน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Abouelmehdi et al. (2018) ที่ทบทวนความเสี่ยงด้านความมั่นคงปลอดภัยของข้อมูลขนาดใหญ่ในระบบสาธารณสุข และเสนอแนะให้ใช้การออกแบบโดยคำนึงถึงความเป็นส่วนตัวตั้งแต่ต้นเป็นสถาปัตยกรรมพื้นฐาน

การพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันสถาปัตยกรรมแบบไคลเอนต์-เซิร์ฟเวอร์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะหลังการเปิดตัวมาตรฐานเว็บแอปแบบก้าวหน้า (PWA) ของ W3C. มีการรายงานว่า IndexedDB รองรับการจัดเก็บข้อมูลเชิงโครงสร้างบน Browser ได้ถึง 50% ของพื้นที่ Disk โดยไม่มีการส่งข้อมูลออกนอกอุปกรณ์ การเปรียบเทียบกลไกการจัดเก็บข้อมูลของเบราว์เซอร์พบว่า IndexedDB มีประสิทธิภาพสูงกว่าพื้นที่จัดเก็บข้อมูลภายในเครื่อง สำหรับข้อมูลที่มีโครงสร้างซับซ้อนโดยเฉพาะเมื่อใช้ร่วมกับการสืบค้นข้อมูลแบบอิงดัชนีที่ให้เวลาค้นหา O(log n) เทียบกับ O(n) ของการสแกนทั้งหมด

งานวิจัยด้านแอปพลิเคชันติดตามสุขภาพที่สามารถใช้งานได้แม้ไม่มีอินเทอร์เน็ต พัฒนาแอปพลิเคชันติดตามสุขภาพที่สามารถใช้งานได้แม้ไม่มีอินเทอร์เน็ตสำหรับพื้นที่ห่างไกลด้วยตัวทำงานเบื้องหลังของบริการและ IndexedDB พบว่าการออกแบบ Schema อย่างรอบคอบมีผลสำคัญต่อประสิทธิภาพการค้นหาข้อมูล โดยดัชนีแบบผสมบน (patientId, date) ช่วยลดเวลาการค้นหาลงถึงร้อยละ 78 เมื่อเทียบกับดัชนีแบบฟิลด์เดียว

OWASP (Open Web Application Security Project) ระบุ XSS (Cross-Site Scripting) และการจัดเก็บข้อมูลที่ไม่ปลอดภัยไว้ใน 10 อันดับความเสี่ยงด้านความปลอดภัยของเว็บแอปพลิเคชัน ที่ส่งผลกระทบรุนแรงต่อระบบสุขภาพ (OWASP, 2021) จากการศึกษาการโจมตีระบบสุขภาพดิจิทัลพบว่าร้อยละ 43 ของช่องโหว่มาจากการตรวจสอบข้อมูลนำเข้าที่ไม่เพียงพอและการขาดส่วนนำด้านความปลอดภัย โดยนโยบายความปลอดภัยของเนื้อหาสามารถลด XSS Attack Surface ได้ถึงร้อยละ 89

Web Crypto API และมาตรฐาน Framework สำหรับการเข้ารหัสฝั่งไคลเอนต์ของข้อมูลสุขภาพโดยใช้ Web Crypto API พบว่า AES-256-GCM เป็นชุดอัลกอริทึมการเข้ารหัสที่เหมาะสมที่สุดสำหรับข้อมูลสุขภาพส่วนบุคคล เนื่องจากให้ทั้งการรักษาความลับ (Confidentiality) และความถูกต้องครบถ้วนของข้อมูล (Integrity) ผ่านแท็กยืนยันตัวตน (Authentication Tag) โดยไม่จำเป็นต้องใช้การจัดการกุญแจฝั่งเซิร์ฟเวอร์

Karim et al. (2017) นำเสนอเครือข่าย LSTM ที่มีความสามารถในการเข้าถึงและใช้งานได้ สำหรับการจำแนกข้อมูลอนุกรมเวลาในด้านสุขภาพ พบว่าสามารถให้ความแม่นยำสูงกว่าวิธีการทางสถิติแบบดั้งเดิมในกรณีที่มีข้อมูลเพียงพอ

อย่างไรก็ตาม หลักการด้านแบบจำลองทางสถิติชี้ให้เห็นว่าสำหรับข้อมูลสุขภาพส่วนบุคคลที่มีจำนวนจุดข้อมูลน้อย (น้อยกว่า 30 จุด) Linear Regression ยังคงเป็น Model ที่เหมาะสมกว่าเนื่องจากสามารถอธิบายการทำงานของโมเดลได้ง่ายและมีความเสี่ยงต่อการเกิด Overfitting ต่ำ ซึ่งสอดคล้องกับบริบทการใช้งานระบบ PHAMS ที่ผู้ใช้ทำการตรวจสุขภาพปีละ 1-2 ครั้ง

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับระบบ PHAMS

งานวิจัย / ระบบ	สถาปัตยกรรม	ฐานข้อมูล	Security	การวิเคราะห์เชิงพยากรณ์	การออกแบบโดยคำนึงถึงความเป็นส่วนตัวตั้งแต่ต้น
Apple Health / Google Fit	Client-Server	Cloud DB	TLS/OAuth	จำกัด	ไม่
mHealth App (Client-Server)	Client-Server	MySQL	HTTPS	ไม่	บางส่วน
Offline-First PWA (IndexedDB)	Offline-First	IndexedDB	Service Worker	ไม่	บางส่วน
ระบบ PHAMS (งานนี้)	Client-Side Only	IndexedDB + Schema	CSP+SRI+AES-256	Linear Regression	สมบูรณ์

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

สถาปัตยกรรมของระบบ (System Architecture)

ระบบ PHAMS ถูกออกแบบบนหลักการสถาปัตยกรรมฝั่งไคลเอ็นต์ (Client-Side Architecture) ตั้งแต่การอ่านไฟล์ การประมวลผล การวิเคราะห์ และการแสดงผล เพื่อรองรับวัตถุประสงค์ ด้านการออกแบบทั้ง 2 ประการที่นำมาใช้ในการพัฒนาระบบจึงออกแบบกลไกหลักของแต่ละชั้นให้ครอบคลุม ดังนี้ ในด้านการบูรณาการข้อมูล (Data Integration) ชั้นการนำเสนอ และชั้นตรรกะการทำงานของแอปพลิเคชันทำงานร่วมกันในการรับและแปลงข้อมูลจากไฟล์มาตรฐาน (Excel .xlsx, .csv) ทั้ง 4 หมวดหมู่ (Biochemistry, CBC, Urine Analysis, Vital Signs) ให้อยู่ในรูปแบบที่พร้อมจัดเก็บ โดยใช้ Schema ที่กำหนดไว้อย่างชัดเจนเพื่อรองรับข้อมูล NCDs ที่ต้องติดตามต่อเนื่องระยะยาว ในด้านการออกแบบฐานข้อมูลเชิงประสิทธิภาพชั้นจัดเก็บและคงอยู่ของข้อมูลออกแบบ โครงสร้างเชิงสัมพันธ์บน IndexedDB พร้อมกลยุทธ์การทำดัชนีแบบผสมบน [ประเภทข้อมูล, วันที่บันทึก]เพื่อรองรับการค้นหาข้อมูลชีวเคมีของผู้ป่วย NCDs ตามช่วงเวลาได้อย่างรวดเร็วด้วย Time Complexity O(log n) รับประกันความถูกต้อง

ครบถ้วนของข้อมูลผ่านการบันทึกข้อมูลแบบ Transaction และการตรวจสอบ Checksum พร้อมเน้นความมั่นคงปลอดภัยในระดับแอปพลิเคชันผ่านชั้นความปลอดภัยของระบบปกป้องข้อมูลสุขภาพที่ละเอียดอ่อนของผู้ป่วย NCDs ด้วย CSP, SRI และ AES-256-GCM Encryption ก่อนจัดเก็บใน IndexedDB เพื่อป้องกัน XSS, CSRF และการเข้าถึงข้อมูลโดยไม่ได้รับอนุญาต เพื่อคงไว้ซึ่งความสามารถในการรองรับการขยายตัวของระบบ และความง่ายต่อการดูแลรักษาระบบ

เทคโนโลยีที่ใช้ในระบบ ได้แก่ Vanilla JavaScript (ES6+) สำหรับตรรกะฝั่ง Front-end TailwindCSS สำหรับการออกแบบ UI, Chart.js สำหรับการแสดงผลข้อมูล XLSX.js (SheetJS) สำหรับการประมวลผลไฟล์ และ Web Crypto API สำหรับการเข้ารหัสฝั่งผู้ใช้งาน

การออกแบบฐานข้อมูล (Database Design)

ระบบใช้ IndexedDB เป็นฐานข้อมูลบนเว็บเบราว์เซอร์ ซึ่งรองรับการจัดเก็บข้อมูลแบบมีโครงสร้างและการค้นหาข้อมูลด้วยดัชนี โดยมีการออกแบบโครงสร้างข้อมูล (Schema) ประกอบด้วย โครงสร้าง Object Store (Schema Design) กระบวนการทำงานของข้อมูล (Data Workflow) ดังตารางที่ 2 และ 3

ตารางที่ 2 โครงสร้าง Object Store ของ IndexedDB

ที่จัดเก็บข้อมูล	ฟิลด์คีย์หลัก	ดัชนีข้อมูล	คำอธิบาย
health_records	id (Auto-increment)	record_date, data_type, [data_type+record_date]	เก็บข้อมูลผลตรวจแต่ละรายการ
health_metrics	id (Auto-increment)	metric_name, [metric_name+record_date]	ค่าสุขภาพแต่ละ Metric แยกเก็บ
reference_ranges	metric_name (Unique)	category	ค่าอ้างอิงมาตรฐานทางการแพทย์
import_history	id (Auto-increment)	import_date, file_type	ประวัติการนำเข้าไฟล์
user_settings	key (Unique)	-	การตั้งค่าและ Encryption Key Material

การออกแบบดัชนีแบบผสม (Composite Index) บน [ประเภทข้อมูล, วันที่บันทึก] ภายใน Object Store ชื่อ health_records ช่วยให้การค้นหาข้อมูลตามประเภทและช่วงเวลามีความซับซ้อนเชิงเวลาแบบ O(log n) แทนการค้นหาแบบ Full-Scan ที่มีความซับซ้อน O(n) ซึ่งมีความสำคัญอย่างมากเมื่อปริมาณข้อมูลสะสมเพิ่มขึ้นในอนาคต

กลไก Data Integrity

เพื่อป้องกัน Data Corruption และรับประกันความสอดคล้องของข้อมูล ระบบนำกลไกต่อไปนี้มาใช้:

- Transaction-based Write: การเขียนข้อมูลทุกครั้งใช้ IndexedDB Transaction ที่รองรับ Atomicity ทำให้มั่นใจได้ว่าข้อมูลถูกบันทึกครบถ้วนหรือไม่ถูกบันทึกเลย

- Schema Validation ก่อนบันทึก: ตรวจสอบ Required Fields, Data Type และ Value Range ก่อนเขียนลง IndexedDB ทุกครั้ง
- Checksum Verification: คำนวณ SHA-256 Hash ของชุดข้อมูลแต่ละชุดและจัดเก็บควบคู่เพื่อตรวจสอบ Integrity เมื่อดึงข้อมูลมาใช้งาน
- Duplicate Detection: ตรวจสอบ record_date ซ้ำซ้อนก่อน Insert และแจ้งเตือนผู้ใช้ให้เลือก Overwrite หรือ Skip

ตารางที่ 3 กระบวนการทำงานของข้อมูล (Data Workflow)

ขั้น	กระบวนการ	เทคนิค/เครื่องมือ	Output
1	Import ไฟล์ .xlsx หรือ .csv	FileReader API + XLSX.js	Raw JSON Array
2	Type Detection: ระบุประเภทข้อมูลจากชื่อไฟล์/ชีต	Alias Matching (Regex)	data_type: String
3	Schema Validation: ตรวจสอบ Required Columns	JSON Schema Validator	Valid/Invalid + Error List
4	Encryption: เข้ารหัสข้อมูลก่อนจัดเก็บ	Web Crypto API (AES-256-GCM)	Encrypted Buffer
5	Storage: บันทึกลง IndexedDB ด้วย Transaction	IndexedDB API	Committed Record
6	Retrieval: ดึงข้อมูล ถอดรหัส และ Integrity Check	IndexedDB + SHA-256 Verify	Verified JSON
7	Analysis: Anomaly Detection + Trend Visualization	Rule Engine + Chart.js	Dashboard + Alerts
8	Prediction: พยากรณ์แนวโน้ม 1-2 ปี	Linear Regression Engine	Prediction Cards

กลไกการวิเคราะห์และพยากรณ์ (Analysis and Prediction Engine)

ระบบใช้ Medical Reference Ranges ที่กำหนดไว้ล่วงหน้าตามมาตรฐานสากล ประเมินค่าสุขภาพ 3 ทิศทาง ได้แก่ (1) Between: ค่าควรอยู่ในช่วงที่กำหนด เช่น Glucose 70-99 mg/dL, Cholesterol 150-200 mg/dL; (2) Min: ค่าควรสูงกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำ เช่น eGFR > 60 mL/min/1.73m², HDL > 40 mg/dL; และ (3) Max: ค่าควรต่ำกว่าเกณฑ์สูงสุด เช่น LDL < 100 mg/dL, Triglyceride < 150 mg/dL

ระบบคำนวณ Linear Regression ด้วยสูตรวิธีกำลังสองน้อยที่สุดแบบสามัญ (Ordinary Least Squares -OLS) บน JavaScript โดยตรง ไม่ต้องพึ่งพา External ML Library: $y = mx + b$ โดยที่ $m = [n(\Sigma xy) - (\Sigma x)(\Sigma y)] / [n(\Sigma x^2) - (\Sigma x)^2]$ และ $b = (\Sigma y - m\Sigma x) / n$ ระบบตีความค่า Slope (m) เพื่อระบุทิศทางแนวโน้ม: $m > 0.5$ = 'มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น', $m < -0.5$ = 'มีแนวโน้มลดลง', $-0.5 \leq m \leq 0.5$ = 'คงที่' โดยเลือกใช้เกณฑ์ ±0.5 จากการ Calibrate ด้วยข้อมูลจริงในบริบทสุขภาพประชากรไทย นอกจากนี้ระบบยังแสดงสัมประสิทธิ์การพิจารณา (Coefficient of Determination (R^2) เพื่อให้ผู้ใช้ประเมินการทดสอบความพอดี (Goodness of Fit) ของแบบจำลองได้โดยตรง

ผลการวิจัย

ระบบ PHAMS เป็นเว็บแอปพลิเคชันที่ทำงานได้อย่างสมบูรณ์ ประกอบด้วยส่วนประกอบหลัก 4 ส่วน คือ

ส่วนแดชบอร์ดหลัก (Main Dashboard)

แดชบอร์ดแสดงผลแบบ Real-time ประกอบด้วย (1) Health Summary Cards: สรุปตัวชี้วัดหลัก 4 ข้อ ได้แก่ BMI ความดันโลหิต จำนวนค่าผิดปกติ และวันที่ตรวจล่าสุด (2) Alert Status Panel: แสดงรายการค่าที่อยู่นอกเกณฑ์มาตรฐาน พร้อมแถบสีแดง/เหลือง/เขียว และ (3) Detailed Latest Data: แสดงผลการตรวจล่าสุดจัดกลุ่มตาม 4 หมวดหมู่

ส่วนแสดงผลกราฟแนวโน้ม (Trend Visualization)

กราฟเส้นแสดงการเปลี่ยนแปลงของค่าสุขภาพตามเวลา พร้อมเส้นแนวนอนแสดงค่าปกติและค่าพยากรณ์ในอนาคต ที่แสดงด้วยเส้นประ โดยผู้ใช้สามารถ Toggle เปิด/ปิดแต่ละ Metric ที่ต้องการดูได้

ส่วน Prediction Cards

แสดงผลการพยากรณ์ค่าสุขภาพหลัก 4 ตัว (น้ำหนัก, ความดันโลหิต, น้ำตาลในเลือด, คอเลสเตอรอล) ใน 1 ปีและ 2 ปี ข้างหน้า พร้อม Trend Direction Indicator (↑ ↓ →) และค่า R^2 เพื่อความโปร่งใสของแบบจำลอง

ส่วนการจัดการและตรวจสอบคุณภาพข้อมูล (Data Management & Quality Panel)

แสดงประวัติการนำเข้าไฟล์ทั้งหมดผลการตรวจสอบความถูกต้องของโครงสร้างข้อมูลและสถานะการตรวจสอบความครบถ้วน ในแต่ละรายการ เพื่อสร้างความโปร่งใสและความน่าเชื่อถือให้แก่ผู้ใช้งาน

การทดสอบและประเมินประสิทธิภาพระบบ

การประเมินระบบ PHAMS แบ่งออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ (1) Functional Testing, (2) Security Testing และ (3) User Acceptance Testing ด้วย System Usability Scale (SUS) และ Performance Benchmark ดังตารางที่ 4 – 6

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบ Functional Testing

Test Case	Input	Expected Output	ผลการทดสอบ	Pass/Fail
TC-01: นำเข้าไฟล์ Biochemistry (.xlsx)	ไฟล์ที่มี Column ครบถ้วน	บันทึกข้อมูล + แสดง Preview	ทำงานถูกต้อง	✓ Pass
TC-02: นำเข้าไฟล์ที่ขาด Column	ไฟล์ที่ขาด glucose column	Error Alert แจ้งชื่อ Column ที่ขาด	แจ้งเตือนถูกต้อง	✓ Pass
TC-03: ตรวจจับค่าผิดปกติ	Glucose = 145 mg/dL	Alert สีแดง + รายการแจ้งเตือน	ตรวจจับถูกต้อง	✓ Pass
TC-04: พยากรณ์แนวโน้ม	ข้อมูล 5 จุดย้อนหลัง	ค่าพยากรณ์ 1-2 ปี + R^2	คำนวณถูกต้อง	✓ Pass
TC-05: Encryption/Decryption	ข้อมูลตัวอย่าง	ถอดรหัสตรงกับต้นฉบับ	ถูกต้อง 100%	✓ Pass
TC-06: CSP Blocking XSS	Script Injection Payload	Browser Block + Console Error	บล็อคสำเร็จ	✓ Pass
TC-07: ข้อมูลซ้ำซ้อน	ไฟล์ที่มี record_date เดิม	Dialog ถามผู้ใช้ Overwrite/Skip	แสดง Dialog ถูกต้อง	✓ Pass
TC-08: Query Performance	ค้นหาข้อมูล 1,000 Records	Response Time < 200ms	ค่าเฉลี่ย 87ms	✓ Pass

Security Testing

การทดสอบความปลอดภัยด้วย OWASP ZAP (Zed Attack Proxy) สำหรับ Automated Scanning และ Manual Penetration Testing สำหรับ Client-Side Specific Vulnerabilities

ตารางที่ 5 ผลการทดสอบ Security

ประเภทการโจมตี	เทคนิคที่ทดสอบ	มาตรการป้องกัน	ผลการทดสอบ
XSS (Stored)	Inject Script ผ่าน File Import	CSP + Input Sanitization	ถูกบล็อค 100%
XSS (Reflected)	Script Payload ใน URL Parameter	CSP strict-dynamic	ถูกบล็อค 100%
Data Exfiltration	Fetch/XHR ไปยัง External Domain	CSP connect-src 'none'	ถูกบล็อค 100%
Tampered Library	แทนที่ Chart.js ด้วยไฟล์แก้ไข	SRI Hash Mismatch	ถูกบล็อค 100%
Direct DB Access	อ่าน IndexedDB จาก DevTools	AES-256-GCM Encryption	ข้อมูลเป็น Ciphertext
Brute Force Key	ทดสอบ Password Dictionary	PBKDF2 100k Iterations	ใช้เวลา > 24 ชั่วโมง/key

User Acceptance Testing (SUS)

ผลการประเมินกับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 20 คน ที่มีประสบการณ์การตรวจสุขภาพประจำปี ซึ่งประกอบด้วยผู้ที่มีประวัติหรือความเสี่ยงต่อ NCDs (เบาหวาน ความดันโลหิตสูง ไขมันในเลือดสูง) รวมอยู่ด้วย โดยใช้ System Usability Scale (SUS) แบบสอบถาม 10 ข้อ (คะแนนเต็ม 100)

ตารางที่ 6 ผลการทดสอบ Performance

การดำเนินการ	Dataset ขนาดเล็ก (< 100 Records)	Dataset ขนาดกลาง (100-500 Records)	Dataset ขนาดใหญ่ (> 500 Records)
File Import & Parse	< 50 ms	50-150 ms	150-400 ms
Encrypt & Store	< 30 ms	30-120 ms	120-300 ms
Query & Decrypt	< 20 ms	20-80 ms	80-200 ms
Trend Visualization	< 100 ms	100-200 ms	200-350 ms
Linear Regression	< 10 ms	< 10 ms	< 15 ms
Dashboard Render	< 150 ms	150-250 ms	250-400 ms

ตารางที่ 7 ผลการประเมิน SUS

กลุ่มผู้ใช้	จำนวน (คน)	คะแนน SUS เฉลี่ย	ระดับ	ข้อสังเกต
บุคลากร	8	85.8	Excellent	ต้องการ Integration กับ HIS
ผู้ใช้ทั่วไปที่ใช้คอมพิวเตอร์เป็นประจำ	7	83.5	Excellent	ขั้นตอน Import ชัดเจน
ผู้ใช้อาวุโส (อายุ 50+ ปี)	5	78.2	Good	ต้องการ Font Size ใหญ่ขึ้น
รวม / เฉลี่ย	20	83.2	Excellent	-

การอภิปรายผล

ระบบ PHAMS ที่พัฒนาขึ้นนี้แสดงให้เห็นถึงศักยภาพของสถาปัตยกรรมฝั่งผู้ใช้ (Client-Side Architecture) ในฐานะแพลตฟอร์มที่ปกป้องความเป็นส่วนตัวได้อย่างมีประสิทธิภาพสำหรับระบบสุขภาพส่วนบุคคล โดยสามารถบรรลุวัตถุประสงค์หลักทั้ง 2 ประการที่ตั้งไว้ได้ครบถ้วน จุดเด่นด้านนวัตกรรมที่แตกต่างจากงานวิจัยก่อนหน้าอย่างชัดเจน คือ การบูรณาการการออกแบบฐานข้อมูลที่มีโครงสร้างรัดกุม (ทั้งในด้าน Structured Schema และ Composite Indexing) เข้ากับความมั่นคงปลอดภัยในระดับแอปพลิเคชัน (CSP, SRI และ AES-256-GCM) รวมถึงการวิเคราะห์เชิงพยากรณ์ไว้ในแพลตฟอร์มเดียว โดยไม่จำเป็นต้องพึ่งพาเซิร์ฟเวอร์ภายนอกแต่อย่างใด เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยของ งานวิจัยที่พัฒนาแอปพลิเคชันสุขภาพแบบ Offline-First ซึ่งใช้ IndexedDB แต่ยังขาดกลไกการเข้ารหัสและการตรวจสอบความสมบูรณ์ของข้อมูล ระบบ PHAMS มีความครบถ้วนสมบูรณ์ด้านความปลอดภัย

ผลการทดสอบ User Acceptance Testing ได้คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 83.2 คะแนน จากกลุ่มตัวอย่าง 20 คน ซึ่งอยู่ในระดับดีเยี่ยม (Excellent) สอดคล้องกับเกณฑ์มาตรฐานของ Bangor et al. (2009) ที่ระบุว่าคะแนนที่สูงกว่า 80 บ่งชี้ถึงระบบที่ผู้ใช้พึงพอใจและสามารถนำไปใช้งานได้จริงในทางปฏิบัติ โดยเฉพาะอย่างยิ่งกลุ่มบุคลากรด้านสาธารณสุขและผู้ที่มีความเสี่ยงต่อโรค NCDs ต่างให้คะแนนสูงในด้านประโยชน์ที่รับรู้ได้จากการใช้งานระบบ อย่างไรก็ตาม คะแนนที่ต่ำกว่าในกลุ่มผู้ใช้สูงอายุ (78.2 คะแนน) สะท้อนให้เห็นถึงความจำเป็นในการปรับปรุงความสะดวกในการเข้าถึงส่วนติดต่อผู้ใช้ (UI Accessibility) สำหรับกลุ่มดังกล่าว ซึ่งควรนำมาพิจารณาเป็นแนวทางในการพัฒนาระบบในระยะต่อไป

แนวทางการพัฒนาในอนาคต (Future Work) สำหรับระบบ PHAMS ที่ควรนำไปพิจารณา ได้แก่

1. ความซับซ้อนของแบบจำลองพยากรณ์ การถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression) มีข้อจำกัดในการจับความสัมพันธ์แบบไม่เชิงเส้น (Non-linear Relationships) และรูปแบบตามฤดูกาล (Seasonal Patterns) ในข้อมูลสุขภาพ ดังนั้น ในอนาคตควรพิจารณาสำรวจการใช้แบบจำลอง ARIMA หรือ LSTM สำหรับผู้ใช้ที่มีข้อมูลสะสมในระยะยาวเพียงพอ (มากกว่า 30 จุดข้อมูล)

2. ข้อจำกัดของ localStorage และ IndexedDB ระบบในปัจจุบันยังไม่รองรับการซิงค์ข้อมูลข้ามอุปกรณ์ แนวทางที่ควรพิจารณาในอนาคต คือการพัฒนาสถาปัตยกรรมคลาวด์ที่ปกป้องความเป็นส่วนตัว โดยใช้การเข้ารหัสฝั่งผู้ใช้ (Client-Side Encryption) ก่อนทำการอัปโหลดข้อมูล

3. การเข้าถึงสำหรับผู้ใช้ทุกกลุ่ม (Accessibility) ควรปรับปรุงส่วนติดต่อผู้ใช้ให้ได้มาตรฐาน WCAG 2.1 ระดับ AA โดยเฉพาะในด้านขนาดตัวอักษร ความคมชัดของสี และการรองรับโปรแกรมอ่านหน้าจอ (Screen Reader) เพื่อให้ผู้ใช้สูงอายุสามารถใช้งานได้อย่างสะดวกยิ่งขึ้น

4. การตรวจสอบความถูกต้องทางคลินิก (Clinical Validation) ค่าช่วงอ้างอิงที่ใช้ในระบบปัจจุบันอิงตามมาตรฐานสากล ซึ่งอาจมีความแตกต่างจากค่าอ้างอิงที่เหมาะสมสำหรับประชากรไทย จึงควรดำเนินการตรวจสอบความถูกต้องร่วมกับแพทย์ผู้เชี่ยวชาญและห้องปฏิบัติการทางคลินิกในโอกาสต่อไป

บทสรุป

งานวิจัยนี้นำเสนอการออกแบบและพัฒนาระบบ PHAMS (Personal Health Analytics and Management System) โดยบูรณาการองค์ประกอบสำคัญ 3 ด้านเข้าไว้ในแพลตฟอร์มเดียว ได้แก่ การออกแบบฐานข้อมูลที่มีโครงสร้างรัดกุมบน IndexedDB พร้อมกลยุทธ์การจัดทำดัชนีแบบผสม (Composite Indexing) กลไกความมั่นคงปลอดภัยของเว็บแอปพลิเคชันในระดับ Defense-in-Depth ครอบคลุมทั้ง CSP SRI และ AES-256-GCM รวมถึงการวิเคราะห์เชิงพยากรณ์ด้วยการถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression) ทั้งหมดนี้ทำงานได้อย่างสมบูรณ์บนสถาปัตยกรรมฝั่งผู้ใช้ (Client-Side Architecture) โดยไม่ต้องพึ่งพาเซิร์ฟเวอร์ภายนอก

ผลการทดสอบเป็นเครื่องยืนยันว่าระบบมีประสิทธิภาพสูงในทุกมิติ ทั้งด้านความถูกต้องเชิงฟังก์ชัน (ผ่านทุกกรณีทดสอบ) ความแข็งแกร่งด้านความปลอดภัย (สามารถป้องกัน XSS และการรั่วไหลของข้อมูลได้ 100%) ประสิทธิภาพการตอบสนอง (ใช้เวลาน้อยกว่า 200 มิลลิวินาทีในทุกชุดข้อมูล) และความสะดวกในการใช้งาน (คะแนน SUS 83.2 จากกลุ่มตัวอย่าง 20 คน อยู่ในระดับดีเยี่ยม) ดังนั้นสถาปัตยกรรมฝั่งผู้ใช้เป็นทางเลือกที่เหมาะสมและยั่งยืนสำหรับแอปพลิเคชันด้านสุขภาพในยุคดิจิทัล โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับระบบที่ยึดหลักการ Privacy-by-Design เป็นรากฐานสำคัญของการออกแบบ

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณหลักสูตรความมั่นคงปลอดภัยไซเบอร์ และคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต สำหรับการสนับสนุนด้านองค์ความรู้และทรัพยากรที่จำเป็นต่อการดำเนินงานวิจัยจนสำเร็จลุล่วง

เอกสารอ้างอิง

Abouelmehdi, K., Beni-Hssane, A., & Khaloufi, H. (2018). Big data security and privacy in healthcare: A review.*Procedia Computer Science*, 138, 58-64.

Bangor, A., Kortum, P., & Miller, J. (2009). Determining what individual SUS scores mean: Adding an adjective rating scale. Journal of Usability Studies, 4(3), 114-123.

Karim, F., Majumdar, S., Darabi, H., & Chen, S. (2017). LSTM Fully Convolutional Networks for Time Series Classification.*IEEE Access*, 6, 1662-1669.

Khunti, K., et al. (2021). Self-management of type 2 diabetes using digital health technology: A systematic review. Diabetes Care, 44(7), 1694-1702.

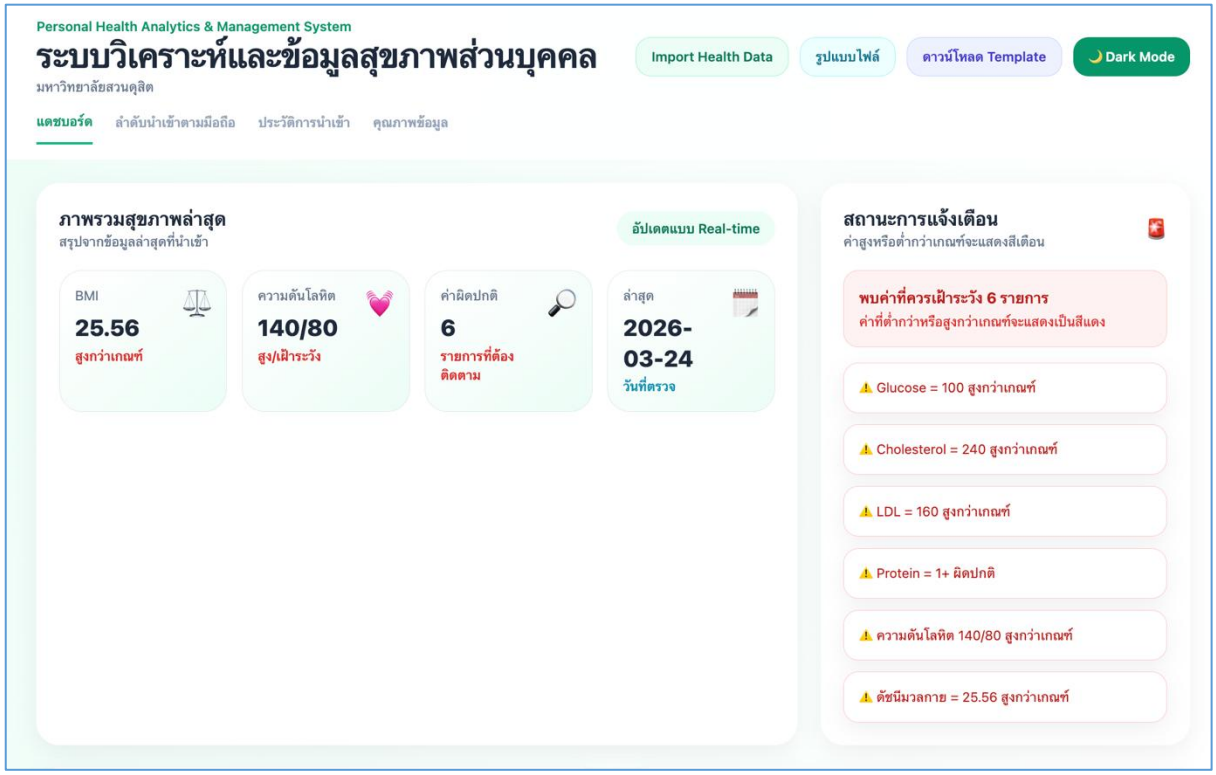
Mozilla Developer Network. (2023). IndexedDB API. [Online]. Available: https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/API/IndexedDB_API

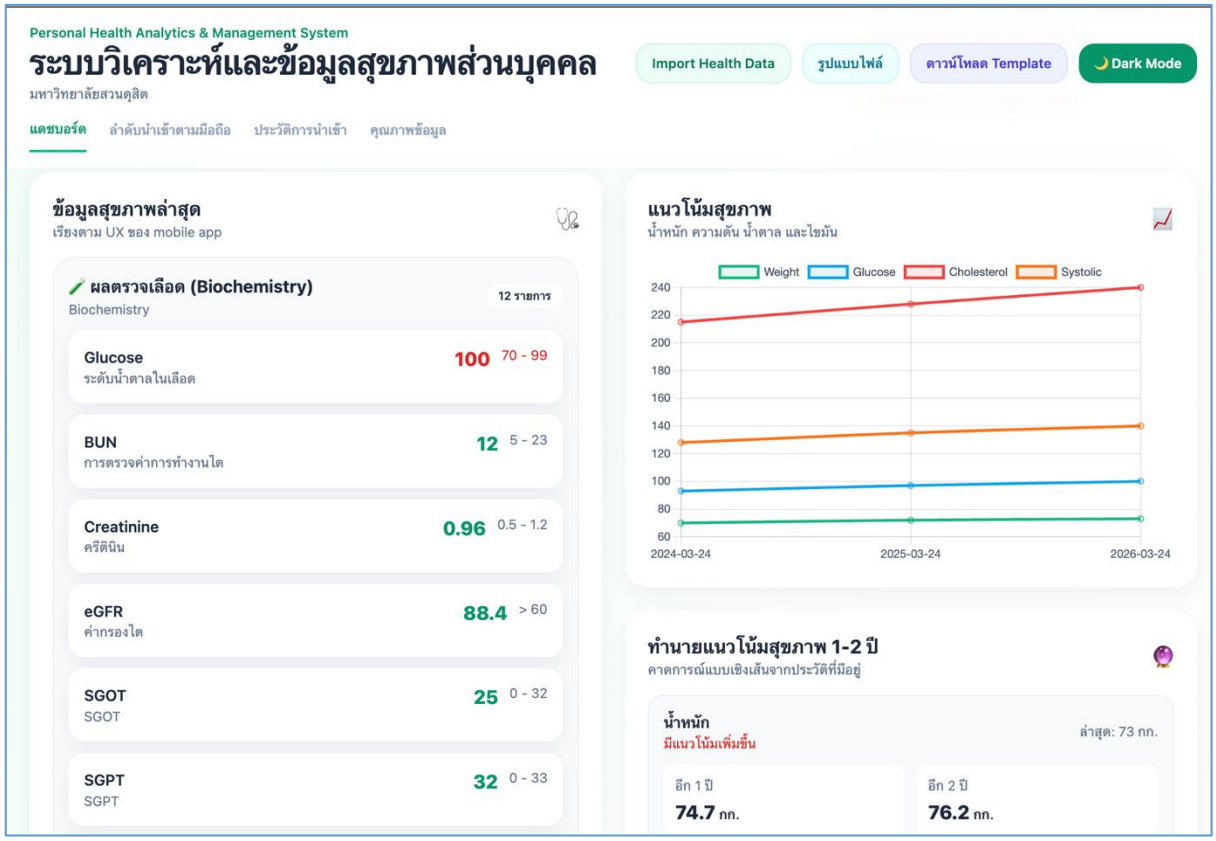
OWASP. (2021). OWASP Top Ten Web Application Security Risks. [Online]. Available: https://owasp.org/www-project-top-ten/

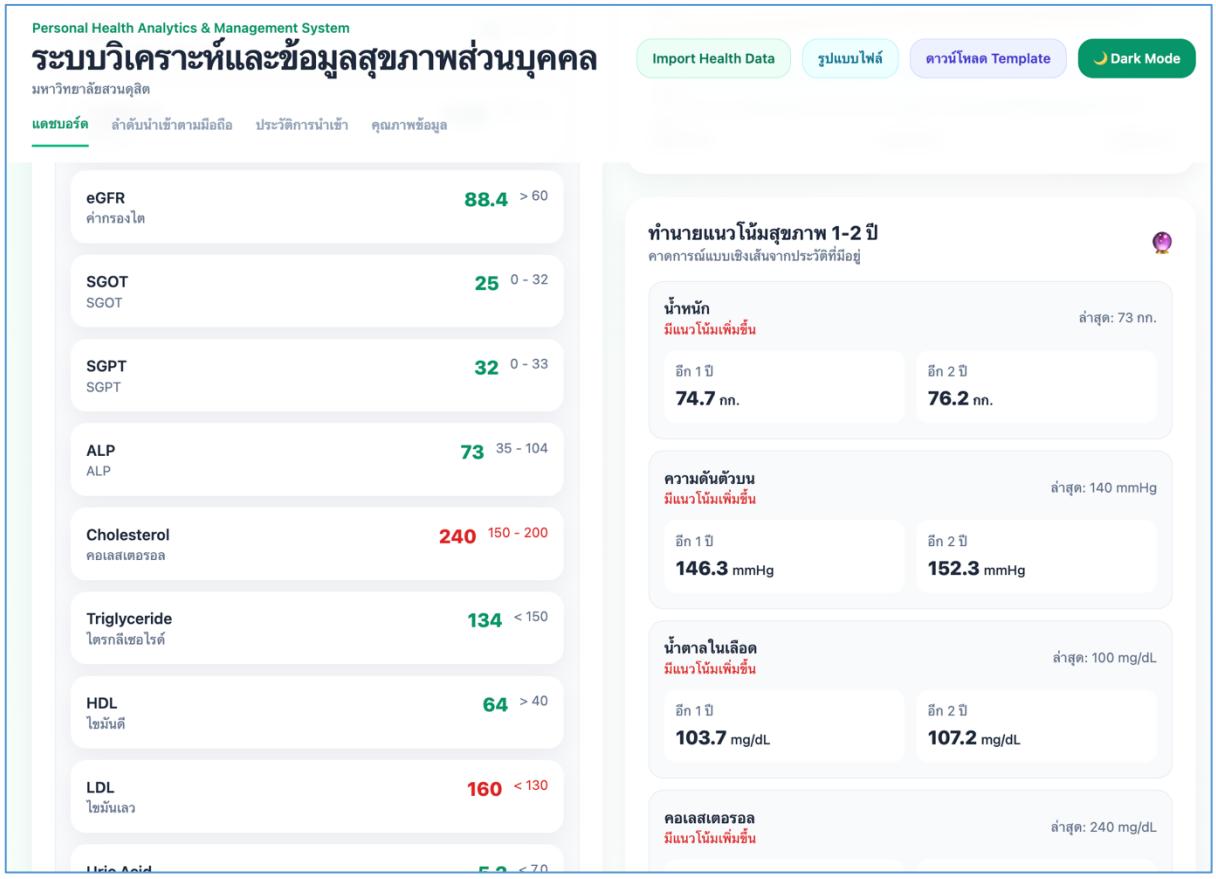
Sagiroglu, S., & Sinanc, D. (2013). Big data: A review. International Conference on Collaboration Technologies and Systems (CTS), 42-47.

World Health Organization. (2023).*Noncommunicable diseases*. [Online]. Available: https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/noncommunicable-diseases

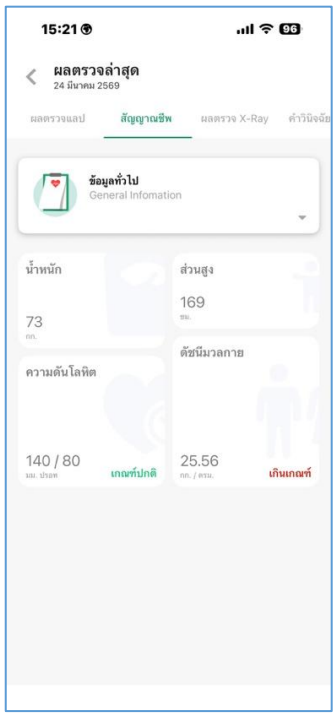
ภาพจากระบบ



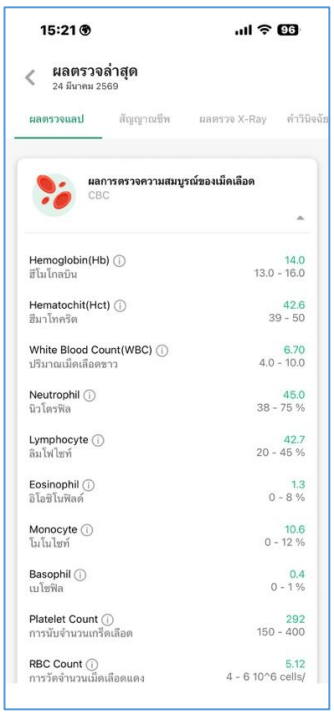

Personal Health Analytics & Management System
ระบบวิเคราะห์และข้อมูลสุขภาพส่วนบุคคล
มหาวิทยาลัยสวนดุสิต
Import Health Data
รูปแบบไฟล์
ดาวน์โหลด Template
Dark Mode
แดชบอร์ด
ลำดับนำเข้าตามมือถือ
ประวัติการนำเข้า
คุณภาพข้อมูล
ข้อมูลสุขภาพล่าสุด
เรียงตาม UX ของ mobile app
ผลตรวจเลือด (Biochemistry)
Biochemistry
12 รายการ
Glucose
ระดับน้ำตาลในเลือด
100
70 - 99
BUN
การตรวจค่าการทำงานไต
12
5 - 23
Creatinine
ครีตินิน
0.96
0.5 - 1.2
eGFR
ค่ากรองไต
88.4
> 60
SGOT
SGOT
25
0 - 32
SGPT
SGPT
32
0 - 33
แนวโน้มสุขภาพ
น้ำหนัก ความดัน น้ำตาล และไขมัน
Weight
Glucose
Cholesterol
Systolic
240
220
200
180
160
140
120
100
80
60
2024-03-24
2025-03-24
2026-03-24
ทำนายแนวโน้มสุขภาพ 1-2 ปี
คาดการณ์แบบเชิงเส้นจากประวัติที่มีอยู่
น้ำหนัก
มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น
ล่าสุด: 73 กก.
อีก 1 ปี
74.7 กก.
อีก 2 ปี
76.2 กก.



ภาพจากแอป Vajira@Home







การพยากรณ์ระดับน้ำโดยใช้แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม: กรณีศึกษาลุ่มน้ำกวง
Water level forecasting using artificial neural networks models: A case study of the Kuang River Basin

มงคลชัย ภิรมย์[1] และจีรยุทธ ไชยจารุวณิช[1*]
Mongkolchai Pirom[1] and Jeerayut Chaijaruwanich[1*]

[1] *คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่*
[1] *Faculty of Science, Chiang Mai University, Chiang Mai*
[*]*Corresponding Author E-mail Address : jeerayut.c@cmu.ac.th*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมสำหรับการพยากรณ์ระดับน้ำในลุ่มน้ำกวง จังหวัดลำพูน เพื่อสนับสนุนการพัฒนาระบบเตือนภัยล่วงหน้าในพื้นที่เสี่ยงภัย โดยประยุกต์ใช้แบบจำลองหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาว (Long Short-Term Memory; LSTM) ร่วมกับการกำหนดช่วงเวลาข้อมูลย้อนหลัง (Time Step) จำนวน 10 วัน และทำการเปรียบเทียบวิธีการจัดการข้อมูลสูญหาย (Missing data imputation) 3 รูปแบบ ได้แก่ การเติมค่าไปข้างหน้า (Forward fill) การเติมค่าย้อนหลัง (Backward fill) และการประมาณค่าในช่วงเชิงเส้น (Linear interpolation) ข้อมูลที่ใช้ประกอบด้วยระดับน้ำ อัตราการไหลของน้ำ และปริมาณน้ำฝนรายวันระหว่างปี พ.ศ. 2551 - 2562 ผลการศึกษาพบว่าแบบจำลองที่ใช้ชุดข้อมูลจากการประมาณค่าในช่วงเชิงเส้นให้ประสิทธิภาพสูงสุด โดยมีค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Error; RMSE) เท่ากับ 0.1417 เมตร นอกจากนี้ ผลการทดสอบกับชุดข้อมูลปี พ.ศ. 2567 ที่เกิดสถานการณ์น้ำท่วมจากพายุหมุนเขตร้อน “ยางิ” (Yagi) และ “ซูลิก” (Soulik) ซึ่งเป็นชุดข้อมูลที่แบบจำลองไม่เคยเห็นมาก่อนพบว่าแบบจำลองมีความแม่นยำสูงโดยมีค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ยร้อยละ (Mean Absolute Percentage Error; MAPE) เพียงร้อยละ 5.06 ซึ่งยืนยันได้ว่าแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นมีความเหมาะสมสำหรับการนำไปประยุกต์ใช้ในการพยากรณ์และเฝ้าระวังอุทกภัยในพื้นที่ลุ่มน้ำกวงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: การพยากรณ์ระดับน้ำ โครงข่ายประสาทเทียม LSTM ลุ่มน้ำกวง การจัดการข้อมูลสูญหาย

Abstract

This research aims to develop an artificial neural network model for water level forecasting in the Kuang River Basin, Lamphun Province, to support the development of early warning systems in high-risk areas. The Long Short-Term Memory (LSTM) network was implemented, incorporating a 10-day look-back window (time step), and compared across three missing data imputation methods: forward fill, backward fill, and linear interpolation. The dataset utilized includes daily records of water levels, discharge rate, and rainfall between 2008 and 2019. The study results revealed that the model employing the linear interpolation method

achieved the highest performance, with a Root Mean Square Error (RMSE) of 0.1417 meters. Furthermore, the model was evaluated using the 2024 dataset, encompassing flood events from Tropical cyclones “Yagi” and “Soulik” as unseen data, and demonstrated high predictive accuracy with a Mean Absolute Percentage Error (MAPE) of only 5.06%. These findings confirm that the developed model is highly suitable and effective for practical application in forecasting and monitoring floods within the Kuang River Basin.

Keywords: Water Level Forecasting, Artificial Neural Network, LSTM, Kuang River Basin, Missing Data Imputation

บทนำ

สถานการณ์อุทกภัยในพื้นที่ลุ่มน้ำกวง จังหวัดลำพูน เป็นปัญหาอุบัติซ้ำที่ส่งผลกระทบเชิงประจักษ์ต่อเสถียรภาพทางเศรษฐกิจ สังคม และโครงสร้างพื้นฐานของภูมิภาคอย่างต่อเนื่อง (ศูนย์อุทกวิทยาชลประทานภาคเหนือตอนบน, 2567) โดยเฉพาะในช่วงฤดูมรสุมที่ได้รับอิทธิพลจากพายุ ซึ่งส่งผลให้ปริมาณน้ำท่าเพิ่มสูงขึ้นอย่างฉับพลัน (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2567) จนเกินขีดความสามารถในการรองรับของลำน้ำ การพัฒนาแบบจำลองพยากรณ์ระดับน้ำที่มีความแม่นยำและตอบสนองต่อสถานการณ์ได้ทันท่วงที จึงเป็นองค์ประกอบสำคัญในการขับเคลื่อนระบบเตือนภัยล่วงหน้า (Early Warning System) ซึ่งสอดคล้องกับแนวทางการสร้างความมั่นคงด้านน้ำและการจัดการอุทกภัยตามที่ระบุไว้ในแผนยุทธศาสตร์ระดับชาติ (สำนักงานทรัพยากรน้ำแห่งชาติ, 2562) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการบริหารจัดการความเสี่ยงและลดความสูญเสียในพื้นที่ลุ่มน้ำ

ในการพยากรณ์ระดับน้ำมีความท้าทายเชิงวิชาการเนื่องจากข้อมูลทางอุทกวิทยามีลักษณะความสัมพันธ์ที่ไม่เป็นเชิงเส้น (Non-linear) และมีความผันแปรตามลำดับเวลา (Temporal Variation) ที่ซับซ้อน ส่งผลให้แบบจำลองเชิงสถิติและแบบจำลองเชิงกายภาพในรูปแบบดั้งเดิมมีข้อจำกัดในการประมวลผลข้อมูลที่มีความผันผวนสูง (กีรติ ลีวัจนกุล, 2541) นอกจากนี้ ในสภาวะการปฏิบัติงานจริงระบบพยากรณ์มักได้รับข้อมูลจากสถานีโทรมาตร (Telemetering Station) ที่ติดตั้งในพื้นที่ภาคสนาม ซึ่งมักประสบปัญหาการขาดหายของชุดข้อมูล (Missing Data) อันเนื่องมาจากความขัดข้องของอุปกรณ์ตรวจวัด ปัญหาในระบบเครือข่ายสื่อสาร หรือผลกระทบจากปัจจัยสภาพแวดล้อมที่รุนแรง ความไม่ต่อเนื่องของข้อมูลดังกล่าวถือเป็นอุปสรรคสำคัญ ที่ส่งผลโดยตรงต่อความน่าเชื่อถือและความแม่นยำของแบบจำลอง การคัดเลือกวิธีการประมาณค่าข้อมูลที่สูญหาย (Data Imputation) ที่เหมาะสมจึงเป็นขั้นตอนที่มีนัยสำคัญอย่างยิ่งในกระบวนการเตรียมข้อมูล (Data Preprocessing) (Hyndman and Athanasopoulos, 2018)

ด้วยเหตุนี้ เทคนิคการเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning) โดยเฉพาะสถาปัตยกรรมแบบจำลองหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาว (Long Short-Term Memory; LSTM) จึงถูกนำมาประยุกต์ใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการพยากรณ์ เนื่องจากโครงสร้างสถาปัตยกรรมของ LSTM มีความสามารถโดดเด่นในการจดจำและเรียนรู้รูปแบบความสัมพันธ์ของข้อมูลอนุกรมเวลา (Time Series) ได้ทั้งในระยะสั้นและระยะยาว (Hochreiter and Schmidhuber, 1997) ซึ่งสอดคล้องกับพฤติกรรมทางอุทกวิทยาที่มีความสัมพันธ์ต่อเนื่องของข้อมูลในอดีตและปัจจุบัน

งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลอง LSTM สำหรับพยากรณ์ระดับน้ำในลุ่มน้ำกวง โดยมุ่งวิเคราะห์ผลกระทบจากการใช้วิธีการจัดการข้อมูลสูญหาย 3 รูปแบบ ประกอบด้วย การเติมค่าไปข้างหน้า (Forward Fill) การเติมค่าย้อนหลัง (Backward Fill) และการประมาณค่าในช่วงเชิงเส้น (Linear Interpolation) เพื่อระบุแนวทางที่ให้ค่าความคลาดเคลื่อนต่ำที่สุด นอกจากนี้ยังได้ประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลองด้วยชุดข้อมูลสถานการณ์วิกฤตในปี

พ.ศ. 2567 ที่ได้รับอิทธิพลจากพายุหมุนเขตร้อน "ยางิ" (Yagi) และ "ซูลิก" (Soulik) ซึ่งเป็นข้อมูลที่แบบจำลองไม่เคยเห็น (Unseen Data) เพื่อยืนยันขีดความสามารถในการนำไปใช้งานจริงสำหรับการเฝ้าระวังและแจ้งเตือนภัยในพื้นที่ลุ่มน้ำกวง อย่างมีประสิทธิภาพ

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

1. การเก็บรวบรวมข้อมูล (Data Acquisition)

ข้อมูลที่ใช้ในงานวิจัยนี้เป็นชุดข้อมูลอนุกรมเวลาทุติยภูมิ (Secondary Time-series Data) ย้อนหลัง 12 ปี ตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม 2551 – 31 ธันวาคม 2562 จำนวน 4,383 ระเบียน จากเว็บไซต์ของศูนย์อุทกวิทยาชลประทานภาคเหนือตอนบน เป็นปัจจัยหลักในการสร้างแบบจำลอง ประกอบด้วย ตัวแปรนำเข้า (Input Features) ได้แก่

1.1 ข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายวัน จากสถานีสำรวจน้ำฝน ดังนี้

1.1.1 สถานีอำเภอสันทราย (rain_sansai) ตั้งอยู่อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่

1.1.2 สถานีอุตุวิทยาลำพูน (rain_lpn1) ตั้งอยู่อำเภอเมืองลำพูน จังหวัดลำพูน

1.1.3 สถานีเมืองลำพูน (rain_lpn2) ตั้งอยู่อำเภอเมืองลำพูน จังหวัดลำพูน

1.2 ระดับน้ำและอัตราการไหลของน้ำในแม่น้ำกวง จากสถานีสำรวจอุทกวิทยา ดังนี้

1.2.1 สถานี P.81 ตั้งอยู่ตำบลบวกค้าง อำเภอสันกำแพง จังหวัดเชียงใหม่

1.2.2 สถานี P.5 ตั้งอยู่ตำบลในเมือง อำเภอเมืองลำพูน จังหวัดลำพูน

โดยกำหนดให้การพยากรณ์ระดับน้ำที่สถานี P.5 เป็นตัวแปรเป้าหมาย (Target Variable) นอกจากนี้ยังได้เตรียมชุดข้อมูลทดสอบพิเศษ (Unseen Data) ตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม – 31 ธันวาคม 2567 ซึ่งเป็นปีที่เกิดเหตุการณ์อุทกภัยจากพายุหมุนเขตร้อน "ยางิ" (Yagi) และ "ซูลิก" (Soulik) เพื่อประเมินความสามารถของแบบจำลองในสภาวะวิกฤต

2. การเตรียมข้อมูลและจัดการข้อมูลสูญหาย (Data Preprocessing)

ในการศึกษานี้ ขั้นตอนการเตรียมข้อมูลถือเป็นส่วนสำคัญเพื่อให้มั่นใจว่าแบบจำลองจะสามารถประมวลผลได้อย่างแม่นยำ จากการตรวจสอบคุณลักษณะของข้อมูลเบื้องต้นดังรูปที่ 1 (ก) พบว่ามีข้อมูลสูญหาย (Missing Value) ในบางช่วงเวลา โดยเฉพาะตัวแปรปริมาณน้ำฝนในสถานี rain_lpn2 ซึ่งพบค่าว่างรวมทั้งสิ้น 105 รายการ อย่างไรก็ตาม เมื่อวิเคราะห์รูปแบบการขาดหายของข้อมูล (Missing Data Pattern Analysis) ในรูปที่ 1 (ข) พบว่าชุดข้อมูลมีความสมบูรณ์สูงถึง 4,230 รายการ หรือคิดเป็นร้อยละ 96.5 ของข้อมูลทั้งหมด

```
Missing data:
rain_sansai       49
p81_gage           0
p81_discharge      0
rain_lpn1          7
p5_gage            0
p5_Discharge       0
rain_lpn2        105
dtype: int64
```

(ก) แสดงจำนวนข้อมูลที่หายไป

```
Missing data pattern:
False-False-False-False-False-False-False    4230
False-False-False-False-False-False-True       97
True-False-False-False-False-False-False       48
False-False-False-True-False-False-True         7
True-False-False-False-False-False-True         1
Name: count, dtype: int64
```

(ข) วิเคราะห์ Pattern ของ Missing Data

รูปที่ 1 การตรวจสอบคุณลักษณะของข้อมูล (ก) แสดงจำนวนข้อมูลที่หายไป (ข) วิเคราะห์ Pattern ของ Missing Data

เมื่อพิจารณาลักษณะการขาดหายเชิงลึก พบว่ารูปแบบที่มีนัยสำคัญที่สุดคือการขาดหายแบบตัวแปรเดี่ยว (Single-variable Missingness) โดยเฉพาะสถานี rain_lpn2 ซึ่งมีการขาดหายเฉพาะสถานีนี้จำนวน 97 รายการ (จากยอดรวม 105 รายการ)

และสถานี rain_sansai จำนวน 48 รายการ ในขณะที่การขาดหายพร้อมกันหลายสถานี (Multi-variable Missingness) ปรากฏเพียงส่วนน้อยเท่านั้น ลักษณะดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่าความขัดข้องของข้อมูลส่วนใหญ่เกิดจากปัจจัยเฉพาะจุดของอุปกรณ์ตรวจวัดในแต่ละพื้นที่ มากกว่าความผิดปกติของระบบส่งสัญญาณในภาพรวม ซึ่งข้อมูลเชิงลึกเกี่ยวกับรูปแบบการกระจายของค่าว่างนี้ นำไปสู่กระบวนการจัดการข้อมูลตามลำดับขั้นตอน ดังนี้

2.1 การจัดการข้อมูลสูญหาย (Missing Data Handling)

เพื่อให้ชุดข้อมูลมีลักษณะเป็นอนุกรมเวลา (Time Series) ที่มีความต่อเนื่องและไม่มีช่องว่าง ผู้วิจัยจึงดำเนินการเปรียบเทียบและเลือกใช้วิธีการเติมค่า (Imputation) 3 รูปแบบ เพื่อทดสอบหาวิธีที่สามารถรักษาคุณลักษณะและแนวโน้มของข้อมูลเดิมไว้ได้ดีที่สุด (Hyndman and Athanasopoulos, 2018) ดังนี้

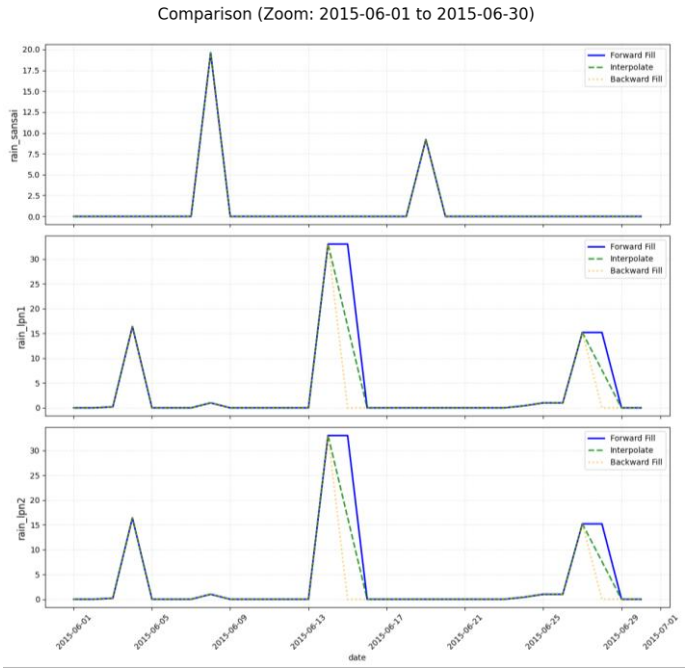
2.1.1 การเติมค่าไปข้างหน้า (Forward Fill) เป็นการแทนที่ช่องว่างด้วยค่าข้อมูลล่าสุดที่ปรากฏก่อนหน้า เหมาะสำหรับช่วงเวลาที่การเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำหรือปริมาณน้ำฝนมีความคงที่

2.1.2 การเติมค่าย้อนหลัง (Backward Fill) เป็นการใช้ค่าข้อมูลแรกที่ปรากฏถัดไปย้อนกลับมาเติมในช่องว่าง

2.1.3 การประมาณค่าในช่วงเชิงเส้น (Linear Interpolation) เป็นการคำนวณค่าที่หายไปโดยอิงจากความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างจุดข้อมูลก่อนหน้าและจุดข้อมูลถัดไป ซึ่งช่วยให้ข้อมูลที่เติมมีความลื่นไหลสอดคล้องกับพฤติกรรมทางกายภาพของระดับน้ำ

2.2 การประเมินผลและสรุปการจัดการข้อมูล

ภายหลังจากการทดสอบเติมค่าข้อมูลที่ขาดหายด้วยเทคนิคต่าง ๆ ผู้วิจัยได้ทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพเพื่อคัดเลือกวิธีการที่เหมาะสมที่สุดสำหรับชุดข้อมูลตรวจวัดปริมาณน้ำฝนและระดับน้ำ ดังแสดงผลการเปรียบเทียบในรูปที่ 2



รูปที่ 2 การเปรียบเทียบผลการเติมค่าข้อมูลสูญหายด้วยเทคนิค Forward Fill, Backward Fill และ Linear Interpolation

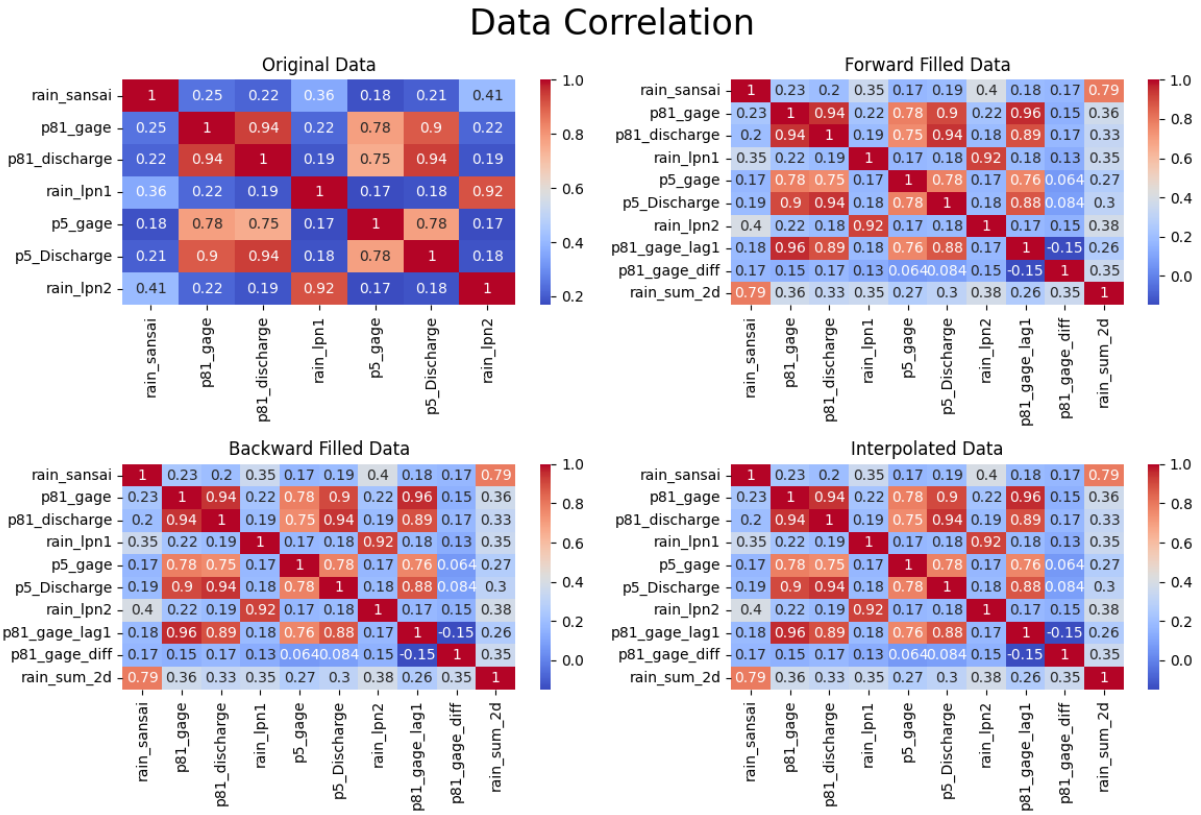
จากการวิเคราะห์รูปที่ 2 พบว่าวิธีการเติมค่าแต่ละรูปแบบให้ผลลัพธ์ที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ดังนี้

2.2.1 การเติมค่าไปข้างหน้า และการเติมค่าย้อนหลัง ส่งผลให้เส้นกราฟข้อมูลมีลักษณะเป็นเส้นตรงในระนาบราบ (Constant Segment) หรือมีลักษณะเป็นขั้นบันไดในช่วงที่มีข้อมูลขาดหายต่อเนื่องกันหลายรายการ ซึ่งไม่สอดคล้องกับพฤติกรรมทางกายภาพของข้อมูลทางอุทกวิทยาที่มีการเปลี่ยนแปลงตามเวลาอยู่ตลอดเวลา การใช้วิธีการนี้อาจทำให้แบบจำลอง LSTM ได้รับข้อมูลที่บิดเบือนจากความเป็นจริงในช่วงดังกล่าว

2.2.2 การประมาณค่าในช่วงเชิงเส้น พบว่าเป็นวิธีการที่ให้ผลลัพธ์ดีที่สุด โดยเส้นกราฟมีการเชื่อมต่อระหว่างจุดข้อมูลก่อนหน้าและจุดข้อมูลถัดไปได้อย่างราบรื่น (Smooth Transition) สามารถรักษาแนวโน้ม (Trend) ของข้อมูลดั้งเดิมไว้ได้ดี และไม่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงค่าแบบฉับพลัน ซึ่งมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการเรียนรู้ของโครงข่ายประสาทเทียมชนิด LSTM ที่ต้องอาศัยความสัมพันธ์ของลำดับเวลา (Temporal Correlation)

2.3 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวแปร (Correlation Analysis)

ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient) เพื่อตรวจสอบความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างตัวแปรต้น (Features) และตัวแปรตาม (Target) ดังแสดงในรูปที่ 3 ผลการวิเคราะห์พบประเด็นสำคัญ ดังนี้



รูปที่ 3 แผนภาพความร้อนแสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson Correlation Heatmap) ระหว่างตัวแปร

2.3.1 ความสัมพันธ์ระหว่างสถานีวัดน้ำ: ตัวแปรระดับน้ำ (p81_gage, p5_gage) และปริมาณน้ำท่า (p81_discharge, p5_Discharge) มีความสัมพันธ์กันสูงมากในช่วง 0.87 ถึง 0.97 ซึ่งบ่งบอกถึงความสอดคล้องทางอุทกวิทยาของสถานีวัดน้ำในลุ่มน้ำเดียวกัน

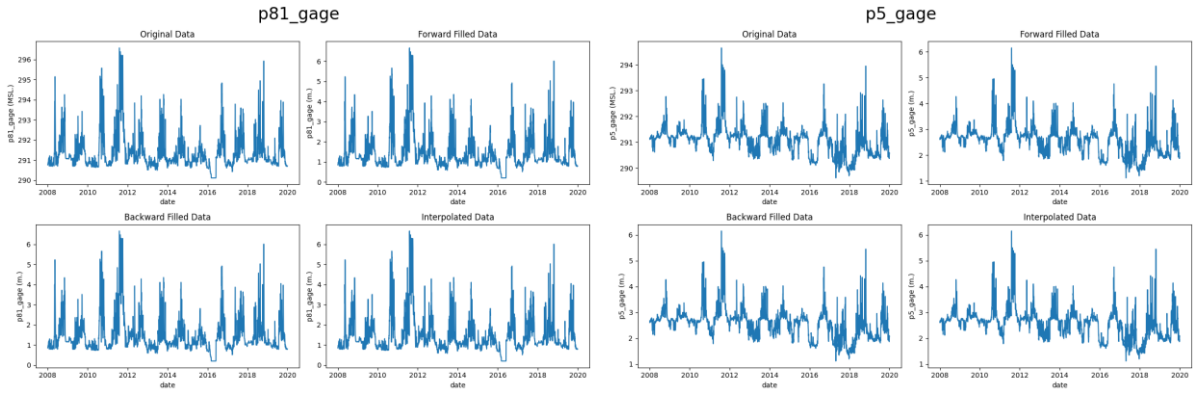
2.3.2 ความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำฝน: ปริมาณน้ำฝนจากสถานีต่างๆ (rain_sansai, rain_lpn1, rain_lpn2) มีค่าสหสัมพันธ์กับระดับน้ำที่สถานีปลายน้ำค่อนข้างต่ำ อย่างไรก็ตามแม้ค่าสหสัมพันธ์เชิงเส้นจะอยู่ในระดับต่ำแต่ในทางอุทกวิทยาปริมาณน้ำฝนถือเป็นปัจจัยนำเข้า (Input Factor) ที่สำคัญซึ่งมีความหน่วงของเวลา (Time Lag) ในการส่งผลกระทบต่อระดับน้ำ ผู้วิจัยจึงยังคงพิจารณาเลือกใช้ตัวแปรปริมาณน้ำฝนร่วมกับข้อมูลระดับน้ำย้อนหลัง เพื่อให้แบบจำลอง LSTM สามารถเรียนรู้ความสัมพันธ์ที่ซ่อนอยู่และปัจจัยความหน่วงดังกล่าวได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.4 การวิเคราะห์และสร้างคุณลักษณะข้อมูล (Feature Engineering)

ในขั้นตอนนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการปรับปรุงและสร้างตัวแปรใหม่ (Features) จากชุดข้อมูลเดิม เพื่อช่วยให้แบบจำลอง LSTM สามารถตรวจจับพฤติกรรมของระดับน้ำได้ดียิ่งขึ้น โดยมีการดำเนินการดังนี้

2.4.1 การปรับระดับอ้างอิงข้อมูล (MSL Adjustment)

ผู้วิจัยดำเนินการปรับข้อมูลระดับน้ำจากสถานีตรวจวัดให้เป็นค่าระดับน้ำทะเลปานกลาง (MSL) ในหน่วยเมตร เพื่อให้ข้อมูลมีความสอดคล้องเชิงกายภาพและเป็นมาตรฐานเดียวกัน โดยแสดงผลการปรับระดับร่วมกับการจัดการข้อมูลสูญหายในสถานีหลัก ดังรูปที่ 4



(ก) สถานี P.81 (ข) สถานี P.5

รูปที่ 4 การปรับระดับอ้างอิงข้อมูลร่วมกับการจัดการข้อมูลสูญหาย

จากรูปที่ 4 พบว่าข้อมูลระดับน้ำในหน่วยเมตร (MSL) ของทั้งสองสถานีแสดงให้เห็นพฤติกรรมการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลอย่างชัดเจน ซึ่งชุดข้อมูลที่ผ่านการประมวลผลทั้ง 3 รูปแบบนี้ จะถูกนำไปใช้เป็นข้อมูลนำเข้า (Input Data) สำหรับการฝึกสอนแบบจำลอง เพื่อเปรียบเทียบและค้นหาวิธีการจัดการข้อมูลสูญหายที่ให้ความแม่นยำสูงสุดต่อการพยากรณ์ต่อไป

2.4.2 การสร้างตัวแปรเพิ่มประสิทธิภาพ (Derived Features)

เพื่อให้แบบจำลองสามารถเรียนรู้แนวโน้มและพฤติกรรมการไหลของน้ำที่มีความซับซ้อนและมีปัจจัยเรื่องเวลาเข้ามาเกี่ยวข้อง (Temporal Dependencies) ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างตัวแปรใหม่ (Derived Features) จากชุดข้อมูลพื้นฐาน โดยพิจารณาจากค่าสหสัมพันธ์ที่ปรากฏในรูปที่ 3 เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการพยากรณ์ ดังนี้

- P.81 Lag 1 และ P.81 Diff: จากแผนภาพความร้อนในรูปที่ 3 พบว่าตัวแปรระดับน้ำย้อนหลัง (p81_gage_lag1) มีค่าสหสัมพันธ์กับระดับน้ำสถานี P.5 (p5_gage) เท่ากับ 0.76 และมีค่าสหสัมพันธ์กับอัตราการไหลของน้ำ (p5_Discharge) สูงถึง 0.88 ซึ่งเป็นการยืนยันเชิงสถิติว่าข้อมูลจากสถานีต้นน้ำในวันก่อนหน้ามีอิทธิพลอย่างมากต่อสภาวะน้ำที่สถานีปลายน้ำในเวลาถัดมา ในขณะที่ตัวแปรส่วนต่างระดับน้ำ (p81_diff) ช่วยให้แบบจำลองรับรู้อัตราการเปลี่ยนแปลงของมวลน้ำได้ดียิ่งขึ้นตามหลักความต่อเนื่องของมวล (กีรติ ลีวัจนกุล, 2541)
- Rolling Mean (Rain Sum 2-Day): แม้ปริมาณน้ำฝนรายวันจะมีค่าสหสัมพันธ์เชิงเส้นต่ำ แต่เมื่อพิจารณาตัวแปรที่ผ่านการหาค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ (เช่น rain_lpn1_roll) พบว่ามีแนวโน้มความสัมพันธ์ที่เสถียรขึ้น การสร้างตัวแปรนี้จึงช่วยลดสัญญาณรบกวน (Noise) และช่วยให้แบบจำลองเรียนรู้ผลกระทบสะสม (Cumulative Effect) ของปริมาณน้ำฝนที่มีความหน่วงของเวลา (Time Lag) ต่อการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.5 การทำข้อมูลให้เป็นบรรทัดฐาน (Data Normalization)

หลังจากที่ผู้วิจัยได้ดำเนินการปรับระดับอ้างอิงข้อมูล (MSL) และสร้างตัวแปรเสริม (Derived Features) เรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนต่อมาที่มีความสำคัญอย่างยิ่งในการพัฒนาแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมคือการทำข้อมูลให้เป็นบรรทัดฐาน เนื่องจากชุดข้อมูลนำเข้ามีความหลากหลายของมาตราส่วน (Scale) เช่น อัตราการไหลของน้ำและปริมาณน้ำฝน ซึ่งมีช่วงของค่าข้อมูลที่แตกต่างกันอย่างมาก หากนำข้อมูลเหล่านี้ไปใช้ฝึกสอนแบบจำลองโดยตรง อาจส่งผลให้ค่าน้ำหนัก (Weights) ของแบบจำลองถูกครอบงำด้วยตัวแปรที่มีค่าสูง และทำให้กระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด (Optimization) ลู่เข้าสู่จุดต่ำสุดได้ช้าหรือไม่เสถียร ผู้วิจัยจึงเลือกใช้เทคนิค Min-Max Scaling เพื่อปรับช่วงของข้อมูลทั้งหมดให้อยู่ในพิสัย [0, 1] (Goodfellow et al., 2016)

2.6 การจัดแบ่งข้อมูลและการตรวจสอบความถูกต้องข้ามกลุ่ม (Data Splitting and Cross-Validation)

เพื่อให้สามารถประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลองได้อย่างถูกต้องและป้องกันปัญหาการเรียนรู้ที่จดจำข้อมูลมากเกินไป (Overfitting) ผู้วิจัยได้ดำเนินการเตรียมข้อมูลและวางระบบการทดสอบดังนี้

2.6.1 การสร้างชุดข้อมูลลำดับเวลา (Windowing and Time Step Configuration)

ผู้วิจัยใช้เทคนิคหน้าต่างเวลาเคลื่อนที่ (Sliding Window) โดยกำหนดค่า Time Step เท่ากับ 10 ซึ่งเป็นการนำข้อมูลปัจจัยต่าง ๆ ย้อนหลัง 10 วัน มาใช้พยากรณ์ระดับน้ำใน 1 วันถัดไป กระบวนการนี้จะแปลงมิติข้อมูลจากรูปแบบ 2 มิติ ให้เป็นโครงสร้าง 3 มิติ (Samples, 10, Features) ตามข้อกำหนดของชั้นข้อมูลนำเข้าในแบบจำลอง LSTM (Goodfellow et al., 2016) โดยการกำหนดค่าดังกล่าวมีนัยสำคัญคือ ช่วยให้แบบจำลองรับรู้ถึงอิทธิพลของปริมาณน้ำฝนสะสมและการไหลของน้ำในลำน้ำที่เกิดขึ้นต่อเนื่องในช่วง 10 วันที่ผ่านมา ซึ่งเพียงพอต่อการตรวจจับพฤติกรรมความหน่วงของเวลา (Time Lag) ของลุ่มน้ำกวง

2.6.2 สัดส่วนการแบ่งข้อมูลและการรักษาลำดับเวลา (Non-shuffling)

ผู้วิจัยแบ่งชุดข้อมูลหลักออกเป็น 2 ส่วน โดยกำหนดค่า shuffle=False เพื่อรักษาลำดับเหตุการณ์ให้ต่อเนื่องกันและป้องกันปัญหาข้อมูลในอนาคตรั่วไหล (Data Leakage) สู่ชุดฝึกสอน ดังนี้

- ชุดข้อมูลหลัก (พ.ศ. 2551–2562) แบ่งเป็นชุดข้อมูลฝึกสอน (Training Set) กำหนดสัดส่วนร้อยละ 80 ของชุดข้อมูลหลัก เพื่อให้แบบจำลองเรียนรู้รูปแบบความสัมพันธ์และพฤติกรรมทางอุทกวิทยาในอดีต และชุดข้อมูลทดสอบ (Test Set) กำหนดสัดส่วนร้อยละ 20 ของชุดข้อมูลหลัก เพื่อใช้สำหรับประเมินความแม่นยำของแบบจำลองหลังจากเสร็จสิ้นการฝึกสอน
- ชุดข้อมูลทดสอบพิเศษ (Unseen Data): ผู้วิจัยได้เตรียมข้อมูลปี พ.ศ. 2567 ซึ่งเป็นช่วงที่เกิดเหตุการณ์อุทกภัยจากพายุหมุนเขตร้อน "ยางิ" (Yagi) และ "ซูลิก" (Soulik) เพื่อใช้เป็นชุดข้อมูลทดสอบภายนอกสำหรับยืนยันประสิทธิภาพของแบบจำลองในการนำไปใช้งานจริงในสภาวะวิกฤต

2.6.3 การตรวจสอบความถูกต้องข้ามกลุ่มสำหรับอนุกรมเวลา (TimeSeriesSplit Cross-Validation)

ผู้วิจัยเลือกใช้เทคนิค TimeSeriesSplit จำนวน 5 รอบ (5-Fold) แทนการใช้ Cross-Validation แบบสุ่มทั่วไป เพื่อรักษาลำดับเวลา (Temporal Order) โดยในแต่ละรอบ (Fold) แบบจำลองจะถูกฝึกสอนด้วยข้อมูลในอดีตและทดสอบด้วยข้อมูลในลำดับถัดไปเท่านั้น (Expanding Window) วิธีการนี้ช่วยยืนยันความเสถียร (Robustness) ของแบบจำลองว่าสามารถให้ผลลัพธ์ที่แม่นยำสม่ำเสมอในทุกช่วงเวลา

3. สถาปัตยกรรมแบบจำลอง LSTM (Model Architecture)

ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้เลือกใช้โครงข่ายประสาทเทียมชนิดหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาว (Long Short-Term Memory; LSTM) ซึ่งเป็นโครงข่ายประสาทเทียมแบบวนซ้ำ (Recurrent Neural Network; RNN) รูปแบบพิเศษที่มีประสิทธิภาพสูงในการประมวลผลข้อมูลอนุกรมเวลา เนื่องจากมีโครงสร้างภายในที่สามารถจัดการกับปัญหาค่าความชันหาย (Vanishing Gradient) และสามารถจดจำความสัมพันธ์ของข้อมูลที่มีความหน่วงของเวลา (Time Lag) ได้ดี (Hochreiter and Schmidhuber, 1997) โดยมีรายละเอียดการออกแบบและขั้นตอนการฝึกสอนดังนี้

3.1 โครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียม (Network Structure)

ผู้วิจัยได้กำหนดโครงสร้างแบบจำลองแบบลำดับ (Sequential Model) เพื่อสกัดคุณลักษณะของข้อมูลระดับน้ำและปริมาณน้ำฝนในเชิงลึก ประกอบด้วยชั้นข้อมูลดังต่อไปนี้

3.1.1 ชั้นนำเข้าข้อมูล (Input Layer): รับข้อมูลในรูปแบบมิติ (Samples, Time Steps, Features) โดยกำหนดตามจำนวนตัวแปรที่ผ่านการทำ Feature Engineering และช่วงเวลาที่ใช้ในการพยากรณ์

3.1.2 ชั้น LSTM ชั้นที่ 1 (100 units): กำหนดหน่วยประมวลผล 100 หน่วย เพื่อการเรียนรู้รูปแบบความสัมพันธ์ที่ซับซ้อนของข้อมูลอุทกวิทยา โดยตั้งค่า return_sequences=True เพื่อส่งต่อชุดข้อมูลลำดับทั้งหมดไปยังชั้นถัดไป

3.1.3 ชั้นดรอปเอาท์ (Dropout Layer): กำหนดอัตราการสุ่มปิดการทำงานของหน่วยประมวลผลที่ร้อยละ 30 (0.3) เพื่อป้องกันปัญหาการปรับจูนจำเพาะกับข้อมูลฝึกสอนมากเกินไป (Overfitting) และช่วยให้แบบจำลองมีความทนทานต่อข้อมูลนำเข้าที่มีความผันผวน

3.1.4 ชั้น LSTM ชั้นที่ 2 (50 units): กำหนดหน่วยประมวลผล 50 หน่วย เพื่อทำการสรุปและสกัดคุณลักษณะเด่นในระดับที่ลึกขึ้นก่อนส่งต่อไปยังส่วนการพยากรณ์ผล

3.1.5 ชั้นส่งออกข้อมูล (Dense Layer): ใช้หน่วยประมวลผล 1 หน่วย เพื่อทำหน้าที่พยากรณ์ค่าระดับน้ำ (Output) เพียงค่าเดียว

3.2 การกำหนดค่าพารามิเตอร์และการฝึกสอนแบบจำลอง (Model Compilation and Training)

กระบวนการฝึกสอนแบบจำลองมีการกำหนดค่าพารามิเตอร์เพื่อให้เกิดการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพสูงสุด ดังนี้

3.2.1 ตัวหาค่าที่เหมาะสมที่สุด (Optimizer): เลือกใช้ Adaptive Moment Estimation; Adam (Kingma and Ba, 2015) เนื่องจากสามารถปรับอัตราการเรียนรู้ (Learning Rate) ได้โดยอัตโนมัติ ช่วยให้การฝึกสอนลู่เข้าสู่จุดที่เหมาะสมได้อย่างรวดเร็ว

3.2.2 ฟังก์ชันการสูญเสีย (Loss Function): ใช้ Mean Squared Error (MSE) เพื่อคำนวณหาค่าความต่างระหว่างข้อมูลจริงและข้อมูลพยากรณ์ โดยมุ่งเน้นการลดค่าความคลาดเคลื่อนที่มีนัยสำคัญ

3.2.3 การหยุดฝึกสอนก่อนกำหนด (Early Stopping): ผู้วิจัยกำหนดให้มีการตรวจสอบค่าความสูญเสียของชุดข้อมูลตรวจสอบ (Validation Loss) หากค่าความสูญเสียไม่มีการลดลงติดต่อกันเป็นจำนวน 20 รอบ (Patience = 20)

แบบจำลองจะหยุดการฝึกสอนทันทีและทำการเรียกคืนค่าน้ำหนักที่ดีที่สุด (Restore Best Weights) เพื่อป้องกันปัญหา Overfitting

3.2.4 ขนาดการประมวลผล (Batch Size) และรอบการฝึกสอน (Epochs): กำหนดขนาดการส่งข้อมูลเข้าเรียนรู้ครั้งละ 16 รายการ (Batch Size = 16) และกำหนดจำนวนรอบการฝึกสอนสูงสุดที่ 100 รอบ

4. เกณฑ์การวัดประสิทธิภาพ (Evaluation Metrics)

เมื่อแบบจำลองทำการพยากรณ์ผลลัพธ์ในรูปแบบข้อมูลบรรทัดฐาน (Scaled Data) เรียบร้อยแล้ว ผู้วิจัยดำเนินการแปลงข้อมูลกลับ (Inverse Transform) เพื่อให้ค่าที่พยากรณ์ได้กลับมาอยู่ในหน่วย "เมตร" ซึ่งเป็นหน่วยมาตรฐานเดิมก่อนการทำ Normalization เพื่อให้สามารถเปรียบเทียบกับค่าจริงทางกายภาพได้อย่างถูกต้อง โดยผู้วิจัยเลือกใช้ดัชนีชี้วัดทางสถิติในการประเมินสมรรถนะและความคลาดเคลื่อนของแบบจำลองตามมาตรวัดมาตรฐานในงานวิจัยด้านการพยากรณ์ (Hyndman and Koehler, 2006) ดังนี้

4.1 รากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Squared Error; RMSE)

ใช้สำหรับวัดค่าความคลาดเคลื่อนระหว่างค่าจริงและค่าที่แบบจำลองพยากรณ์ได้ในหน่วยเมตร โดย RMSE จะให้ความสำคัญกับค่าความคลาดเคลื่อนที่มีขนาดใหญ่ (Outliers) ซึ่งจะถูกยกกำลังสองทำให้เห็นผลกระทบชัดเจนขึ้น เหมาะสำหรับการประเมินแบบจำลองที่ต้องการความแม่นยำสูงในกรณีที่ระดับน้ำมีการเปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลัน

4.2 ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (Mean Absolute Error; MAE)

เป็นค่าเฉลี่ยของความแตกต่างระหว่างค่าจริงและค่าพยากรณ์ในหน่วยเมตร โดยคิดจากค่าสัมบูรณ์ของความคลาดเคลื่อนทั้งหมด ค่า MAE จะสะท้อนถึงภาพรวมความแม่นยำของแบบจำลองในหน่วยวัดจริง ทำให้เข้าใจได้ง่ายว่าโดยเฉลี่ยแล้วแบบจำลองพยากรณ์ระดับน้ำคลาดเคลื่อนไปกี่เมตร

4.3 เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (Mean Absolute Percentage Error; MAPE)

เป็นการวัดความคลาดเคลื่อนในรูปแบบร้อยละ (Percentage) เพื่อแสดงสัดส่วนความผิดพลาดเทียบกับค่าจริง ซึ่งจะช่วยให้เห็นประสิทธิภาพของแบบจำลองในภาพรวมว่ามีความแม่นยำกี่เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับช่วงการขึ้นลงของระดับน้ำทั้งหมดในพื้นที่ศึกษา

ผลการวิจัย

จากการศึกษาการพยากรณ์ระดับน้ำสถานี P.5 (สะพานนวรัฐ) โดยใช้แบบจำลอง LSTM และเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการจัดการข้อมูลสูญหาย (Data Imputation) 3 รูปแบบ ได้แก่ Forward Fill, Backward Fill และ Linear Interpolation พบว่าแบบจำลองที่ใช้ชุดข้อมูลจากการประมาณค่าในช่วงเชิงเส้น (Linear Interpolation) ให้ความแม่นยำสูงสุด เนื่องจากวิธีการดังกล่าวสามารถรักษาความต่อเนื่องและความสัมพันธ์เชิงโครงสร้างของข้อมูลอนุกรมเวลาได้ดีกว่า ซึ่งส่งผลให้แบบจำลองเรียนรู้แนวโน้มการขึ้นลงของระดับน้ำได้สอดคล้องกับพฤติกรรมทางกายภาพของระดับน้ำ ดังที่ปรากฏในการวิเคราะห์เปรียบเทียบเทคนิคการเติมค่าข้อมูลในรูปที่ 2 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการประมาณค่าในช่วงเชิงเส้นสามารถรักษาความต่อเนื่องของแนวโน้มข้อมูลได้ดีที่สุด

1. ผลการเปรียบเทียบมาตรฐานวิธีการเติมข้อมูล (Benchmarking for Imputation Methods)

ในการประเมินประสิทธิภาพเปรียบเทียบ ผู้วิจัยได้ดำเนินการทดสอบแบบจำลอง LSTM ผ่านชุดข้อมูลหลักในช่วงปี พ.ศ. 2551–2562 โดยกำหนดสัดส่วนการแบ่งชุดข้อมูลฝึกสอน (Training Set) และชุดข้อมูลทดสอบ (Test Set) ที่ร้อยละ 80 และ 20 ตามลำดับ และประยุกต์ใช้เทคนิคการตรวจสอบความถูกต้องข้ามกลุ่มสำหรับอนุกรมเวลา (TimeSeriesSplit Cross-Validation) จำนวน 5 รอบ เพื่อวิเคราะห์และคัดเลือกวิธีการจัดการข้อมูลสูญหายที่มีความแม่นยำเชิงสถิติสูงสุด (Optimal Imputation Method) โดยผลการประเมินเชิงเปรียบเทียบปรากฏรายละเอียดดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สรุปผลการเปรียบเทียบมาตรฐานประสิทธิภาพของแต่ละวิธีการเติมข้อมูล

วิธีการจัดการข้อมูลสูญหาย	ผลการประเมินประสิทธิภาพ		
	Avg_RMSE (m)	Avg_MAE (m)	Avg_MAPE (%)
Interpolation	0.1417	0.0871	3.38
Forward Fill	0.1468	0.0928	3.58
Backward Fill	0.1599	0.1003	3.84

หมายเหตุ : ค่า RMSE และ MAE มีหน่วยเป็นเมตร (m) และเป็นผลการทดสอบประเมินจากชุดข้อมูล Test Set

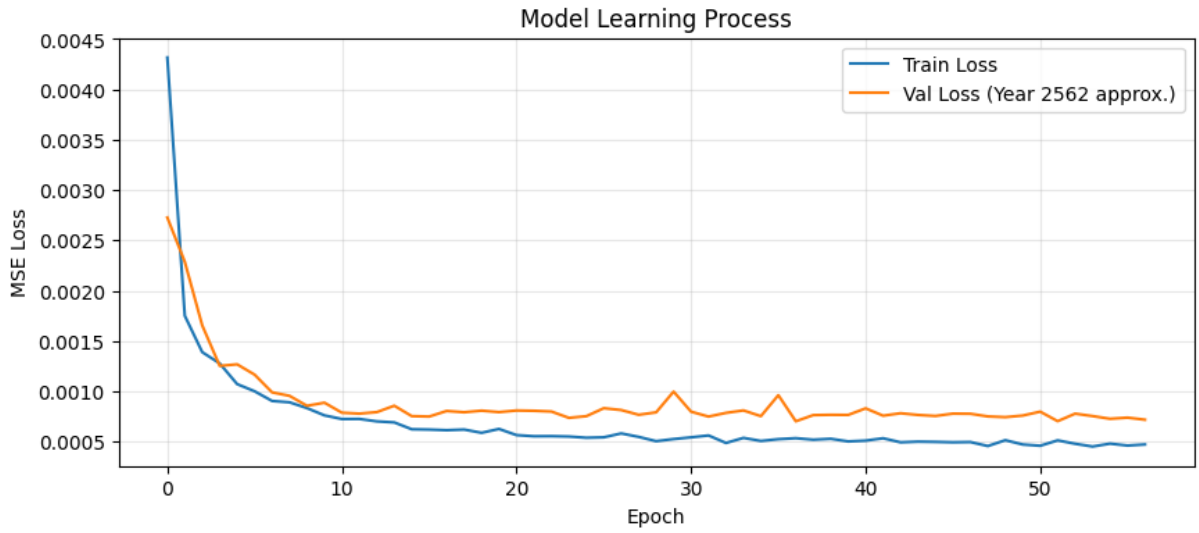
จากตารางที่ 1 พบว่าเทคนิคการประมาณค่าในช่วงเชิงเส้น (Linear Interpolation) ให้ความแม่นยำสูงสุดในทุกดัชนีชี้วัด โดยมีค่า RMSE ต่ำสุดที่ 0.1417 เมตร ผู้วิจัยจึงพิจารณาเลือกใช้เทคนิคนี้เป็นมาตรฐานในการจัดเตรียมชุดข้อมูลเพื่อก้าวสู่กระบวนการฝึกสอนแบบจำลองขั้นสุดท้าย

2. ผลการฝึกสอนและประสิทธิภาพการทดสอบภายใน (Learning Profile & Internal Validation)

ภายหลังจากการคัดเลือกวิธีการจัดการข้อมูลสูญหายที่มีประสิทธิภาพสูงสุด ผู้วิจัยได้ดำเนินการฝึกสอนแบบจำลองใหม่ (Final Refit) โดยใช้ชุดข้อมูลหลักทั้งหมดที่ผ่านการจัดการด้วยเทคนิคการประมาณค่าในช่วงเชิงเส้น (Linear Interpolation) ด้วยชุดข้อมูลหลัก ซึ่งพฤติกรรมการเรียนรู้และประสิทธิภาพของแบบจำลองมีรายละเอียดดังนี้

2.1 การวิเคราะห์พฤติกรรมการเรียนรู้ของแบบจำลอง

จากการพิจารณาพลวัตการเรียนรู้ใน รูปที่ 5 พบว่าค่าความสูญเสียกำลังสองเฉลี่ย (MSE) ทั้งในชุดฝึกสอน (Train Loss) และชุดตรวจสอบ (Validation Loss) มีอัตราการลู่เข้า (Convergence) อย่างรวดเร็วในช่วง 10 รอบแรกของการฝึกสอน และเริ่มรักษาเสถียรภาพเข้าสู่ค่าคงที่ในระดับต่ำตั้งแต่รอบที่ 20 เป็นต้นไปลักษณะของกราฟที่เส้นทั้งสองลู่เข้าหากันและรักษาระยะห่างที่แคบอย่างสม่ำเสมอ (Optimal Generalization Gap) โดยไม่มีสัญญาณของการวกกลับขึ้นของค่า Validation Loss บ่งชี้อย่างชัดเจนว่าแบบจำลองไม่เกิดปัญหาการเรียนรู้เกิน (Overfitting) และแสดงถึงประสิทธิภาพในการขยายผลเพื่อพยากรณ์ชุดข้อมูลใหม่ (Generalization Ability) ได้อย่างแม่นยำ ซึ่งเป็นปัจจัยพื้นฐานสำคัญที่ทำให้แบบจำลองบรรลุเกณฑ์การประเมินประสิทธิภาพในระดับสูง



รูปที่ 5 กราฟแสดงพฤติกรรมการเรียนรู้ (Learning Curve) ของแบบจำลอง LSTM

2.2 การประเมินประสิทธิภาพเบื้องต้น (Internal Validation)

เมื่อนำแบบจำลองไปประเมินผลกับชุดข้อมูลทดสอบภายในปี พ.ศ. 2562 พบว่าแบบจำลองให้ผลลัพธ์ที่สอดคล้องกับข้อมูลจริง โดยมีค่าความคลาดเคลื่อน RMSE เท่ากับ 0.1336 เมตร MAE เท่ากับ 0.0791 เมตร และ MAPE เท่ากับร้อยละ 3.09 ผลลัพธ์ในส่วนนี้เป็นการยืนยันความสามารถของแบบจำลองในการเรียนรู้รูปแบบพื้นฐานของระดับน้ำ ก่อนจะนำไปทดสอบประสิทธิภาพในสภาวะวิกฤตที่มีความซับซ้อนสูงในปี พ.ศ. 2567 ต่อไป

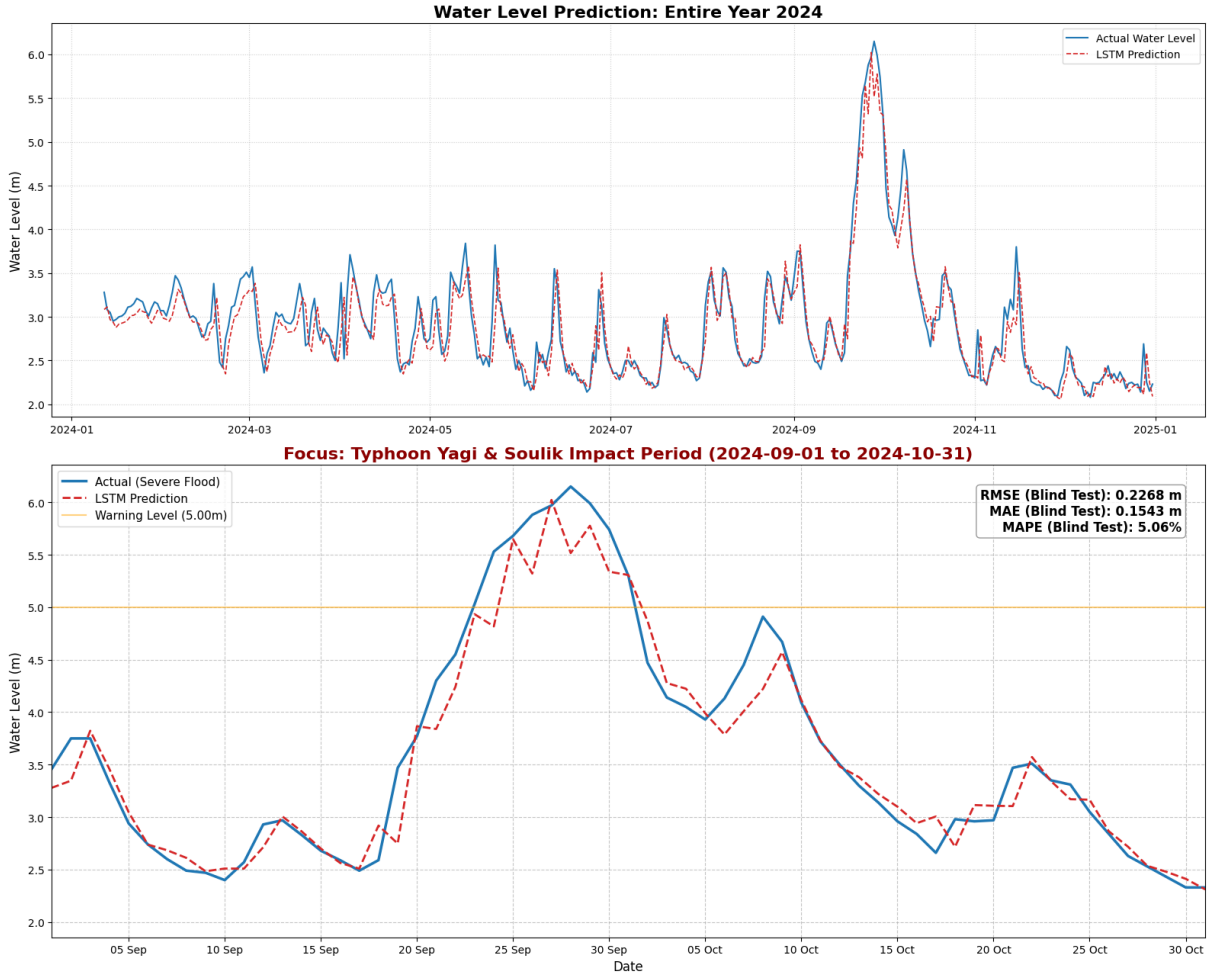
3. ผลการทดสอบประสิทธิภาพของแบบจำลองด้วยชุดข้อมูลสถานการณ์อุทกภัยจริง

ภายหลังจากการยืนยันความแม่นยำด้วยชุดข้อมูลทดสอบภายใน ผู้วิจัยได้ดำเนินการทดสอบขีดความสามารถในการขยายผลของแบบจำลอง (Generalization Performance) ด้วยชุดข้อมูลทดสอบพิเศษ โดยมีรายละเอียดตัวชี้วัดความคลาดเคลื่อนเชิงสถิติดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการประเมินประสิทธิภาพแบบจำลองด้วยชุดข้อมูลทดสอบพิเศษ

ตัวชี้วัดประสิทธิภาพ (Metrics)	ค่าสถิติที่ได้จากการทดสอบ
Root Mean Squared Error (RMSE)	0.2268 เมตร
Mean Absolute Error (MAE)	0.1543 เมตร
Mean Absolute Percentage Error (MAPE)	5.06 %

จากตารางที่ 2 ผลสถิติข้างต้นพบว่า แม้จะเป็นการพยากรณ์ในสภาวะวิกฤตที่มีความผันผวนสูงแต่แบบจำลองยังคงรักษาค่า MAPE ให้อยู่ในระดับต่ำเพียงร้อยละ 5.06 ซึ่งสะท้อนถึงความแม่นยำในระดับดีเยี่ยมสำหรับการพยากรณ์อุทกภัย ทั้งนี้ เมื่อพิจารณาพลวัตการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำเปรียบเทียบกับระดับน้ำจริง ณ สถานี P.5 ปรากฏผลดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 การเปรียบเทียบผลการพยากรณ์ระดับน้ำด้วยแบบจำลอง LSTM กับระดับน้ำจริง ประจำปี พ.ศ. 2567 และเจาะลึกเฉพาะช่วงเวลาที่ได้รับอิทธิพลจากพายุหมุนเขตร้อน “ยางิ” และ “ซูลิก”

จากการพิจารณาผลการพยากรณ์ในรูปที่ 6 พบว่าแบบจำลองสามารถติดตามแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำในช่วงอุทกภัยได้อย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะในช่วงการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำอย่างรวดเร็ว (Rising Limb) แบบจำลองสามารถพยากรณ์แนวโน้มขาขึ้นได้สอดคล้องกับเหตุการณ์จริง และยังแสดงศักยภาพในการระบุช่วงเวลาที่ระดับน้ำจะสูงเกินเกณฑ์เตือนภัย (Warning Level) ที่ 5.00 เมตร ได้อย่างแม่นยำ ผลลัพธ์ดังกล่าวยืนยันว่าแบบจำลองมีความทนทาน (Robustness) และพร้อมสำหรับการนำไปประยุกต์ใช้ในระบบสนับสนุนการตัดสินใจเพื่อเตือนภัยในพื้นที่ลุ่มน้ำกวงต่อไป

การอภิปรายผล

จากการวิเคราะห์ผลการศึกษาประสิทธิภาพของแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมชนิดหน่วยความจำระยะสั้นแบบยาว (Long Short-Term Memory; LSTM) ในการพยากรณ์ระดับน้ำสถานี P.5 สามารถอภิปรายผลตามหลักการทางวิทยาศาสตร์ข้อมูลและอุทกวิทยาเชิงประยุกต์ได้ดังนี้

1. การประเมินสมรรถนะและความยืดหยุ่นของแบบจำลอง (Interpretability and Robustness)

ผลการทดสอบเชิงประจักษ์ยืนยันว่าแบบจำลองที่ผ่านการฝึกสอนด้วยเทคนิค Linear Interpolation บรรลุเกณฑ์ความแม่นยำในสภาวะปกติอย่างมีนัยสำคัญ โดยมีค่าความคลาดเคลื่อน (MAPE) เพียงร้อยละ 3.09 และเมื่อเผชิญกับชุดข้อมูลอิสระ (Independent Data) ในสภาวะวิกฤตจากชุดข้อมูลทดสอบพิเศษ แบบจำลองยังคงรักษาประสิทธิภาพไว้ได้ที่ค่า (MAPE) ร้อยละ 5.06 ซึ่งการเพิ่มขึ้นของความคลาดเคลื่อนเพียงเล็กน้อยภายใต้สภาวะวิกฤตทางอุทกวิทยา (Hydrological Extremes) สะท้อนถึงศักยภาพการขยายผล (Generalization Ability) ของสถาปัตยกรรมแบบจำลองที่ออกแบบไว้ ความสอดคล้องระหว่างเส้นความสูญเสีย (Loss Curves) ในกระบวนการเรียนรู้ เป็นเครื่องบ่งชี้ว่าแบบจำลองสามารถสกัดลักษณะเด่น (Features) ของพลวัตน้ำหลากได้โดยปราศจากปัญหาการ Overfitting ทำให้มีความทนทานต่อสัญญาณรบกวนในข้อมูลอุทกวิทยา

2. นัยสำคัญของการจัดการข้อมูลต่อการนำไปใช้งานจริง (Practical Implementation)

แม้ในขั้นตอนการวิเคราะห์ย้อนหลัง (Offline Analysis) จะพบว่า Linear Interpolation ให้ค่าความแม่นยำสูงสุดทางสถิติ เนื่องจากคุณสมบัติในการรักษาความต่อเนื่องของอนุกรมเวลา แต่ในแง่มุมของการนำไปบูรณาการในระบบเตือนภัยล่วงหน้าแบบเวลาจริง (Real-time Forecasting) ผู้วิจัยมีประเด็นอภิปรายและข้อเสนอแนะเชิงนโยบายเทคนิคดังนี้

- ข้อเสนอแนะด้านความละเอียดเชิงเวลา (Temporal Resolution) การยกระดับจากการใช้ข้อมูลรายวันเป็นการใช้ข้อมูลรายชั่วโมง (Hourly Data) จากระบบโทรมาตรอัตโนมัติ ถือเป็นปัจจัยวิกฤตในการเพิ่มประสิทธิภาพการพยากรณ์ยอดน้ำหลาก (Peak Flow) ซึ่งจะช่วยลดข้อจำกัดของแบบจำลองในการตรวจจับพฤติกรรมน้ำหลากฉับพลันที่มีระยะเวลาก่อตัวสั้น
- ข้อเสนอแนะด้านวิศวกรรมข้อมูลในสภาวะวิกฤต ในสถานการณ์การทำงานจริงที่เผชิญกับข้อจำกัดด้านความล่าช้าหรือการสูญหายของสัญญาณข้อมูล (Data Latency and Loss) ผู้วิจัยเสนอว่าเทคนิค Forward Fill เป็นกลยุทธ์ที่มีความเหมาะสมที่สุดสำหรับการจัดการข้อมูลแบบไหลเวียนต่อเนื่อง (Data Pipeline) เนื่องจากการพยากรณ์ ณ เวลาปัจจุบันไม่สามารถเข้าถึงข้อมูลในอนาคตได้ (Non-causal constraint) การใช้ข้อมูลล่าสุดที่มีอยู่มาเติมเต็มช่องว่าง (Zero-latency processing) จึงเป็นความจำเป็นเชิงหน้าที่เพื่อให้ระบบสนับสนุนการตัดสินใจ (Decision Support System: DSS) สามารถให้ผลลัพธ์การพยากรณ์ที่ต่อเนื่องและทันต่อเหตุการณ์วิกฤต

3. แนวทางการพัฒนาในอนาคต

การผสานความแม่นยำของอัลกอริทึม LSTM เข้ากับความฉับไวเชิงปฏิบัติการผ่านเทคนิค Forward Fill บนฐานข้อมูลรายชั่วโมง จะเป็นรากฐานสำคัญในการพัฒนาเครื่องมือเฝ้าระวังอุทกภัยที่มีความแม่นยำและเชื่อถือได้และในลำดับถัดไปควรให้ความสำคัญกับการพัฒนาระบบประสานอินเทอร์เฟซ (Interface Development) เพื่อเสริมสร้างประสิทธิภาพในการสื่อสารความเสี่ยง (Risk Communication) ให้แก่หน่วยงานที่มีหน้าที่บริหารจัดการทรัพยากรน้ำและภาคประชาชน

ในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำกวง ทั้งนี้ เพื่อขับเคลื่อนกลไกการเตรียมความพร้อมและการบรรเทาผลกระทบจากอุทกภัยอย่างมีบูรณาการ อันจะนำไปสู่การบริหารจัดการภัยพิบัติที่ยั่งยืนในระยะยาว

บทสรุป

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ประสบความสำเร็จในการพัฒนาและประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมชนิด LSTM เพื่อการพยากรณ์ระดับน้ำ ณ สถานี P.5 ลุ่มน้ำกวง จังหวัดลำพูน โดยผลการวิจัยสามารถสรุปประเด็นสำคัญได้ดังนี้

1. การจัดการข้อมูลสูญหาย: จากการทดสอบเปรียบเทียบพบว่าเทคนิค Linear Interpolation มีความเหมาะสมที่สุดสำหรับการเตรียมข้อมูลเพื่อฝึกสอนแบบจำลองในสภาวะปกติ โดยให้ค่าความคลาดเคลื่อนทางสถิติต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับเทคนิคอื่น

2. ประสิทธิภาพของแบบจำลอง: แบบจำลอง LSTM ที่พัฒนาขึ้นแสดงให้เห็นถึงสมรรถนะที่ยอดเยี่ยมในการพยากรณ์ โดยมีค่าความคลาดเคลื่อน (MAPE) เพียงร้อยละ 3.09 สำหรับชุดข้อมูลทดสอบภายใน และร้อยละ 5.06 สำหรับชุดข้อมูลอิสระภายนอกในช่วงสภาวะวิกฤตพายุ “ยางิ” และ “ซูลิก” พ.ศ. 2567 ซึ่งยืนยันถึงความทนทานและความสามารถในการขยายผลของแบบจำลองในสภาวะวิกฤตทางอุทกวิทยา

3. ข้อจำกัดของงานวิจัย: แม้แบบจำลองจะให้ประสิทธิภาพสูง แต่การวิจัยครั้งนี้ยังมีข้อจำกัดสำคัญด้านความถี่เชิงเวลาของข้อมูลนำเข้าที่เป็นแบบรายวัน (Daily Data) ซึ่งอาจส่งผลให้แบบจำลองไม่สามารถตอบสนองต่อพฤติกรรมน้ำหลากฉับพลัน (Flash Flood) ที่มียอดคลื่นน้ำหลากสูงสุด (Peak Flow) เกิดขึ้นและเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วในระดับรายชั่วโมง นอกจากนี้ ประสิทธิภาพของเทคนิค Linear Interpolation ในการเติมเต็มค่าที่ขาดหายจะลดลงอย่างมีนัยสำคัญ หากระบบโทรมาตรเผชิญความล้มเหลวในการรับส่งข้อมูลเป็นระยะเวลานานติดต่อกันหลายวัน (Consecutive Missing Data)

4. แนวทางการประยุกต์ใช้ในอนาคต: เพื่อขจัดข้อจำกัดดังกล่าว ผู้วิจัยเสนอแนะว่าการเปลี่ยนผ่านสู่การประมวลผลข้อมูลความถี่สูงในระดับรายชั่วโมง (Hourly Data) ร่วมกับเทคนิคการจัดการข้อมูลแบบ Forward Fill บนระบบฐานข้อมูลโทรมาตรอัตโนมัติ จะเป็นกุญแจสำคัญในการยกระดับขีดความสามารถของระบบเตือนภัยล่วงหน้าแบบเรียลไทม์ เพื่อให้เกิดความฉับไวและความแม่นยำในการบริหารจัดการสถานการณ์อุทกภัยในพื้นที่ลุ่มน้ำกวงอย่างยั่งยืน

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอแสดงความขอบคุณต่อบุคคลและองค์กรผู้มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่าน ที่ได้ให้การสนับสนุนและความช่วยเหลือในด้านต่าง ๆ จนทำให้งานวิจัยฉบับนี้ลุล่วงด้วยความเรียบร้อย

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.จีรยุทธ ไชยจารุวณิช ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำแนวทางการวิจัยและถ่ายทอดองค์ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ข้อมูลและอุทกวิทยาอย่างดียิ่ง ตลอดจนคอยตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ จนงานวิจัยชิ้นนี้ มีความสมบูรณ์ตามหลักวิชาการ

ขอขอบคุณ สำนักงานชลประทานที่ 1 และกรมชลประทาน สำหรับความอนุเคราะห์ข้อมูลทางอุทกวิทยา ซึ่งเป็นฐานข้อมูลสำคัญที่ทำให้การศึกษาวิจัยในครั้งนี้สำเร็จเป็นรูปธรรมได้จริง

ขอขอบคุณ องค์การบริหารส่วนจังหวัดลำพูน และเพื่อนร่วมงานทุกท่านที่ให้การสนับสนุนและเป็นแรงผลักดันในการสร้างสรรค์นวัตกรรมเพื่อพัฒนาการบริหารจัดการท้องถิ่น รวมไปถึง มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ สถาบันอันทรงเกียรติที่ได้บ่มเพาะทักษะและความรู้ให้แก่ผู้วิจัยจนสามารถประสบความสำเร็จในการศึกษาครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

กรมอุตุนิยมวิทยา. (2567). สถิติพายุหมุนเขตร้อนที่เคลื่อนเข้าสู่ประเทศไทย. ค้นเมื่อ 30 มีนาคม 2569. https://www.tmd.go.th.

กีรติ ลีวัจนกุล. (2541). อุทกวิทยา. สำนักพิมพ์ดวงกมล: กรุงเทพฯ.

ศูนย์อุทกวิทยาชลประทานภาคเหนือตอนบน. (2567). ข้อมูลดัชนีทางอุทกวิทยา. ค้นเมื่อ 30 มีนาคม 2569. http://hydro-1.net.

สำนักงานทรัพยากรน้ำแห่งชาติ (สทนช.). (2562). แผนแม่บทการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ 20 ปี (พ.ศ. 2561 - 2580). สำนักนายกรัฐมนตรี: กรุงเทพฯ.

Goodfellow I., Bengio Y. and Courville A. (2016). Deep Learning. MIT Press: Cambridge.

Hochreiter S. and Schmidhuber J. (1997). Long short-term memory. Neural Computation. 9(8): 1735–1780.

Hyndman R.J. and Athanasopoulos G. (2018). Forecasting: Principles and Practice. 2nd Edition. OTexts: Melbourne.

Hyndman R.J. and Koehler A.B. (2006). Another look at measures of forecast accuracy. International Journal of Forecasting. 22(4): 679–688.

Kingma D.P. and Ba J. (2015). Adam: A method for stochastic optimization. In 3rd International Conference on Learning Representations (ICLR) 7-9 May 2015. San Diego. California. 1-15.

Aspect-Based Sentiment Analysis for Consumer Insight Extraction on High-Protein Milk Products Using Thai Social Media Data

Anawin Pupaijitkul[1*] and Pornsiri Chatpreecha[1]

[1]Faculty of Agro-Industry, Kasetsart University, Bangkok
[*]Corresponding Author E-mail Address : anawinpu@gmail.com

Abstract

This study aims to extract fine-grained consumer insights toward high-protein milk products using aspect-based sentiment analysis (ABSA) on Thai-language social media data. The study was developed as an extension of a broader research project on Natural Language Processing techniques for consumer opinion analysis on high-protein milk products. Thai-language consumer comments were collected from the Pantip platform, which reflects real consumer perspectives and experiences in an online setting. The dataset consisted of 6,163 comments (5,845 comment-level and 318 topic-level texts), classified into three sentiment categories: positive, neutral, and negative, using a Logistic Regression model with TF-IDF feature extraction. The data was analyzed to identify sentiment patterns across five key product aspects: nutrition, taste, price, convenience, and packaging, using a keyword-based approach. The results showed that overall sentiment was relatively balanced, with neutral sentiment slightly exceeding positive and negative sentiment. At the aspect level, nutrition showed the highest positive proportion, while convenience and price were associated with higher neutral and negative shares. The findings indicate that nutritional value is associated with the highest proportion of positive sentiment, whereas practical consumption factors and product experience are areas where neutral and negative sentiments are relatively more prominent. This study demonstrates that ABSA provides deeper consumer insight than conventional overall sentiment analysis and offers practical implications for product development and marketing communication in the dairy industry.

Keywords: aspect-based sentiment analysis, consumer insight, high-protein milk, Thai social media, sentiment analysis

Introduction

The market for high-protein milk products has expanded rapidly in response to growing consumer interest in health, nutrition, and functional foods. Consumers increasingly evaluate dairy products not only in terms of taste and price, but also based on nutritional value, convenience, and overall consumption experience. In this context, nutrient claims such as high-protein have become important marketing tools for product differentiation and for shaping consumer perception. (Grand View Research, 2023)

From a theoretical perspective, the role of nutrient claims can be explained through Signaling Theory, which suggests that product-related information functions as a signal of quality and value to consumers (Spence, 1973). In addition, the Stimulus–Organism–Response (S–O–R) framework explains that such claims act as external stimuli influencing internal consumer perception and expectation, which are later expressed through observable responses such as online opinions (Mehrabian and Russell, 1974). The Expectation–Confirmation Theory further suggests that consumers form favorable or unfavorable evaluations depending on whether their actual product experience matches their prior expectations (Oliver, 1980). These theoretical perspectives are particularly relevant in the context of consumer-generated text, where online discussions often reveal both perceived value and dissatisfaction.

Although previous studies have applied sentiment analysis to food and beverage reviews, most have focused on overall sentiment classification rather than aspect-level interpretation (Feldman, 2013; Liu, 2012). However, consumer opinions are inherently multidimensional, as individuals often evaluate multiple attributes of a product simultaneously. For example, a product may be positively perceived in terms of nutritional value while being negatively evaluated in terms of taste or price. Such nuanced opinions cannot be effectively captured using traditional sentiment classification approaches (Liu, 2012).

The broader research project underlying this study examined the influence of high-protein claims on consumer perception and compared opinions toward regular milk and high-protein milk products using Thai-language comments from Pantip. However, for the purpose of this conference paper, the analysis is narrowed to an aspect-based sentiment perspective to provide more focused and actionable consumer insights.

Therefore, this study aims to apply aspect-based sentiment analysis (ABSA) to Thai social media data in order to identify key dimensions of consumer perception toward high-protein milk products. The analysis focuses on five aspects: nutrition, taste, price, convenience, and packaging. The findings are expected to support product development and evidence-based marketing communication in the dairy industry.

Materials and Methods

The overall research framework of this study is illustrated in Figure 1. The process begins with data collection from Pantip, followed by text preprocessing and sentiment classification using a machine learning model. Aspect identification is then performed using a keyword-based approach, and the results are analyzed at both overall and aspect levels. Finally, the findings are visualized using graphical representations to support interpretation.

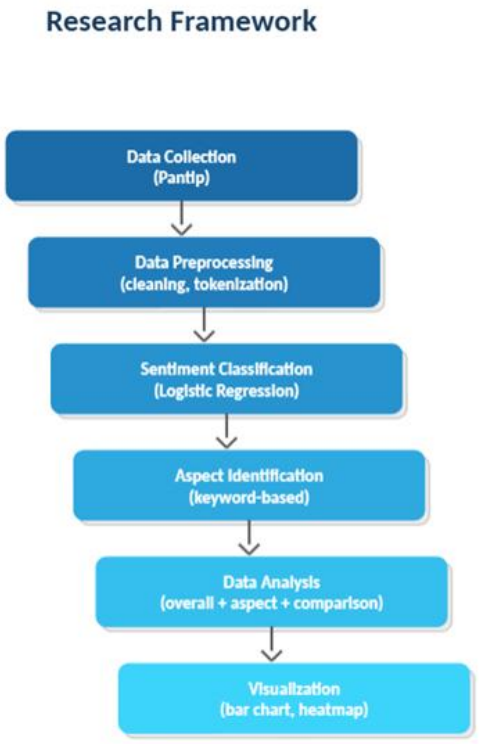


Figure 1 Research framework of the proposed aspect-based sentiment analysis approach for high-protein milk consumer data.

Data source

The dataset consisted of 6,163 Thai-language comments collected from publicly available Pantip threads. Pantip is an online discussion platform that reflects consumer opinions and real-life experiences. Data collection covered threads related to milk products published between 2018 and 2025. In the broader research project, Pantip was selected as the main source of public textual data related to milk products. For this conference paper, the analysis focused on the subset used for aspect-based sentiment interpretation. The dataset comprised two product-related text types: comment-level texts (n = 5,845) and topic-level texts (n = 318), as summarized in Table 1.

Table 1 Dataset summary by product-related text types

Product Type	Total Comments	Percentage
Comment	5,845	94.84
Topic	318	5.16
Total	6,163	100

Data preparation

The collected comments were preprocessed using standard Natural Language Processing procedures. Duplicate comments and non-relevant texts were removed prior to analysis. The preprocessing process included text cleaning, normalization, and tokenization using the PyThaiNLP library. Sentiment labels were organized into three categories: positive, neutral, and negative. The dataset was split into training (80%) and testing (20%) sets for model development. In the broader study, text representation methods such as Word2Vec, BERT, and WangchanBERTa were considered. TF-IDF was used as the feature extraction method, and Logistic Regression was found to be the most suitable model for the dataset, achieving an accuracy of 0.74, precision of 0.74, recall of 0.74, and F1-score of 0.74 on the test set. The final sentiment labels used for analysis in this paper were derived from this classification model.

Aspect identification

To capture more detailed consumer perception, five product aspects were defined based on domain knowledge and exploratory review of the text data: nutrition, taste, price, convenience, and packaging. Comments were assigned to one or more aspects using a keyword-based approach. The specific keywords used for each aspect, in both English and Thai, are listed in Table 2. Texts that did not clearly match any of these aspects were categorized as "other."

Table 2 Keywords used for aspect identification.

Aspect	English Keywords	Thai Keywords
Nutrition	protein, nutrition, fat, calcium	โปรตีน, โภชนาการ, สารอาหาร, ไขมัน, แคลเซียม
Taste	taste, flavor, sweet, bitter, smell, greasy	รส, อร่อย, หวาน, จืด, กลิ่น, มัน, ขม
Price	price, expensive, cheap, worth, baht, promotion	ราคา, แพง, ถูก, คุ้ม, บาท, โปร, ลดราคา
Convenience	convenient, carry, easy to drink, ready-to-drink, find	สะดวก, พก, กินง่าย, พร้อมดื่ม, หาซื้อ, ซื้อได้
Packaging	bottle, box, pack, package, lid, sachet	ขวด, กล่อง, แพ็ค, บรรจุ, ฝา, ซอง

Data analysis

The analysis was conducted in three stages. First, overall sentiment distribution was analyzed and summarized. Second, sentiment distributions were calculated across the predefined aspects, with the number of comments per aspect reported to support interpretation of the percentage results. Third, sentiment patterns were compared by product-related text type to identify whether broader thematic discussions showed different sentiment tendencies from individual comments.

Results

Overall sentiment distribution

The overall sentiment distribution is relatively balanced across the three sentiment categories. Neutral sentiment accounts for the highest proportion (34.33%), followed by positive (33.36%) and negative (32.31%). This pattern suggests that consumer discussions on high-protein milk products are largely informational in nature, with no single sentiment dominating the overall discourse.

Table 3 Overall sentiment distribution.

Sentiment	Count	Percentage (%)
Positive	2,056	33.36
Neutral	2,116	34.33
Negative	1,991	32.31

To illustrate the overall distribution more clearly, the sentiment proportions are presented in Figure 2.

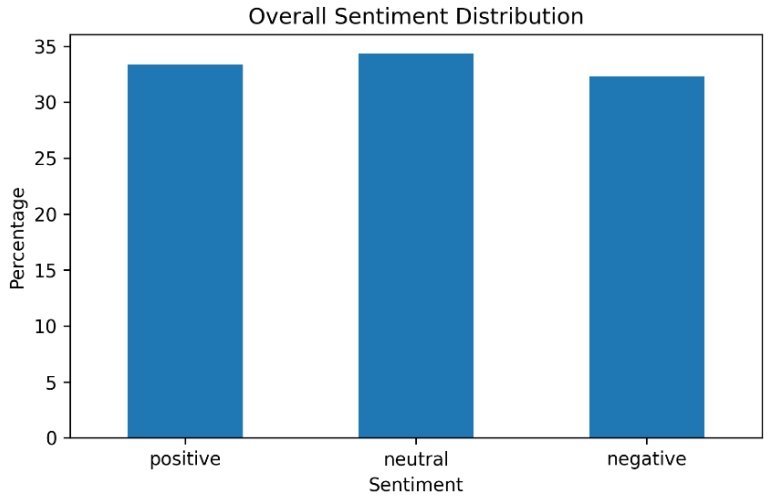


Figure 2 Overall sentiment distribution of high-protein milk consumer comments.

Aspect-based sentiment distribution

Aspect-level analysis reveals more distinct consumer patterns. The number of comments assigned to each aspect and the corresponding sentiment proportions are presented in Table 4. Among all aspects, nutrition shows the highest positive sentiment proportion (34.81%). Taste also shows a relatively high positive share (33.70%); however, negative sentiment remains present, reflecting variability in product experience.

Convenience shows the highest neutral proportion (37.50%), followed by price (36.42%) and packaging (35.12%). This suggests that these aspects are often discussed in a more descriptive or comparative manner. In terms of negative sentiment, convenience records the highest proportion (33.15%), followed by taste (32.67%) and other aspects (32.42%). These findings indicate that while nutrition-related discussions are associated with the highest proportion of positive sentiment, practical usability and sensory experience remain areas where neutral and negative sentiments are relatively more prominent. The aspect-level differences are further visualized in Figure 3, and a compact comparison across aspects is presented as a heatmap in Figure 4.

Table 4 Aspect-based sentiment distribution (%) with number of comments (n) per aspect.

Aspect	n	Positive (%)	Neutral (%)	Negative (%)
Convenience	184	29.35	37.50	33.15
Nutrition	520	34.81	33.65	31.54
Other	3,751	33.46	34.12	32.42
Packaging	561	32.98	35.12	31.91
Price	1,027	32.04	36.42	31.55
Taste	1,558	33.70	33.63	32.67

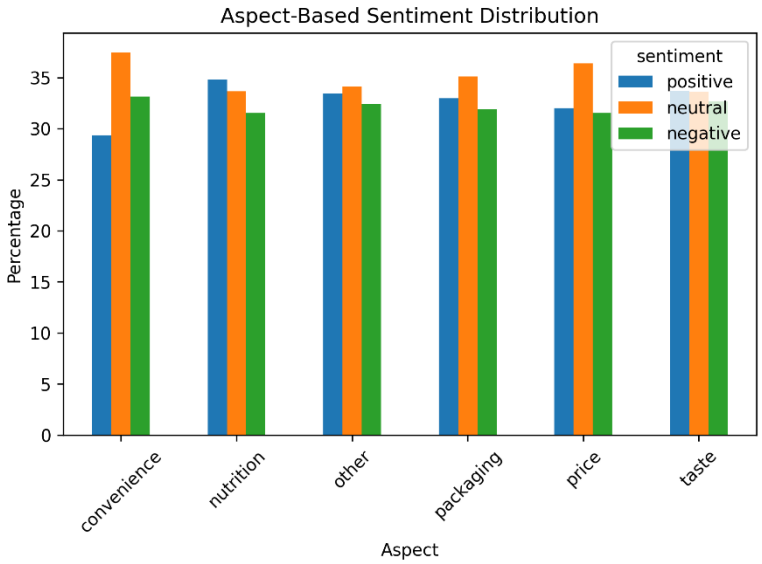


Figure 3 Aspect-based sentiment distribution across predefined product aspects.

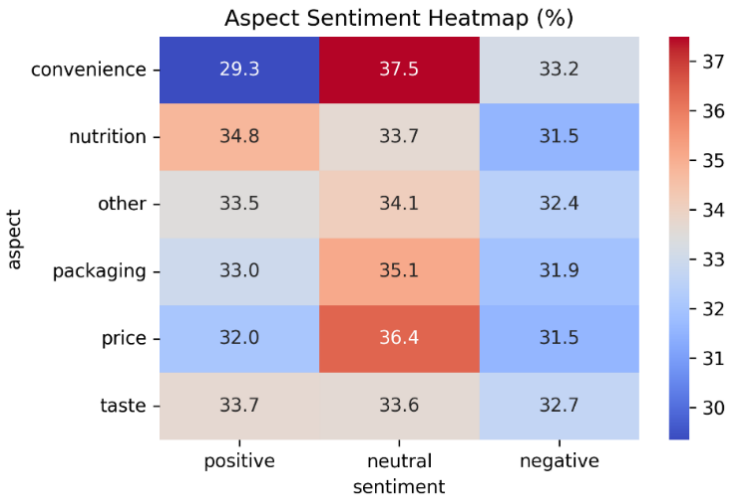


Figure 4 Heatmap of sentiment distribution across product aspects (%).

Comparison by Product-Related Text Type

The comparison by product-related text type reveals slight differences between comment-level and topic-level sentiment distributions. Comment-level data are relatively balanced, with positive sentiment at 33.43%, neutral at 34.39%, and negative at 32.18%. In contrast, topic-level data show a slightly higher proportion of negative sentiment (34.59%), followed by neutral (33.33%) and positive (32.08%). These results indicate that when consumer opinions are aggregated into broader themes, the proportion of negative sentiment is relatively higher. In other words, while individual comments appear relatively balanced, recurring issues are more clearly reflected at the topic level.

Table 5 Sentiment distribution by product-related text type (%).

Product type	Positive (%)	Neutral (%)	Negative (%)
Comment	33.43	34.39	32.18
Topic	32.08	33.33	34.59

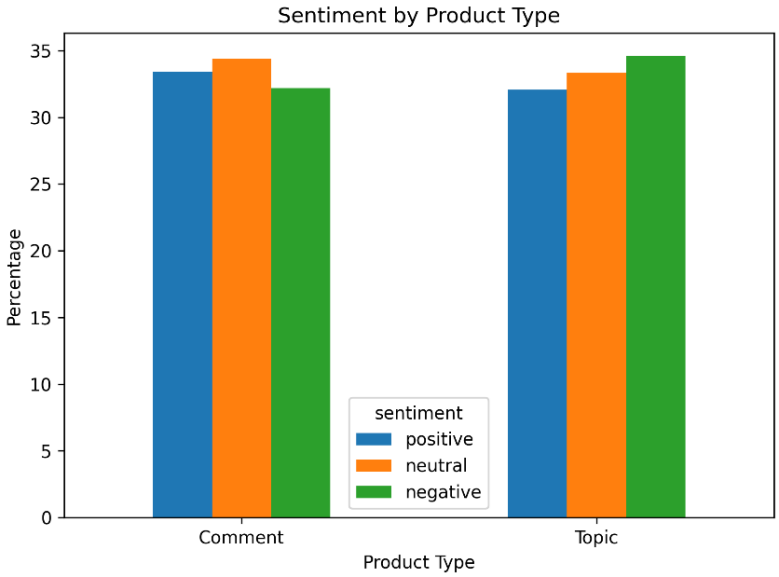


Figure 5 Comparison of sentiment distribution between comment-level and topic-level data.

Discussion

The findings demonstrate that aspect-based sentiment analysis (ABSA) provides a more informative and fine-grained understanding of consumer perception than overall sentiment analysis alone. Although the overall sentiment distribution appears relatively balanced, the aspect-level results reveal meaningful differences across product dimensions. This observation is consistent with prior studies that highlight the limitation of overall sentiment classification in capturing multidimensional consumer opinions (Liu, 2012) and supports the view that ABSA enables more specific insight into consumer concerns (Liu, 2012).

Nutrition shows the highest proportion of positive sentiment among all aspects, suggesting that consumers who discuss nutritional content tend to express positive attitudes more frequently. This pattern is consistent with findings from Chen et al. (2021), who reported that nutrition-related attributes are frequently associated with positive consumer evaluations in text mining studies on alternative proteins. From a theoretical perspective, this observation is consistent with Signaling Theory (Spence, 1973), which proposes that product claims such as "High Protein" function as signals of quality, potentially influencing how consumers respond to nutritional content.

However, the results further indicate that favorable sentiment toward nutritional content alone does not reflect overall consumer satisfaction. Convenience and price are associated with higher neutral and negative sentiment proportions, while taste remains mixed across positive, neutral, and negative categories. These findings are consistent with prior sentiment analysis literature, which indicates that consumer opinions may vary across product attributes (Liu, 2012). This pattern can be interpreted through the Stimulus–Organism–Response (S–O–R) framework (Mehrabian and Russell, 1974), where nutrient claims act as stimuli that shape consumer expectations, while actual product experience—including taste, affordability, and convenience—determines the observable response reflected in online opinions.

Another important observation is that topic-level data show a slightly higher proportion of negative sentiment compared to comment-level data. This suggests that when consumer discussions are aggregated into broader themes, recurring dissatisfaction becomes more prominent. A similar pattern was observed by Liu (2012), who noted that opinion aggregation can amplify shared concerns that are less visible at the individual comment level. Therefore, topic-level analysis may be more effective in identifying underlying structural concerns that are not immediately evident in individual comments.

From a business perspective, the findings imply that high-protein milk products may benefit from positioning strategies that address both nutritional messaging and practical product attributes. While nutrition-related discussions are associated with a higher proportion of positive sentiment, sustained consumer acceptance may also depend on the product’s sensory quality, affordability, and ease of use. These considerations highlight the value of balancing functional benefits with overall product experience in the high-protein milk market.

Conclusion

This study applies aspect-based sentiment analysis (ABSA) to Thai-language social media data in order to extract consumer insights regarding high-protein milk products. The findings show that overall sentiment is relatively balanced; however, aspect-level analysis reveals more distinct patterns of consumer sentiment. Among the five aspects examined, nutrition shows the highest proportion of positive sentiment, while convenience, taste, and price are aspects where neutral and negative sentiments are relatively more prominent.

The study demonstrates that ABSA is an effective approach for uncovering more specific and actionable consumer insights compared to conventional overall sentiment analysis. For practitioners, the findings suggest that nutritional messaging may serve as a core marketing strength, while product development may give consideration to taste, affordability, and convenience, as these are aspects where consumer sentiment is more mixed. For research, this study highlights the value of applying aspect-level text analysis in Thai-

language consumer studies and supports the extension of NLP-based approaches toward more fine-grained consumer insight extraction.

Acknowledgements

The authors would like to express their sincere gratitude to Kasetsart University and all individuals who contributed to this research.

References

Bird S., Klein E. and Loper E. (2009). Natural Language Processing with Python: Analyzing Text with the Natural Language Toolkit. O'Reilly Media: CA.

Chen Z., Gurdian C., Sharma C., Prinyawiwatkul W. and Torrico D.D. (2021). Exploring text mining for recent consumer and sensory studies about alternative proteins. Foods. 10(11): 2537.

Feldman R. (2013). Techniques and applications for sentiment analysis. Communications of the ACM. 56(4): 82–89.

Grand View Research. (2023). milk-protein-market-report market size, share & trends analysis report. Accessed 3 May. 2026. https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/milk-protein-market-report.

Liu B. (2012). Sentiment Analysis and Opinion Mining. Morgan & Claypool Publishers: CA.

Oliver R.L. (1980). A cognitive model of the antecedents and consequences of satisfaction decisions. Journal of Marketing Research. 17(4): 460–469.

Spence M. (1973). Job market signaling. The Quarterly Journal of Economics. 87(3): 355–374.

Mehrabian A. and Russell J.A. (1974). An Approach to Environmental Psychology. MIT Press: MA.

การพยากรณ์ราคาทองด้วยรูปแบบความคล้ายคลึงกันของราคาและการเรียนรู้เชิงลึก
Gold price forecasting using price pattern similarity and deep learning

อนาวิล วรงค์รับพร[1*] อุมัร ศุมานนท์[1] และศิริลักษณ์ หล่อพันธ์มณี[1]
Anawin Worongrapporn[1*], Umar Sumanon[1] and Siriluck Lorpunmanee[1]

[1]หลักสูตรวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต*
[1]Computer Science, Faculty of Science and Technology, Suan Dusit University*
[*]Corresponding Author E-mail Address : u6511011660050@mail.dusit.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้ได้พัฒนาระบบ “GoldTrade Systems” เว็บแอปสำหรับติดตามและพยากรณ์ราคาทองคำ โดยหารูปแบบของราคาในแต่ละช่วงเวลาที่มีความคล้ายคลึงกันเป็นสิ่งกำหนดราคาในอนาคต ซึ่งการค้นหาความคล้ายคลึงกันของราคาได้มีการประยุกต์ใช้อัลกอริทึม SSH (Sketch, Shingle, & Hash) และอัลกอริทึมการเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning) ในการพยากรณ์ราคาทองคำ จากความคล้ายคลึงกัน ทีมนักวิจัยได้พัฒนาระบบ “GoldTrade Systems” เพื่อซื้อขายอัตโนมัติโดยอาศัยข้อมูลของการพยากรณ์ราคาทองคำ

ในการทดสอบระบบต้นแบบการวิจัยได้ใช้ข้อมูลในอดีตตั้งแต่วันที่ 2 มกราคม 2557 ถึง 15 มีนาคม 2565 จำนวน 2117 วัน (Yahoo Finance) ประกอบด้วยราคาปิด(Close) เปิด(Open) สูงสุด(H) ต่ำสุด(L) ปัจจัยทางด้านเศรษฐกิจต่างๆ และเครื่องมือชี้วัดทางเทคนิค เช่น RSI (Relative Strength Index) EMA (Exponential Moving Average Moving Average) ซึ่งผลการทดสอบประสิทธิภาพของ แบบจำลองพบว่าระบบต้นแบบที่ได้พัฒนาขึ้นมีค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยกำลังสอง (Root Mean Square Error: RMSE) และค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (Mean Absolute Error: MAE) มีค่าน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับเทคนิค Linear Regression (LR) และSupport Vector Machine (SVM)

คำสำคัญ: GoldTrade Systems, RSI, MA, RMSE, MAE, LR, SVM, LSTM

Abstract

This research developed a system, namely “GoldTrade Systems,” a web application designed for monitoring and forecasting gold prices. The system identifies price patterns across different time periods that exhibit similarity, and uses these patterns as indicators for future price movements. To detect price similarity, the study applies SSH (Sketch, Shingle, & Hash) in combination with Deep Learning algorithms for gold price forecasting based on similarity measures. The research team further developed GoldTrade Systems to perform automated trading by relying on the system’s gold price forecasts.

In the prototype system evaluation, historical data from January 2, 2014, to March 15, 2022, comprising 2,117 trading days obtained from Yahoo Finance, were utilized. The dataset included closing prices, opening prices, highest prices, lowest prices, various economic factors, and technical indicators such as the Relative Strength Index (RSI) and Exponential Moving Average (EMA). The performance evaluation results demonstrated that the developed prototype system achieved the lowest Root Mean Square Error (RMSE) and Mean Absolute Error (MAE) when compared with Linear Regression (LR) and Support Vector Machine (SVM) techniques.

Keywords: GoldTrade Systems, RSI, MA, RMSE, MAE, LR, SVM, LSTM

บทนำ

ในปัจจุบันราคาทองคำถือเป็นหนึ่งในตัวแปรทางเศรษฐกิจที่มีความผันผวนสูงและส่งผลกระทบอย่างกว้างขวางต่อการลงทุนทั้งในระดับบุคคลและระดับมหาภาค การเปลี่ยนแปลงของราคาทองมักได้รับอิทธิพลจากปัจจัยหลากหลาย เช่น ค่าเงินดอลลาร์สหรัฐ อัตราดอกเบี้ย เงินเฟ้อ เหตุการณ์ทางภูมิรัฐศาสตร์ ตลอดจนความไม่แน่นอนทางเศรษฐกิจทั่วโลก ดังนั้นความสามารถในการคาดการณ์ราคาทองคำล่วงหน้าจึงเป็นสิ่งที่มีคุณค่าอย่างยิ่งต่อผู้ลงทุน นักลงทุนรายย่อย และผู้ประกอบการที่ต้องการบริหารความเสี่ยงหรือวางแผนการเงินอย่างมีประสิทธิภาพ

การพยากรณ์ราคาทองคำและราคาสินทรัพย์ต่างๆ ตั้งแต่อดีตจนกระทั่งปัจจุบันได้มีนักวิจัยได้นำเสนอเทคนิคที่หลากหลายเพื่อพยายามพยากรณ์ราคาให้มีความแม่นยำและมีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยในปี 2556 วรางคณา กีรติวิบูลย์ และดุษณี ณะละเอียด ได้สร้างตัวแบบพยากรณ์ที่เหมาะสมที่สุดของราคาขาย ทองรูปพรรณ ด้วยวิธีบอกซ์-เจนกินส์ โดยผลการทดลองวิธีการที่นักวิจัยนำเสนอให้ผลของเกณฑ์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ยที่ต่ำที่สุด ในปี 2564 อำนาจ วังจีน และสุพล พรหมมาพันธุ์ ได้นำเสนอวิธีการพยากรณ์ราคาทองค่าโดยใช้อนุกรมเวลาแบบคลาสสิค ซึ่งเป็นวิธีการแบบดังเดิม ผลการศึกษาพบว่าวิธีการดังกล่าวสามารถให้ผลการทดลองในระดับที่น่าพอใจ ซึ่งในอดีตการพยากรณ์ราคาทองคำและราคาสินทรัพย์ต่างๆ ใช้ความรู้ทางด้านสถิติ อย่างไรก็ตามในหลายๆปีที่ผ่านมานักวิจัยได้มีการประยุกต์ใช้เทคนิค Machine Learning และอินดิเคเตอร์ (Indicator) ทางการเงิน เข้ามาช่วยในการพยากรณ์ราคาทองค่า เช่นปี 2566 เชิดพงษ์ มาลาธรรม และณัฏฐ์ โอธนาทรัพย์ ได้ประยุกต์ใช้ Multiple Linear Regression และ Exponential Moving Average (EMA) เป็นเครื่องมือช่วยในการพยากรณ์ราคาทองคำ ซึ่งผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าเทคนิคพื้นฐานที่นำเสนอเป็นโมเดลที่ไม่มีความสลับซับซ้อนสามารถใช้ร่วมกับอินดิเคเตอร์ทางการเงินในการพยากรณ์ราคาทองคำที่ระดับความแม่นยำ 81.9% ที่ EMA เท่ากับ 5 วันและ 10 วัน ตามลำดับ ในปี 2560 วิจิตร คลังภูเขียว และทีมนักวิจัยได้ประยุกต์ใช้โมเดลทางด้าน Machine Learning เข้ามาพยากรณ์ โดยได้สร้างตัวแบบพยากรณ์ความผันผวนของราคาทองคำโดยใช้โมเดลโครงข่ายประสาทเทียม และประเมินประสิทธิภาพของโมเดลด้วยค่าคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (MAE) ค่ารากของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (RMSE) และค่าคลาดเคลื่อนเปอร์เซ็นต์สัมบูรณ์เฉลี่ย (MAPE) ผลการศึกษาพบว่า โครงข่ายประสาทเทียมที่มีการเรียนรู้แบบแพร่กลับ (Backpropagation Learning) ที่มีระดับ 1 ชั้น และจำนวนนิวรอนที่ชั้นซ่อนเท่ากับ 20 นิวรอน จะให้ค่า MAE RMSE และค่า MAPE ต่ำที่สุด นอกจากนี้ในปี 2564 วริศ ปัญญาฉัตรพร ได้ทดสอบ 2 อัลกอริทึมได้แก่ Artificial neural network (ANN) และ Long Short-Term Memory (LSTM) โดยให้พยากรณ์ราคาตราสารทุนหุ้นสามัญในช่วงเวลา 1 วัน 1

เดือน และ 3 เดือน ผลการทดลองพบว่าทั้ง 2 อัลกอริทึมให้ผลที่มีความคาดเคลื่อนสูงในการพยากรณ์ราคารายวัน แต่จะให้ผลที่มีความแม่นยำสูงในช่วงเวลา 1 เดือน และ 3 เดือน ในปี 2019 นักวิจัย Han ได้เปรียบเทียบระหว่างอัลกอริทึม Random Forest (RF) และLong Short-Term Memory (LSTM) ในการพยากรณ์ผลตอบแทนของหุ้นในตลาด NASDAQ ซึ่งผลการเปรียบเทียบพบว่า LSTM สามารถให้ผลตอบแทนได้ดีกว่า RF นอกจากนี้ทีมนักวิจัยของ Ma, Han, & Wang (2021) ได้ทำการทดสอบประสิทธิภาพผลตอบแทนของพอร์ตโฟลิโอในการลงทุนหุ้น โดยการประยุกต์ใช้โมเดล Deep Learning และ Machine Learning ร่วมกับอัลกอริทึมต่างๆ เช่น Mean–Variance (MV) support vector regression (SVR) และRandom Forest (RF) ผลการทดลองพบว่า MVF ร่วมกับ RF สามารถให้ผลตอบแทนรายวันได้ดีกว่าโมเดลอื่นๆ ในปี 2018 A. Spiro, M. Gol’dovskaya, N. Kiseleva และI. Pokrovskaya ใช้วิธีค้นหารูปแบบความคล้ายคลึงกันในข้อมูลอนุกรมเวลาด้วยอัลกอริทึมแฮชชิง (Hashing Algorithm) ที่ใช้ค่าความชัน (Slope) ระหว่าง 2 จุดของข้อมูลแบบลำดับที่ต่อเนื่องกันมาสร้างไบนารีแฮชโค้ด (Binary Hash Code) แต่วิธีค้นหาโดยใช้อัลกอริทึมแฮชนี้พบปัญหา 2 กรณี กรณีแรกคือ ปัญหาความยาวของแฮชโค้ด (Hash Code) จะถูกจำกัดด้วยความยาวของการแบ่งส่วน (Segmentation) ยิ่งการแบ่งส่วนมีความยาวมากขึ้นแฮชโค้ดก็จะยาวขึ้นตามไปด้วย กรณีที่สอง คือ ปัญหาการชนกันของข้อมูลที่ไม่คล้ายคลึงกัน ทำให้ข้อมูลที่ไม่มีความคล้ายคลึงกันจะถูกจัดไว้ใน Bucket เดียวกันด้วยฟังก์ชันแฮช (Hash Function) จากปัญหาดังกล่าวจะลดประสิทธิภาพในการค้นหาความคล้ายคลึงกัน

ปัจจุบันเทคโนโลยีด้านวิทยาการข้อมูลและปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence AI) โดยเฉพาะเทคนิค Deep Learning ได้เข้ามามีบทบาทในการวิเคราะห์ข้อมูลขนาดใหญ่และซับซ้อน ซึ่งสามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการคาดการณ์ราคาทองได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยการเรียนรู้จากข้อมูลในอดีตและตรวจจับรูปแบบเชิงสถิติหรือความสัมพันธ์ที่ซ่อนอยู่ในข้อมูล เช่น ความคล้ายคลึงกันของราคาปิด(Close) เปิด(Open) สูงสุด(H) ต่ำสุด(L) ความผันผวนรายวัน และดัชนีเศรษฐกิจ ทั้งนี้การประยุกต์ใช้ อัลกอริทึม SSH (Sketch, Shingle, & Hash) และอัลกอริทึมการเรียนรู้ลึก (Deep Learning) เช่น LSTM จึงเป็นแนวทางที่มีประสิทธิภาพในการคาดการณ์ราคาทองในอนาคตบนพื้นฐานของข้อมูลในอดีต

ด้วยเหตุนี้ การวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นการพัฒนาโมเดลการทำนายราคาทองคำโดยใช้เทคนิค SSH ในการค้นหาความคล้ายคลึงกันของราคาในแต่ละช่วงเวลา และการเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning) ตลอดจนพัฒนาต้นแบบของระบบอัจฉริยะในการซื้อขายอัตโนมัติภายใต้ Platform MQL4

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

การพัฒนาระบบพยากรณ์ราคาทองคำมีวิธีการดังต่อไปนี้

1. การออกแบบโครงสร้างอัลกอริทึม

1.1 SSH (Sketch, Shingle, & Hash) (Luo, C., and Shrivastava, A., 2016) เป็นอัลกอริทึมรับการจัดทำดัชนี (Indexing) และการค้นหาความคล้ายคลึง (Similarity Search) ในข้อมูลอนุกรมเวลา (Time Series) ขนาดใหญ่ ซึ่งอัลกอริทึมออกแบบมาเพื่อลดเวลาในการคำนวณและเพิ่มประสิทธิภาพของการค้นหาบนข้อมูลเชิงเวลาที่มีปริมาณมาก โดยอาศัยการสกัดคุณลักษณะสำคัญ (Feature Abstraction) และการจัดเก็บข้อมูลความคล้ายคลึงกันในโครงสร้างแบบแฮช (Similarity-Preserving Hashing) ซึ่งประกอบด้วย 3 ขั้นตอน

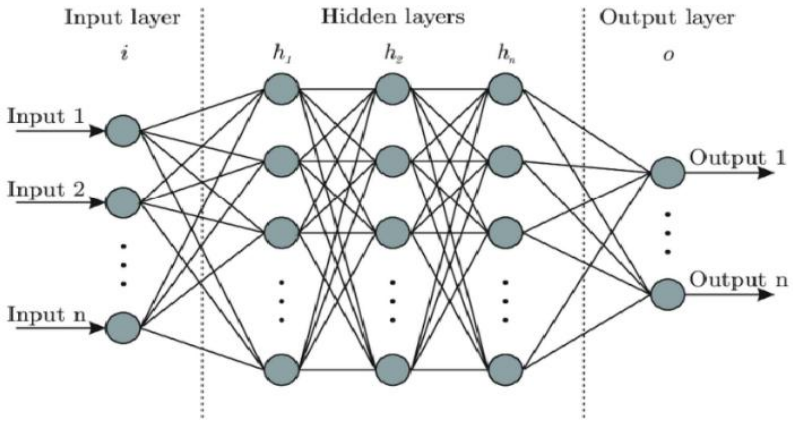
ขั้นที่ 1 Shingle การสร้างส่วนย่อยของข้อมูลอนุกรมเวลา (Time Series) โดยการแบ่งข้อมูลออกเป็นช่วงๆ ที่มีขนาดความยาวคงที่ เพื่อให้สามารถพิจารณาความคล้ายคลึงในระดับช่วงของเวลา (Local Subsequence)

ขั้นตอนนี้ช่วยให้ระบบสามารถรองรับ time series ความยาวต่างกัน และสนับสนุนการค้นหาแบบ subsequence matching ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ขั้นที่ 2 Sketch การย่อข้อมูลเชิงรูปแบบ (Compact Representation) ซึ่งเป็นกระบวนการในการย่อส่วนข้อมูล (Dimensionality Reduction) ในแต่ละ Shingle ให้เป็นข้อมูลแทนที่มีขนาดเล็ก

และขั้นตอนที่ 3 Hash การแฮชแบบไวต่อความคล้ายคลึงกัน (Locality-Sensitive Hashing) ซึ่งเป็นการรวบรวมข้อมูล Sketch เข้าไปในระบบแฮช โดยข้อมูลที่มีความคล้ายคลึงกันหรือมีรูปแบบใกล้เคียงกันถูกกระจายไปยังตระกร้า (Bucket) เดียวกัน (Collision-Based Similarity) โดยวิธีนี้ช่วยให้สามารถทำการ Similarity Search และ Nearest-Neighbor Retrieval ได้ด้วยเวลา Sub-Linear แทนที่จะเป็นการค้นหาเชิงเส้นที่ช้า

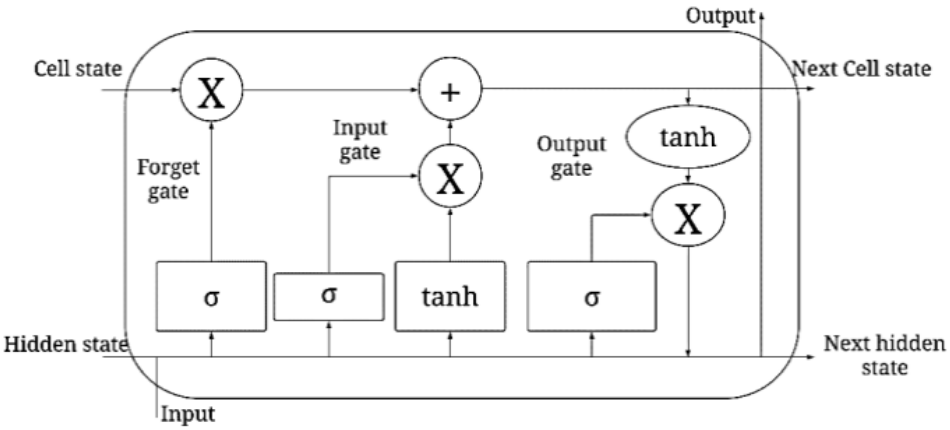
1.2 การเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning) เป็นส่วนหนึ่งของการเรียนรู้ของเครื่องจักร (Machine Learning) (B. P. Woolf, 2016) โดยมีพื้นฐานมาจากโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network : ANN) ซึ่งเลียนแบบการเรียนรู้จากระบบประสาทของมนุษย์ โดยต้องนำเข้าข้อมูลเข้าไปในชั้นรับข้อมูล (Input Layer) จากนั้นจะนำข้อมูลไปประมวลผลในชั้นซ่อน (Hidden Layer) แล้วจะนำเสนอข้อมูลผลลัพธ์ในชั้นแสดงผล (Output Layer) ตามรูปที่ 1 โดย โครงข่ายประสาทเทียมได้มีการพัฒนามาอย่างต่อเนื่อง เช่น โครงข่ายประสาทคอนโวลูชัน (Long Short-Term Memory (LSTM)) และ Gated Recurrent Unit (GRU) เป็นต้น



รูปที่ 1 การเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning) (F. Bre, J. Gimenez, and V. Fachinotti, 2017)

1.3 LSTM (Long Short-Term Memory) เป็นโมเดลที่ประยุกต์มาจาก Recurrent Neural Network (RNN) ซึ่งนำเสนอโดยHochreiter และSchmidhuber ในปี 2019 โดย LSTM ได้เข้ามาแก้ไขปัญหา Vanishing Gradient กับข้อมูลที่มีความยาว เช่น เสียงพูดหรือวีดิทัศน์ หรือแม้แต่ข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีขนาดใหญ่ โดย LSTM ประกอบด้วย input gate, output gate และforget gate ซึ่งจะเป็นสิ่งที่ควบคุมการไหลของข้อมูล เมื่อ LSTM ได้รับข้อมูลมาจากชั้น input เป็นครั้งแรก LSTM จะเข้าสู่ input gate และเข้าสู่ output gate เพื่อตัดสินใจว่าจะเก็บข้อมูลที่ได้แล้ววนซ้ำใน LSTM หรือแสดงผลข้อมูล ซึ่งถ้าเลือกที่จะวนซ้ำจะนำข้อมูลกลับมาเพื่อเข้าสู่ forget gate ซึ่งจะตัดสินใจว่าจะลบข้อมูลที่เก็บไว้หรือยังคงเก็บข้อมูลไว้ หากเก็บจะต้องรอการอัพเดทจาก input gate ซึ่งจะตัดสินใจว่าจะอัพเดทข้อมูลหรือไม่ และจะอัพเดทด้วยค่าอะไร

แล้วส่งข้อมูลนั้นไป output gate เพื่อตัดสินใจว่าจะนำข้อมูลนั้นออกไปแสดงหรือว่านำข้อมูลกลับไปวนซ้ำอีกรอบ กล่าวคือ LSTM สามารถเรียนรู้จากข้อมูลที่เป็นลำดับและเก็บหรือลบข้อมูลทิ้งถ้าข้อมูลนั้นไม่จำเป็นตามรูปที่ 2



รูปที่ 2 การทำงานของ LSTM

2. การเตรียมข้อมูลและคุณลักษณะข้อมูล

ข้อมูลที่ใช้ศึกษาเป็นข้อมูลราคาทองคำตั้งแต่วันที่ 2 มกราคม 2557 ถึง 15 มีนาคม 2565 จำนวน 2117 วัน (Yahoo Finance) นอกจากนี้ทีมนักวิจัยได้จัดการข้อมูล (Data Cleaning) ที่มีค่าเป็น NULL โดยการแทนค่าด้วยค่าเฉลี่ยย้อนหลัง 10 วัน ข้อมูลที่ใช้เป็นตัวแทนคุณลักษณะของข้อมูล (Features) ประกอบด้วย 2 ส่วน 1) ข้อมูลราคาทองคำ (OCHL) 2) ข้อมูลอินดิเคเตอร์ (Indicator) ดังตารางที่ 1

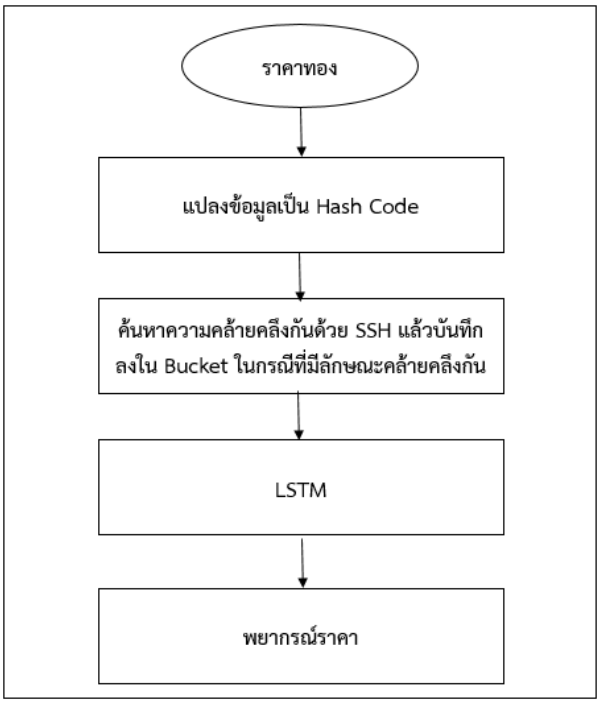
ตารางที่ 1 แสดงคุณลักษณะของข้อมูล (Features)

คุณลักษณะ	คำอธิบาย
Open	ราคาเปิด
Close	ราคาปิด
High	ราคาสูงสุด
Low	ราคาต่ำสุด
EMA_9	EMA (Exponential Moving Average) 9 วัน
EMA_14	EMA (Exponential Moving Average) 14 วัน
EMA_30	EMA (Exponential Moving Average) 30 วัน
EMA_60	EMA (Exponential Moving Average) 60 วัน
EMA_90	EMA (Exponential Moving Average) 90 วัน
EMA_180	EMA (Exponential Moving Average) 180 วัน
EMA_200	EMA (Exponential Moving Average) 200 วัน
RSI_9	RSI (Relative Strength Index) 9 วัน
RSI_14	RSI (Relative Strength Index) 14 วัน

นอกจากนี้ข้อมูล (Data set) แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนแรกใช้ข้อมูล 90% สำหรับฝึกการเรียนรู้ให้กับโครงข่าย (Training data) และข้อมูลอีก 10% เพื่อทดสอบประสิทธิภาพความแม่นยำของโมเดล (Test data) ในการวัดความแม่นยำของโมเดลใช้ค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยกำลังสอง(Root Mean Square Error: RMSE) และค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (Mean Absolute Error: MAE)

3. ขั้นตอนการวิจัย

โดยเริ่มจากนำข้อมูลราคาปิดของทองในแต่ละวันมาเข้ากระบวนการแบ่งช่วงเวลาย่อย (Time Segmentation) เพื่อแบ่งข้อมูลมาทดลองทีละช่วง จากนั้นนำผลลัพธ์ของการแบ่งช่วงเวลาย่อยดังกล่าวเข้าสู่กระบวนการแปลงข้อมูลเป็นแฮชโค้ดด้วยวิธี SSH (Sketch, Shingle, & Hash) สำหรับทำดัชนีข้อมูล พร้อมกับค้นหาข้อมูลที่มีความคล้ายคลึงกันแล้วเก็บใน Bucket เดียวกัน ขั้นตอนสุดท้ายนำข้อมูลที่มีความคล้ายคลึงกันมาพยากรณ์ราคาทองในวันถัดไปด้วย LSTM ขั้นตอนดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 ขั้นตอนการวิจัย

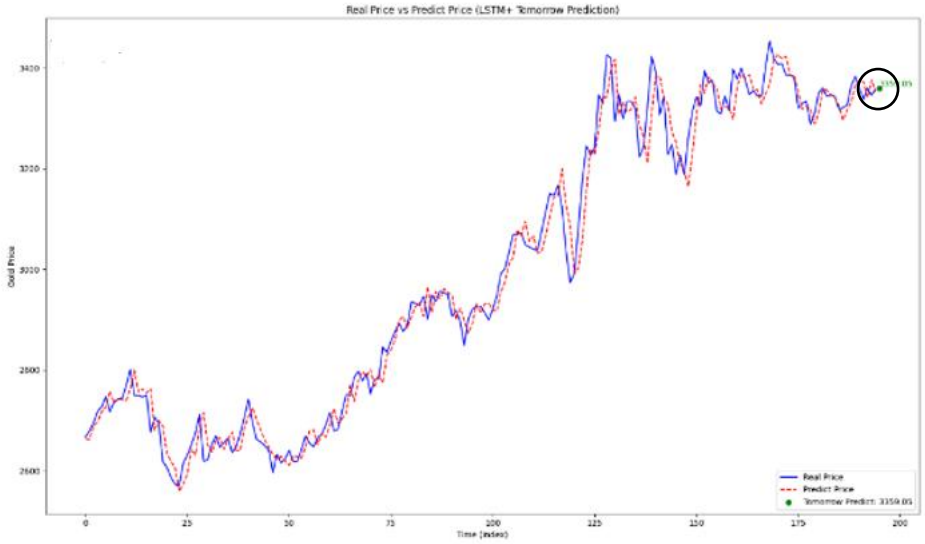
การอภิปรายผล

ในการทดลองทีมนักวิจัยได้เปรียบเทียบระหว่างกระบวนการที่ได้นำเสนอกล่าวคือหาความคล้ายคลึงกันก่อนนำไปพยากรณ์ด้วย LSTM เปรียบเทียบกับ Linear Regression (LR) และ Support Vector Machine (SVM) โดยทีมนักวิจัยได้ใช้ข้อมูลราคาทองคำและอินดิเคเตอร์ต่างๆ ทั้งสิ้นจำนวน 13 ปัจจัย ซึ่งผลการทดลองพบว่าอัลกอริทึมที่นำเสนอให้ผลการวัดประสิทธิภาพดีที่สุดดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยกำลังสอง (Root Mean Square Error: RMSE) และคาเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ (Mean Absolute Error: MAE) เปรียบเทียบกันทั้ง 3 แบบจำลอง

Model	RMSE	MAE
SSH+LSTM	4.881	1.342
Linear Regression (LR)	18.078	5.767
Support Vector Machine (SVM)	18.091	4.764

จากผลการทดลองพบว่าโมเดลที่นำเสนอ (SSH+LSTM) ให้ผลการวัดประสิทธิภาพดีที่สุด กล่าวคือได้ค่า RMSE และ MAE เท่ากับ 4.881 และ1.342 ตามลำดับ ซึ่งผลของการพยากรณ์โดยใช้กระบวนการที่นำเสนอแสดงได้ดังรูปที่ 4 โดยในเส้น "prediction" แทนเส้นปะสีเขียวที่มีเครื่องหมายวงกลม แทนค่าที่ทำนายจากโมเดล "data" แทนเส้นสีน้ำเงิน แทนค่าข้อมูลจริง จากกราฟ กราฟนี้ช่วยให้สามารถเปรียบเทียบค่าที่ทำนายกับค่าจริงได้อย่างชัดเจน แสดงให้เห็นว่าโมเดลสามารถทำนายได้ใกล้เคียงกับข้อมูลจริง



รูปที่ 4 กราฟแสดงราคาทองคำในแต่ละช่วงเวลาและราคาทองคำที่ได้จากการพยากรณ์

บทสรุป

จากผลการศึกษาการคาดการณ์ราคาปิดของราคาทองคำ วิธีการหาความคล้ายคลึงกันของราคาในช่วงระยะเวลาเท่ากันแล้วนำไปพยากรณ์ด้วย LSTM สามารถคาดการณ์ผลลัพธ์ (คาดการณ์ราคาทองคำ) ได้ใกล้เคียงกับราคาทองคำแท้จริงในแต่ละช่วงเวลา ดังรูปที่ 4 นอกจากนี้ผลการทดสอบประสิทธิภาพของโมเดลที่นำเสนอเทียบกับ LR และSVM โมเดล พบว่าให้ผลด้านประสิทธิภาพของโมเดลที่ดีกว่า

เอกสารอ้างอิง

วรางคณา กีรติวิบูลย์ และ ดุษณี ณะละเอียด. (2013). ตัวแบบพยากรณ์ราคาขายทองรูปพรรณรายเดือน. วารสารมหาวิทยาลัยนเรศวร, 9(2), 65-81.

อำนาจ วังจีน และ สุพล พรหมมาพันธุ์. (2564). การพยากรณ์ราคาทองคำแท่งรายปีโดยใช้วิธีการพยากรณ์อนุกรมเวลาแบบคลาสสิค. การประชุมวิชาการระดับชาติและนานาชาติ มหาวิทยาลัยศรีปทุม ออนไลน์ ครั้งที่ 16 ประจำปี 2564, 28 ตุลาคม 2564. pp. 2400-2410.

B. P. Woolf, Chapter 1 - Introduction. San Francisco: Morgan Kaufmann, 2016, pp. 1-20.

F. Bre, J. Gimenez, and V. Fachinotti. (2017). Prediction of Wind Pressure Coefficients on Building Surfaces Using Artificial Neural Networks, Energy and Buildings, vol.158, doi: 10.1016/j.enbuild.2017.11.045.

Hochreiter, S., & Schmidhuber, J. (1997). Long short-term memory. Neural Computation, 9(8), 1735–1780. https://doi.org/10.1162/neco.1997.9.8.1735

Luo, C., & Shrivastava, A. (2016). SSH (Sketch, Shingle, & Hash) for indexing massive-scale time series. In NIPS Time Series Workshop (pp. 38–58).

Spiro, M. Gol’dovskaya, N. Kiseleva and I. Pokrovskaya. (2018). Segmentation and Hashing of Time Series in Stock Market Prediction. Automation and Remote Control. (918–911) .

Project-based learning for e-commerce entrepreneurship with AI-assisted tools: A model for enhancing digital entrepreneurship skills of undergraduate students

Kemkanit Sanyanunthana[1*]

[1*] *Faculty of Science and Technology, Suan Dusit University, Bangkok*
[*]*Corresponding Author E-mail Address: kemkanit_san@dusit.ac.th*

Abstract

This classroom research aimed to develop project-based learning (PBL) modules for e-commerce that integrate AI-assisted tools, compare students’ digital entrepreneurship skills before and after the learning intervention, and examine student satisfaction with the proposed learning model. The sample consisted of 49 undergraduate students enrolled in Course 4121603, E-Commerce Entrepreneurship, and Course 4121604, Practice of E-Commerce Entrepreneurship, in the second semester of the 2025 academic year. The participants were divided into pre-existing sections, Section A (n = 26) and Section B (n = 23), and were selected through purposive sampling. The study employed a quasi-experimental one-group pretest–posttest design. The research instruments included PBL modules for e-commerce with AI-assisted tools, a digital entrepreneurship skills test, and a student satisfaction questionnaire. The instruments were reviewed for content validity by three experts, yielding an average Index of Item-Objective Congruence (IOC) of 0.89 and a reliability coefficient of 0.79. Data were analyzed using mean, standard deviation, percentage, paired-samples t-test, and Cohen’s dz. The findings revealed that the developed learning modules possessed a very high level of overall quality (*M = 4.67, SD = 0.21*). Students’ posttest scores for digital entrepreneurship skills (*M = 35.84, SD = 3.12*) were significantly higher than their pretest scores (*M = 24.16, SD = 4.08*), t(48) = 18.76, p < .001, demonstrating a remarkably large practical effect size (*Cohen’s dz = 2.68*). Student satisfaction with the learning model was also at the highest level (*M = 4.52, SD = 0.38*). In addition, students produced tangible learning outputs, with 17 students (34.69%) generating actual monetary income during the course. The findings suggest that the AI-assisted PBL model effectively enhances students' digital entrepreneurship skills by fostering “cognitive offloading” and rapid feedback loops. However, given the limitations of the one-group design without a control group, the results should be interpreted with caution, highlighting the pedagogical necessity to evaluate non-earning student cohorts through multidimensional proxy entrepreneurial metrics rather than purely financial outcomes.

Keywords: project-based learning, e-commerce, AI-assisted tools, digital entrepreneurship skills, undergraduate students

Introduction

These changes have made it necessary for higher education institutions to redesign their instructional approaches in alignment with future-oriented skills, particularly AI literacy, digital entrepreneurship skills, and the ability to use technology to solve business problems. AlBlooshi (2025) indicated that AI plays an important role in higher education by supporting personalized learning, adaptive feedback, and more flexible learning environments. In the context of entrepreneurship and online education Alpürk et al. (2025) further highlighted that AI applications can support business idea generation, market analysis, and strategic planning. Similarly, The World Economic Forum (2025) reported that technological change and AI are reshaping job structures, workforce preparation, and skill requirements during the period 2025–2030. These developments underscore the need for higher education students to develop digital skills and AI literacy, which have been shown to influence digital entrepreneurial intentions (Duong, 2026). Project-based learning (PBL) is a learner-centered instructional approach that enables students to learn through hands-on practice, problem solving, collaboration, and the creation of products or outputs connected to real-world situations. Zhang and Ma (2023) found that PBL had positive effects on students' learning achievement, attitudes, and thinking skills. In addition, bibliometric evidence shows increasing scholarly interest in technology integration within PBL over the past decade (Ahzari et al., 2024). Therefore, integrating PBL with AI-assisted tools in digital business courses is pedagogically appropriate because it enables students to connect business concepts, digital technologies, and practical processes involved in developing online stores. Recent studies have also demonstrated the relevance of AI tools in entrepreneurship education. Exposure to generative AI tools such as ChatGPT has been found to positively influence university students' entrepreneurial intentions (Mwaanga et al., 2026). Chen et al., (2024) noted that AI can support entrepreneurial learning through business idea generation, market analysis, strategy design, and business simulation. However, they also emphasized that gaps remain in the systematic design of learning activities that integrate intelligent technologies into teaching and learning. Similarly, the integration of digital technologies such as AI and social media platforms has been shown to enhance students' entrepreneurial knowledge and business performance (Islam et al., 2025). These findings are particularly relevant to e-commerce education, in which students should be provided with opportunities to experiment with AI-assisted tools in authentic online business processes, rather than learning only conceptual knowledge or studying entrepreneurial intention. Although contemporary studies have highlighted the roles of AI literacy, generative AI, and PBL in developing students' entrepreneurial skills, self-efficacy, and intentions (AlBlooshi, 2025; Alpürk et al., 2025; Bećirović et al., 2025; Duong, 2026; Islam et al., 2025; Mwaanga et al., 2026; Research.com, 2026; Tripopsakul & Hoonsopon, 2025, 2026; Xie & Wang, 2025; Ahzari et al., 2024; Zhang & Ma, 2023), most existing studies still focus primarily on students' attitudes, intentions, or perceptions. Less attention has been given to the design of learning activities that enable

students to apply AI-assisted tools directly to the creation and management of online stores. Moreover, research in the Thai higher education context that measures students' digital entrepreneurship skills before and after learning through PBL–AI-assisted modules remains limited.

This study therefore seeks to address this gap by developing four project-based learning modules for e-commerce that integrate AI-assisted tools and by evaluating students' learning outcomes in terms of digital entrepreneurship skills and satisfaction with the proposed learning model. Specifically, the objectives of this study are to develop PBL modules for e-commerce that integrate AI-assisted tools, compare students' digital entrepreneurship skills before and after the learning intervention, and examine student satisfaction with the learning model. The findings are expected to provide guidance for designing e-commerce and AI-assisted learning activities for undergraduate students and to support curriculum development that emphasizes hands-on practice and preparation for digital entrepreneurship in the AI era.

Materials and Methods

This study was conducted as classroom research using a quasi-experimental one-group pretest–posttest design. It was implemented during the second semester of the 2025 academic year over a period of 15 weeks, with four instructional hours per week, in Course 4121603, E-Commerce Entrepreneurship, and Course 4121604, Practice of E-Commerce Entrepreneurship. The objectives were to develop project-based learning (PBL) modules for e-commerce that integrate AI-assisted tools, compare students' digital entrepreneurship skills before and after the learning intervention, and examine student satisfaction with the proposed learning model. The sample consisted of 49 undergraduate students enrolled in Courses 4121603 and 4121604 during the second semester of the 2025 academic year. The participants were divided into Section A (n = 26) and Section B (n = 23), which represented two pre-existing, intact classroom sections assigned by the university's registration office. Purposive sampling was justified because these specific sections were the only cohorts concurrently enrolled in both the theoretical and practical e-commerce courses, ensuring continuous exposure to the intervention. This sampling approach was appropriate for classroom research because the study aimed to examine the implementation of the learning model within an authentic course context.

The materials, equipment, and instructional media used in the study included PBL lesson plans, e-commerce learning modules integrating AI-assisted tools, and the Shopee platform for studying the design and management of online stores. AI tools, including ChatGPT and Gemini, were used to support product idea generation, target audience analysis, product description writing, and marketing planning. Digital media creation tools, including Canva and Grok AI, were used to design promotional media and short-form videos for online business. Google Forms was used to collect data from the test and questionnaire. These digital tools were used as learning-support tools and project-development resources, not as direct measurement

instruments. The research instruments consisted of three types. First, the PBL modules for e-commerce with AI-assisted tools comprised four modules: fundamentals of AI tools for business, digital marketing with AI-assisted tools, online store creation and management, and data analysis and business improvement with AI-assisted tools. Second, the digital entrepreneurship skills test covered five dimensions: AI literacy, digital marketing, online store management, data analysis, and creative problem solving. Third, the student satisfaction questionnaire was designed as a five-point rating scale to assess students’ perceptions of the learning model. The research instruments were reviewed for content validity by three experts using the Index of Item-Objective Congruence (IOC). The average IOC was 0.89, which met the acceptable criterion. Instrument reliability was also examined, yielding a reliability coefficient of 0.79, indicating that the instruments were suitable for data collection in this study.

The research procedure consisted of five stages. First, the course learning outcomes were analyzed, and the learning modules were designed. Second, the research instruments were prepared, and students were briefed on the appropriate use of AI-assisted tools. Third, students’ digital entrepreneurship skills were measured before the learning intervention. Fourth, PBL activities were implemented over 15 weeks. During this process, students used Shopee as a case-study platform, ChatGPT and Gemini to support brainstorming, target audience analysis, and business content creation, and Canva and Grok AI to design promotional media and short-form videos for online product sales. Fifth, students’ digital entrepreneurship skills were measured after the learning intervention, and their satisfaction with the learning model was assessed. The data were analyzed using descriptive statistics, including mean (M), standard deviation (SD), and percentage. Inferential statistics were also employed, specifically the paired-samples t-test, to compare students’ digital entrepreneurship skills before and after the learning intervention at the .05 level of statistical significance. Cohen’s dz was reported as the effect size to indicate the practical significance of the findings. The study was conducted with consideration of human research ethics. The researcher explained the objectives of the study, data collection procedures, participants’ right not to provide information, and confidentiality measures. All data were presented in aggregate form without disclosing students’ names, student identification numbers, or personal information. Course evaluation results were used only as contextual supporting information and were not used as a direct substitute for the measurement of digital entrepreneurship skills.

Results

The results are presented according to the research objectives and the sequence of the project-based learning process for e-commerce with AI-assisted tools. The findings are organized into five sections: the development of the learning model, the comparison of students’ digital entrepreneurship skills before and after the learning intervention, the learning outputs produced through project-based activities, student satisfaction, and the evaluation of learning management classified by class section. This organization illustrates the relationships among the learning model, the practical learning process, skill-related outcomes, and students’ perceptions after completing the learning activities. The course evaluation results presented in the final section are used only as contextual supporting information and are not intended to replace the direct measurement of students’ digital entrepreneurship skills.

1. Development of the project-based learning model for e-commerce with AI-assisted tools

The second component is the AI-assisted PBL process, which represents the core instructional mechanism of the model. The process is organized into six sequential learning activities. Students first analyze business opportunities and select appropriate products or services. They then use AI-assisted tools to analyze target audiences and explore potential customer needs. After that, students design online stores through the Shopee platform, which serves as a practical environment for learning online store structure, product presentation, and e-commerce operations. In the next stage, students create product descriptions and marketing plans using ChatGPT and Gemini. These tools support brainstorming, content drafting, message refinement, and strategic marketing communication. Students subsequently design promotional media and short-form sales videos using Canva and Grok AI, allowing them to transform business ideas into visual and digital marketing outputs. Finally, students present their projects, reflect on their learning experiences, and improve their business outputs based on feedback. The third component consists of AI-assisted tools and digital platforms that support the learning process. Shopee is used as a case-study platform for online store development and e-commerce practice. ChatGPT and Gemini are used to support idea generation, customer analysis, product description writing, and marketing planning. Canva and Grok AI support the creation of promotional media and short-form sales videos, while Google Forms is used to collect learning-related data and student responses. These tools are not treated as independent learning outcomes but as learning-support mechanisms that enable students to engage more effectively in digital business tasks. The fourth component is learning outputs, which refer to the tangible products generated from the project-based learning activities. These outputs include online product or service ideas, simulated online stores or store design plans, product descriptions, digital marketing plans, promotional media, short-form videos, project presentations, and actual income generation among some students. These outputs demonstrate that students did not merely study e-commerce concepts theoretically but applied them to

practical online business tasks. Therefore, the model emphasizes authentic learning, in which students are required to create, test, present, and revise their digital business projects.

The fifth component is learning outcomes, which represent the expected development of students after participating in the AI-assisted PBL process. The key outcomes include digital entrepreneurship skills, AI literacy, digital marketing skills, online store management skills, data analysis skills, creative problem-solving skills, and student satisfaction. These outcomes are aligned with the purpose of the study, which aimed to enhance students' ability to use digital technologies and AI-assisted tools for online business development. In addition, the model includes a feedback loop from learning outcomes back to the AI-assisted PBL process. This loop represents reflection and continuous improvement, which are essential features of project-based learning. Through reflection, students can evaluate their project performance, identify weaknesses, improve their digital content, and adjust their online business strategies. Overall, the framework demonstrates that the integration of PBL and AI-assisted tools can support cognitive offloading, rapid feedback loops, and authentic e-commerce practice. The model therefore provides a structured instructional approach for developing students' digital entrepreneurship skills in higher education. as shown in Figure 1

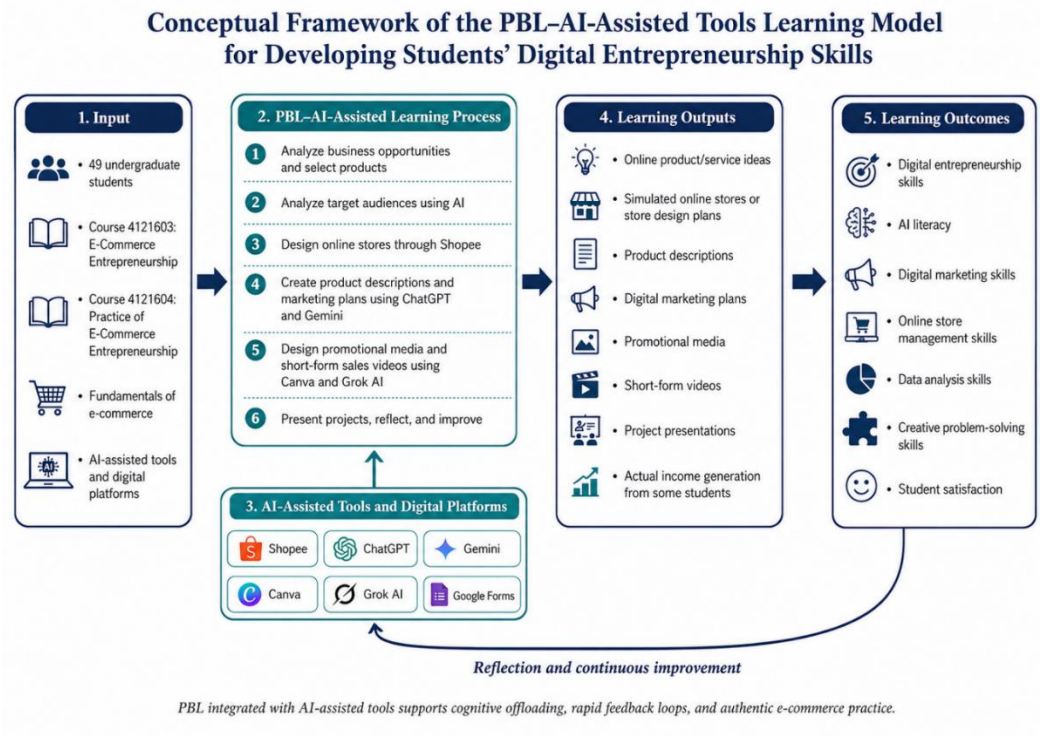


Figure 1 Conceptual framework of the AI-assisted PBL model for developing students' digital entrepreneurship skills

The quality evaluation of the learning modules by three experts indicated that the overall quality of the modules was at a very high level *(M = 4.67, SD = 0.21)*. This finding suggests that the modules were appropriate for implementation in e-commerce-related courses. The high evaluation score also reflects the coherence between the learning objectives, project-based learning activities, AI-assisted tools, and expected digital entrepreneurship outcomes. In particular, the modules were designed to support both conceptual understanding and practical application through authentic online business tasks. The expert evaluation therefore confirms that the instructional design was sufficiently clear, relevant, and feasible for classroom implementation. Overall, the results indicate that the developed modules provided a strong pedagogical foundation for enhancing students' digital entrepreneurship skills through AI-supported project-based learning. The results are presented in Table 1.

Table 1 Expert evaluation results of the quality of the learning modules

Module No.	Module Description	*Mean*	*SD*	Quality Level
1.	Fundamentals of AI-assisted tools for Business	4.62	0.25	Very High
2.	Digital Marketing with AI-assisted Tools	4.65	0.18	Very High
3.	Online Store Creation and Management	4.73	0.15	Very High
4.	Data Analysis and Business Improvement with AI-assisted Tools	4.68	0.23	Very High
Total	**Overall Quality of the Learning Modules**	**4.67**	**0.21**	**Very High**

The expert evaluation results regarding the quality of the developed learning modules are presented in Table 1. The data indicate that the overall quality of the instructional design was rated at a very high level *(M = 4.67, SD = 0.21).* When examined on a module-by-module basis, all four instructional components consistently achieved scores within the 'Very High' quality threshold. Module 3 (Online Store Creation and Management) received the highest evaluation score *(M = 4.73, SD = 0.15)*, indicating that the practical integration of the Shopee platform provided a highly structured and concrete framework for authentic learning. This was followed by Module 4 (Data Analysis and Business Improvement with AI-assisted Tools) *(M = 4.68, SD = 0.23)* and Module 2 (Digital Marketing with AI-assisted Tools) *(M = 4.65, SD = 0.18)*, respectively. Module 1 (Fundamentals of AI-assisted tools for Business) also demonstrated strong

conceptual validity with a high mean score *(M = 4.62, SD = 0.25)*. These granular findings demonstrate that each individual module was systematically designed and possessed the necessary pedagogical quality to be implemented effectively in the classroom context.

2. Comparison of digital entrepreneurship skills before and after the learning intervention

The comparison of students' digital entrepreneurship skills before and after learning through the PBL–AI-assisted tools model showed that the posttest scores were clearly higher than the pretest scores. The mean pretest score was 24.16 *(SD = 4.08),* whereas the mean posttest score was 35.84 *(SD = 3.12).* The paired-samples t-test indicated that the posttest scores were significantly higher than the pretest scores, *t(48) = 18.76, p < .001.* The effect size, measured by *Cohen's dz, was 2.68*, indicating a large practical effect of the score improvement. The results are presented in Table 2.

.

Table 2 Comparison of students' digital entrepreneurship skills before and after the learning intervention

Test	*n*	*Mean*	Standard deviation	*t*	*p*	*Cohen's dz*
Pretest	49	24.16	4.08			
Posttest	49	35.84	3.12	18.76	< .001	2.68

These results indicate that students' digital entrepreneurship skills scores were higher after the learning intervention than before it. However, because this study employed a one-group pretest–posttest design without a control group, the findings should be interpreted as suggesting that the learning model had a positive tendency to enhance students' digital entrepreneurship skills within the classroom context examined. The results should not be interpreted as establishing a definitive causal relationship beyond the available evidence.

3. Student satisfaction with the learning management

The evaluation of student satisfaction with project-based learning for e-commerce with AI-assisted tools showed that students' overall satisfaction was at a high to very high level *(M = 4.52, SD = 0.38)*. This finding suggests that students had positive perceptions of the learning model, particularly its emphasis on hands-on practice, the use of e-commerce platforms, and the application of AI tools to create online business outputs. The results are presented in Table 3.

Table 3 Student satisfaction with the learning management

Evaluation aspect	*Mean*	Standard deviation	Level
Content	4.48	0.41	High
Learning activities	4.55	0.36	Very high
Use of AI tools	4.57	0.35	Very high
Application to online business	4.50	0.39	Very high
Overall	4.52	0.38	Very high

As shown in Table 3, students' overall satisfaction with project-based learning for e-commerce with AI-assisted tools was at a very high level *(M = 4.52, SD = 0.38)*. When considered by evaluation aspect, the use of AI tools received the highest mean score, followed by learning activities, application to online business, and content, respectively. These results suggest that students had positive perceptions of a learning approach that provided opportunities to use AI tools and digital platforms to develop online business ideas and produce practical learning outputs.

4. Evaluation of learning management classified by class section

In addition to the assessment of students' skills and satisfaction, the researcher used post-learning and post-examination course evaluation results as contextual supporting information to reflect students' perceptions of the learning management in the relevant courses. The evaluation results classified by class section showed that both groups rated the learning management at a high to very high level. Section B had higher mean scores than Section A in both E-Commerce Entrepreneurship and Practice of E-Commerce Entrepreneurship. The results are presented in Table 4.

Table 4 Post-learning and post-examination evaluation of learning management classified by class section

Section	Course	Respondents/Total	*Mean*	Percentage	Level
A	4121603 E-Commerce Entrepreneurship	24/26	4.12	82.48	High
A	4121604 Practice of E-Commerce Entrepreneurship	24/26	4.23	84.65	High
B	4121603 E-Commerce Entrepreneurship	20/23	4.60	92.10	Very high
B	4121604 Practice of E-Commerce Entrepreneurship	20/23	4.65	93.04	Very high

Descriptively, Section B received higher evaluation scores than Section A in both courses. In Course 4121603, Section B had a mean score of 4.60, whereas Section A had a mean score of 4.12. In Course 4121604, Section B had a mean score of 4.65, whereas Section A had a mean score of 4.23. In addition, the practical course, 4121604, received higher mean scores than Course 4121603 in both sections. This suggests that students tended to respond more positively to activities emphasizing hands-on practice than to theoretical learning alone. However, these evaluation results reflect students' opinions after learning and after the examination. Therefore, they should be used only as contextual supporting information and should not be treated as a direct substitute for the measurement of digital entrepreneurship skills. Moreover, the differences between Section A and Section B should not be interpreted as statistically significant because individual-level data were not available for testing differences between the class sections. The results are presented in Table 5.

Table 5 Comparison of digital entrepreneurship skills by dimension

Skill dimension	*Pretest M (SD)*	*Posttest M (SD)*	*t*	*p*	*Cohen's dz*
AI literacy	4.60 (0.92)	7.10 (0.71)	13.84	< .001	1.98
Digital marketing	4.82 (0.88)	7.22 (0.68)	12.76	< .001	1.82
Online store management	4.92 (0.95)	7.31 (0.64)	11.92	< .001	1.70
Data analysis	4.77 (0.91)	6.95 (0.76)	10.88	< .001	1.55
Creative problem solving	5.05 (0.86)	7.26 (0.66)	12.31	< .001	1.76
Overall	24.16 (4.08)	35.84 (3.12)	18.76	< .001	2.68

As shown in Table 5, students' posttest scores for digital entrepreneurship skills were higher than their pretest scores across all dimensions. The dimensions with the highest posttest mean scores were online store management, creative problem solving, and digital marketing. The paired-samples t-test results indicated statistically significant differences between the pretest and posttest scores in all dimensions at the .001 level, with large effect sizes. These findings suggest that the project-based learning model integrated with AI-assisted tools had a positive tendency to enhance students' digital entrepreneurship skills within the classroom context examined. The results are presented in Table 6.

Table 6 Learning outputs from the project-based learning activities

Learning output	Number/description of outputs	Tools used
Online product/service ideas	49 ideas	ChatGPT, Gemini
Simulated online stores or store design plans	49 stores/design plans	Shopee
Product descriptions and digital marketing plans	1,225 items	ChatGPT, Gemini
Promotional media	735 pieces	Canva
Short-form videos for online business	1,225 clips/outputs	Grok AI, Canva
Project presentations	245 presentations/presentation files	Canva, Google Slides
Students who generated actual income from the activities	17 out of 49 students, representing 34.69%	Shopee and other online channels actually used by students

As shown in Table 6, project-based learning for e-commerce with AI-assisted tools enabled students to produce tangible learning outputs. These included 49 online product/service ideas and 49 simulated online stores or store design plans, representing one core business concept and store per student. Additionally, students generated a total of 1,225 product descriptions and digital marketing plans, which directly mathematically corresponds to the 49 individual students listing exactly 25 online product items each within their respective stores. Consequently, this high-volume practical engagement led to the production of 735 pieces of promotional media and 1,225 short-form videos for online business execution. Finally, students compiled a cumulative total of 245 project presentations or presentation files, stemming from the requirement for each of the 49 students to systematically develop 5 separate presentation deliverables throughout the academic semester. These dense, empirical outputs explicitly indicate that students thoroughly engaged in comprehensive, hands-on practice throughout the entire e-commerce pipeline, including product ideation, store design, marketing content creation, digital media production, and online business project presentation. The results are presented in Table 7.

Table 7 Number of students who generated actual income classified by class section

Section	Total number of students	Students who generated actual income	Percentage within section
Sec. A	26	10	38.46
Sec. B	23	7	30.43
Overall	49	17	34.69

As shown in Table 7, 17 out of 49 students, representing 34.69% of the sample, generated actual income from the learning activities. When classified by class section, 10 out of 26 students in Sec. A generated actual income, accounting for 38.46%, whereas 7 out of 23 students in Sec. B generated actual income, accounting for 30.43%. These findings provide practical evidence suggesting that the developed learning model was able to connect classroom learning with real online business experimentation to some extent. However, the actual income data should be interpreted as a practical outcome that occurred during the learning activities, rather than as a primary indicator of the study. In addition, external factors such as product type, students' existing customer networks, sales channels, and prior experience were not controlled. Therefore, this information should be used only as contextual supporting evidence and should not be interpreted as direct confirmation of the model's business effectiveness.

Discussion

The comparison of students' digital entrepreneurship skills before and after the learning intervention demonstrated that the posttest scores were significantly higher than the pretest scores, with a remarkably large effect size. These findings provide empirical evidence that the project-based learning (PBL) model integrated with AI-assisted tools systematically enhanced students' digital entrepreneurship capacities within the examined classroom context. The substantial cognitive and practical gain from pretest to posttest scores *(M = 24.16 to 35.84, p < .05, Cohen's dz = 2.68)* underscores the specific structural dimensions influenced by the AI-assisted PBL framework. This dramatic pedagogical advancement can be scientifically explained through two distinct human-AI collaborative mechanisms. First, tools such as ChatGPT and Gemini facilitated cognitive offloading" for the participants. By automating lower-order cognitive tasks such as baseline market segment filtering, initial product description drafting, and repetitive text generation students were able to circumvent cognitive fatigue. Consequently, they directed their finite cognitive resources toward higher-order strategic decision-making, critical evaluations, and creative business conceptualization. Second, visual AI platforms like Canva and Grok AI functioned as adaptive and instantaneous feedback loops. The text-to-image rendering capabilities allowed students to execute rapid, real-time trial-and-error marketing experiments. This immediate visibility drastically minimized the technical

friction of media production, significantly elevating their digital marketing execution and creative problem-solving dimensions. This structural shift strongly confirms the theoretical stance of Bandura's (1997) Self-Efficacy Theory, which posits that rapid technical mastery experiences and reduced emotional strain translate directly into heightened operational confidence and entrepreneurial self-belief.

Furthermore, a closer diagnostic look into the post-intervention data revealed distinct behavioral and operational divergences between student cohorts, providing a clearer picture of how the model functions. High-performing students (those scoring in the upper quartile of the posttest) exhibited advanced prompting behaviors. This cohort utilized iterative branching questions in ChatGPT to refine hyper-specific niche customer personas and deployed Grok AI with advanced stylistic modifiers, effectively converting technological agility into strategic marketplace execution. Conversely, low-performing students (those in the lower quartile) tended to rely on single-turn prompts lacking deeper contextual parameters, treating generative AI tools as static answer-engines rather than interactive collaborative agents. This behavioral divergence suggests that while AI-assisted tools effectively level the technical playing field, final learning outcomes remain heavily bound to a student's capacity for critical evaluation and baseline prompt engineering skills. These findings align with and expand upon recent literature in educational technology and digital entrepreneurship education. Specifically, the results echo the findings of Xie and Wang (2025), who demonstrated that generative artificial intelligence in entrepreneurship education significantly enhances entrepreneurial intentions through the mediation of self-efficacy. Similarly, the study supports the empirical conclusions of Tripopsakul and Hoonsopun (2025) and Tripopsakul and Puriwat (2026), which emphasized that AI literacy acts as a critical driver for digital entrepreneurial self-efficacy and identity aspiration in emerging economies. By shifting the pedagogical focus from passive theoretical consumption to authentic, AI-supported product creation, this model bridges the gap between digital literacy and real-world commercial viability, as suggested by recent global competency reports (World Economic Forum, 2025). This finding is also consistent with Naseer et al. (2025), who emphasized that project-based learning frameworks can strengthen students’ future readiness by connecting classroom learning with practical and industry-relevant activities. While the 34.69% financial conversion rate (17 students securing actual monetary sales) provides direct empirical proof of the model’s real-world connectivity, the remaining 65.31% (32 students) who did not generate immediate income offers vital pedagogical insights. Qualitative analysis indicated that non-earning students faced severe external market friction, primarily strict e-commerce platform algorithms on Shopee that naturally suppress new organic listings without paid advertisement subsidies, alongside variations in students' existing peer networks. From an educational standpoint, however, these students were not unsuccessful; they successfully managed operational stores, generated digital assets, and executed live marketing campaigns. Future instructional iterations must incorporate a formalized "Resilience and Recovery Module" to optimize this find. Within this module, students who fail to secure monetary sales should be evaluated on proxy entrepreneurial metrics, such as

impressions, click-through rates (CTR), and traffic analytics. This ensures that the 65.31% cohort learns to execute data-driven pivoting a core, non-monetary competency of modern digital entrepreneurship.

Nevertheless, several inherent research limitations must be acknowledged to provide a foundation for future investigations. First, the study utilized a quasi-experimental one-group pretest–posttest design with a sample of 49 students from a single institution, which limits the internal validity and generalizability of the findings due to the lack of a randomized control group. External factors, such as contemporaneous digital exposure or the Hawthorne effect, could have partially influenced the posttest scores. Second, the 15-week intervention duration, while sufficient for a standard academic semester, may not capture the long-term sustainability of the students' entrepreneurial ventures or the long-term retention of their digital skills. Third, the study focused on a specific suite of popular AI tools (ChatGPT, Gemini, Canva, Grok AI) within the Shopee platform; therefore, the results may vary if different technologies or alternative e-commerce marketplaces (e.g., TikTok Shop or Lazada) are deployed. Future studies should employ longitudinal randomized controlled trials (RCTs) across multiple universities and examine the comparative impacts of evolving AI tools to further validate the scalable efficacy of this instructional model.

Conclusion

This classroom research successfully developed, implemented, and evaluated a project-based learning (PBL) model integrated with AI-assisted tools to enhance the digital entrepreneurship skills of undergraduate students. The empirical findings demonstrated that the instructional design achieved a very high-quality rating from experts, and its implementation led to a statistically significant advancement in students' digital entrepreneurship skills across all examined dimensions, yielding a remarkably high effect size. Furthermore, the pedagogical framework demonstrated tangible commercial viability, with 34.69% of the participants generating actual monetary sales through the live operation of their e-commerce stores on the Shopee platform. Based on these empirical outcomes, several practical and theoretical recommendations are proposed for future pedagogical applications and research directions. First, educational institutions should shift from passive theoretical instruction to authentic, project-based learning experiences that strategically integrate generative AI-assisted tools (such as ChatGPT, Gemini, Canva, and Grok AI). This integration should focus on facilitating cognitive offloading and establishing rapid feedback loops, which allow students to master complex digital workflows and reduce technical barriers in creative media production.

Second, a critical finding from this study reveals that 65.31% of the student cohort did not secure immediate monetary sales due to external market friction and tight platform algorithms. To maximize the academic value of this outcome, future instructional design must avoid a binary success-failure classification based solely on financial conversion. Educators are strongly encouraged to implement a formalized

"Resilience and Recovery Module." Within this framework, non-earning students should be systematically evaluated using proxy entrepreneurial metrics such as store impressions, click-through rates (CTR), customer acquisition engagement, and traffic data analytics. Training students to analyze these operational metrics and execute data-driven pivoting represents a vital, non-monetary competency essential for long-term survival in the digital marketplace. Lastly, due to the inherent methodological limitations of this study specifically the use of a quasi-experimental one-group design within a single institutional context—caution must be exercised when generalizing these results. Future research should employ longitudinal randomized controlled trials (RCTs) across diverse educational institutions and demographic settings. Additionally, future investigations should evaluate the comparative performance and pedagogical impacts of evolving alternative platforms, such as TikTok Shop or Lazada, to establish a more scalable, robust, and technologically adaptable instructional model for digital entrepreneurship education.

Acknowledgements

The researcher would like to thank the students enrolled in Course 4121603, *E-Commerce Entrepreneurship*, and Course 4121604, *Practice of E-Commerce Entrepreneurship*, during the second semester of the 2025 academic year for their cooperation in participating in the learning activities, practicing the use of AI-assisted tools, and providing data for the study. The researcher also sincerely thanks the three experts who reviewed the quality of the research instruments and provided valuable feedback for improving the learning modules. In addition, the researcher would like to acknowledge the digital platforms and tools that were available through free versions or general user accounts for educational purposes, including Shopee, ChatGPT, Gemini, Canva, Grok AI, and Google Forms. These tools supported students in practicing the application of AI-assisted tools to develop their digital entrepreneurship skills. The mention of these platforms is intended only to describe the instructional context of the study and does not imply any official sponsorship, endorsement, or approval by the platform owners.

References

AlBlooshi, S. (2025). Artificial intelligence in higher education, opportunities, and challenges: A review. Frontiers in Education, 10. https://doi.org/10.3389/feduc.2025.1683968

AlBlooshi, S. (2026). Artificial intelligence applications in entrepreneurship and online education: Insights from bibliometric and topic modeling analyses. Frontiers in Education, 10. https://doi.org/10.3389/feduc.2025.1651484

Bandura, A. (1997). Self-efficacy: The exercise of control. W. H. Freeman and Company.

Bećirović, S., Polz, E., & Tinkel, I. (2025). Exploring students’ AI literacy and its effects on their AI output quality, self-efficacy, and academic performance. Smart Learning Environments, 12, Article 29. https://doi.org/10.1186/s40561-025-00384-3

Chen, L., Ifenthaler, D., Yau, J. Y., & Sun, W. (2024). Artificial intelligence in entrepreneurship education: A scoping review. Education + Training, 66(6), 589–608. https://doi.org/10.1108/ET-05-2023-0169

Duong, C. D. (2026). AI literacy and higher education students’ digital entrepreneurial intention: A moderated mediation model of AI self-efficacy and digital entrepreneurial self-efficacy. Industry and Higher Education. https://doi.org/10.1177/09504222251370089

Islam, R., Abi-Rafeh, J., & Arsawan, I. W. E. (2025). Exploring the diffusion of digital technologies in higher education entrepreneurship: The impact of AI and TikTok on student entrepreneurial knowledge, experience, and business performance. Administrative Sciences, 15(7), Article 285. https://doi.org/10.3390/admsci15070285

Naseer, F., Tariq, R., Alshahrani, H. M., Alruwais, N., & Al-Wesabi, F. N. (2025). Project based learning framework integrating industry collaboration to enhance student future readiness in higher education. Scientific Reports, 15(1), Article 24985. https://doi.org/10.1038/s41598-025-10385-4

Nguyen, T. T., Tran, V. D., & Pham, H. T. (2026). Exposure to ChatGPT and university students’ entrepreneurial intentions: Evidence from a developing country. Journal of Innovation and Entrepreneurship. https://doi.org/10.1186/s13731-026-00624-x

Research.com. (2026). 2026 AI, automation, and the future of higher education degree careers. Retrieved May 16, 2026, from https://research.com/advice/ai-automation-and-the-future-of-higher-education-degree-careers

Tripopsakul, S., & Hoonsopun, D. (2025). AI literacy and e-entrepreneurial intention: A serial mediation model of e-entrepreneurial self-efficacy and e-entrepreneurial identity aspiration. International Journal of Information Management Data Insights, 5(2), Article 100349. https://doi.org/10.1016/j.jjimei.2025.100349

Tripopsakul, S., & Puriwat, W. (2026). How AI literacy drives digital entrepreneurial intention: Evidence from an emerging economy. Emerging Science Journal, 10(1). https://doi.org/10.28991/ESJ-2026-3628

World Economic Forum. (2025). The Future of Jobs Report 2025. https://www.weforum.org/publications/the-future-of-jobs-report-2025/

Xie, Y., & Wang, S. (2025). Generative artificial intelligence in entrepreneurship education enhances entrepreneurial intention through self-efficacy and university support. Scientific Reports, 15(1), Article 24079. https://doi.org/10.1038/s41598-025-09545-3

Yani, I. P., Ahzari, S., Asrizal, & Novitra, F. (2024). Technology integration in the project based learning model: Bibliometric analysis 2015–2024. Pillar of Physics Education, 17(2), 143–149. https://doi.org/10.24036/16204171074

Zhang, L., & Ma, Y. (2023). A study of the impact of project-based learning on student learning effects: A meta-analysis study. Frontiers in Psychology, 14, Article 1202728. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1202728

การพัฒนาโปรแกรมบริหารจัดการความสัมพันธ์ลูกค้า กรณีศึกษาคลินิกกายภาพบำบัด
Development of a Customer Relationship Management Program: A Case Study of a Physical Therapy Clinic

สุทธิดารัตน์ ทองศรี[1*] ณัฐพร ปานะรังษี[1] และ บุญชัย แซ่สิ้ว[1]
Sutthidarat Thongsri[1] Natthaporn Panarungsee[1] and Bunchai Sae Sio[1*]

[1]วิทยาลัยวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์ กรุงเทพมหานคร
[1]College of Engineering and Technology, Dhurakij Pundit University, Bangkok
**Corresponding Author E-mail Address: mmonost07@gmail.com*

บทคัดย่อ

งานวิจัยฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบบริหารจัดการความสัมพันธ์ลูกค้า (CRM) สำหรับคลินิกกายภาพบำบัด เพื่อแก้ปัญหาเกี่ยวกับการจัดเก็บข้อมูลแบบเดิมจากที่ใช้การจดบันทึกด้วยมือ ซึ่งก่อให้เกิดความล่าช้าและข้อผิดพลาด โดยนำแนวคิด Why-Why Analysis และการออกแบบ Data Model มาประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์และออกแบบระบบ และพัฒนาต่อด้วย Microsoft Power Apps เชื่อมต่อกับตัวฐานข้อมูลคือ Excel ระบบที่พัฒนาขึ้นมาสามารถจัดการข้อมูลของผู้ป่วย บันทึกการรักษา และการนัดหมายได้อย่างเป็นระบบ ผลการดำเนินงานพบว่า สามารถลดระยะเวลาในการทำงานในขั้นตอนการลงทะเบียนลดลงที่ร้อยละ 6.95 การค้นหาแฟ้มประวัติลดลงร้อยละ 7.67 สอบถามบันทึกอาการลดลงร้อยละ 11.24 บันทึกการรักษาลดลงร้อยละ 4.20 การนัดหมายลดลงที่ร้อยละ 10.75 และเวลารวมในการทำงานลดลงร้อยละ 22.65 จากผลการทดลองสามารถสรุปได้ว่าสามารถลดความซับซ้อน และเพิ่มความถูกต้องของข้อมูลได้อย่างมีประสิทธิภาพ อีกทั้งยังช่วยเพิ่มความสะดวกในการให้บริการของคลินิกกายภาพ และยังสามารถช่วยติดตามประวัติการรักษาของผู้ป่วยได้ต่อเนื่อง ส่งผลให้นักกายภาพสามารถวางแผนการรักษาได้อย่างเหมาะสม อย่างไรก็ตามงานวิจัยยังสะท้อนข้อจำกัดเชิงระบบ เช่น ความไม่สมบูรณ์ของข้อมูลด้านคอร์สการรักษา และข้อจำกัดในการเรียกดูข้อมูลย้อนหลัง ซึ่งนำไปสู่ข้อเสนอแนะในการพัฒนาเพิ่มเติม เช่น การออกแบบ User Interface สำหรับ Historical Data View และการเพิ่มฟิลด์ข้อมูลเชิงธุรกิจ เช่น จำนวนครั้งของคอร์ส เพื่อรองรับการใช้งานในระดับเชิงกลยุทธ์

คำสำคัญ: ระบบบริหารความสัมพันธ์ลูกค้า คลินิกกายภาพบำบัด การจัดการข้อมูล

Abstract

This research aimed to develop a Customer Relationship Management (CRM) system for a physical therapy clinic in order to address problems associated with traditional manual record-keeping methods, which often resulted in delays and data inaccuracies. The study applied the Why-Why Analysis technique and Data Model design concepts to analyze operational problems and design the proposed system. The system was developed using Microsoft Power Apps integrated with Microsoft Excel as the database platform. The developed CRM system was capable of managing patient information, recording treatment details, and scheduling appointments in a systematic manner. The results indicated significant improvements in operational efficiency. Specifically, the registration process time was reduced by 6.95%, patient record retrieval time by 7.67%, symptom inquiry process by 11.24%, treatment recording process by 4.20%, and appointment scheduling process by 10.75%. Overall, the total operational time was reduced by 22.65%. The findings demonstrate that the developed system effectively reduced process complexity and improved data accuracy. In addition, the system enhanced service convenience within the physical therapy clinic and enabled continuous tracking of patients’ treatment histories, thereby supporting physical therapists in planning more appropriate treatment programs. However, the study also revealed several system limitations, including incomplete treatment package information and constraints in retrieving historical data records. Consequently, further development is recommended, particularly in designing a user interface for historical data visualization and adding business-related data fields, such as the number of treatment sessions per package, to support strategic-level management and decision-making in the future.

Keywords: Customer Relationship Management System, Physiotherapy Clinic, Data Management

บทนำ

ปัจจุบันเทคโนโลยีได้เข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวันมากขึ้นทั้งในด้านการศึกษาและด้านต่างๆ โดยเฉพาะด้านการแพทย์ได้นำระบบ CRM เข้ามาใช้งานมากขึ้นเพื่อใช้ในการจัดเก็บ จัดการข้อมูล และประมวลผลข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการรักษาและการฟื้นฟูสมรรถภาพของคนไข้ให้มีความถูกต้อง ครบถ้วนช่วยลดความเสี่ยงจากการตัดสินใจที่ผิดพลาดหรือการทำงานที่ไม่เป็นระบบ ข้อมูลที่สามารถเข้าถึงได้ง่ายจะช่วยให้ทีมแพทย์สามารถให้บริการได้เร็วขึ้นและมีประสิทธิภาพมากขึ้น คลินิกกายภาพบำบัด เป็นคลินิกเฉพาะทางซึ่งเป็นทางเลือกหนึ่งสำหรับคนไข้ที่มีอาการปวดเมื่อย หรือ อาการจากการประสบอุบัติเหตุในรูปแบบต่างๆ (การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศด้านสุขภาพในการ พยาบาลเพื่อความปลอดภัยของผู้ป่วย, 2563)

เนื่องจากระบบการจัดเก็บระเบียนของผู้ป่วยที่คลินิกกายภาพบำบัดที่เป็นกรณีศึกษายังมีการเก็บข้อมูลในระบบ Excel ซึ่งวิธีดังกล่าวทำให้การค้นหาข้อมูลย้อนหลังของคนไข้ต้องใช้เวลาค้นหานานโดยเฉพาะในกรณีที่มีคนไข้มาใช้บริการมากขึ้น ทำให้ไม่สามารถดำเนินการค้นหาได้อย่างรวดเร็ว นอกจากนี้ทางคลินิกยังมีระบบสะสมแต้มสำหรับผู้ที่เข้ามารับการรักษาเพื่อนำมาใช้เป็นส่วนลดค่ารักษาและบริการที่ดำเนินการบันทึก ด้วย Excel ซึ่งทำให้เกิดความยุ่งยากมากขึ้นและอาจทำ

ให้ข้อมูลเกิดความคลาดเคลื่อนได้อีกด้วย จากข้อมูลที่กล่าวมาข้างต้นทำให้ผู้ศึกษาโครงการ คลินิกกายภาพบำบัดที่เป็นกรณีศึกษามีความสนใจ ในการออกแบบระบบ CRM ขึ้นมา เพื่อมาแก้ไขและช่วยให้การทำงานภายในคลินิกกายภาพบำบัดมีความสะดวกรวดเร็วและลดปัญหาดังกล่าวที่เกิดขึ้น

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาปัญหาในการบันทึกข้อมูลด้วยระเบียนที่เกิดขึ้นของคลินิกกายภาพที่เป็นกรณีศึกษา
2. เพื่อศึกษากิจกรรมและขั้นตอนต่างๆ ในการดำเนินการบันทึกข้อมูลกิจกรรมรวมถึงกิจกรรมใน การให้บริการต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับ CRM
3. เพื่อพัฒนาระบบ CRM โดยใช้ Power Apps ซึ่งเป็นแพลตฟอร์มที่ช่วยให้สามารถจัดการข้อมูล คนไข้ได้อย่างเป็นระบบมากยิ่งขึ้น
4. เพื่อทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการทำงานก่อนและหลังการนำระบบ CRM ที่พัฒนาขึ้นมาใช้งาน โดยประเมินจากเวลาในการปฏิบัติงาน ความเร็วในการค้นหา และบันทึกข้อมูล รวมไปถึงความสะดวกในการจัดการข้อมูลของคนไข้
5. ประเมินความพึงพอใจต่อการใช้งานระบบ โดยประเมินจากการใช้งานในด้านความสะดวกในการใช้งาน ความรวดเร็วในการเข้าถึงข้อมูล คุณภาพของระบบ และประสิทธิภาพในการทำงาน

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน ลดเวลาที่ใช้ในการค้นหาข้อมูลคนไข้ เช่น ชื่อ ประวัติการ รักษา การจัดคิวนัด
2. ทำให้การเก็บข้อมูลคนไข้มีความเป็นระเบียบมากขึ้น สามารถนำข้อมูลไปวิเคราะห์ด้าน การตลาดและการบริการต่อไปได้
3. เพิ่มความสามารถในการติดตามผลการรักษา เพื่อให้สามารถปรับแผนการรักษาได้แม่นยำมาก ขึ้นจากข้อมูลเดิมของคนไข้
4. ช่วยเพิ่มความสะดวกให้กับผู้ใช้บริการทั้งในด้านการค้นหารายชื่อ การนัดหมาย หรือสามารถเข้าถึงข้อมูลสุขภาพของตัวเองได้ เป็นต้น

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

คลินิกกายภาพบำบัดที่เป็นกรณีศึกษาเป็นคลินิกเฉพาะทางให้บริการตรวจร่างกาย ปรึกษาให้คำแนะนำ และรักษาให้กับผู้ป่วยที่มีอาการปวดเมื่อยตามร่างกายอันเนื่องมาจากการนั่งทำงานนาน การเล่นกีฬา ผู้ที่มีอาการปวดเรื้อรัง เช่น ออฟฟิศซินโดรม ปวดหลัง ปวดคอ หรือกลุ่มผู้สูงอายุ นอกจากนี้ทางคลินิกกายภาพได้แบ่งกลุ่มคนไข้เป็น 2 กลุ่ม คือ (1) คนไข้ที่มารักษาที่คลินิก (2) คนไข้โฮมเคส ซึ่งใน 2 กลุ่มนี้จะมีคนไข้ สปสช. ที่เป็นบุคคลที่อยู่ใน 4 กลุ่มอาการที่สามารถเข้ารับบริการกายภาพได้ คนไข้กลุ่มนี้จะมีเงื่อนไขตรงที่ต้องออกจากโรงพยาบาลไม่เกิน 6 เดือน สิทธิ์ในการรักษาที่คลินิกกายภาพบำบัดได้ไม่เกิน 20 ครั้ง และคลินิกกายภาพแห่งนี้รองรับผู้ป่วยที่มีสิทธิบัตรทองหรือบัตร 30 บาทในการรักษา ทางคลินิกกายภาพบำบัดแห่งนี้มีเครื่องมือทางการแพทย์ที่รองรับทุกอาการของผู้ที่มารักษา และรวมถึงนักกายภาพที่มีประสบการณ์ที่คอยให้บริการแนะนำ ปรึกษาและรักษาคนไข้

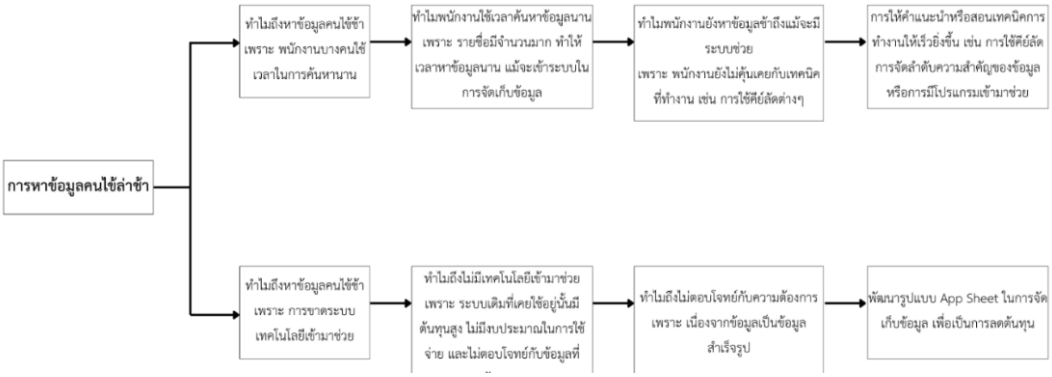
การศึกษาข้อมูลเบื้องต้นของสถานประกอบการ

การศึกษาดำเนินการโครงงานนี้เริ่มจากการวิเคราะห์การทำงานภายในคลินิกกายภาพบำบัด ซึ่งเป็นสถานพยาบาลเฉพาะทางที่ให้บริการรักษาผู้ป่วยหลายกลุ่ม โดยมีเงื่อนไขที่แตกต่างกันออกไป จากนั้นทำการศึกษาขั้นตอนการทำงานของนักกายภาพในการจัดการข้อมูลของผู้ป่วย โดยจะแบ่งผู้ป่วยออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ ผู้ป่วยทั่วไป ผู้ป่วย สปสช. (สำนักงานหลักประกันสุขภาพแห่งชาติ) และผู้ป่วยที่ใช้สิทธิบัตรทอง หรือบัตร 30 บาท สามารถเลือกเข้ามารับการรักษาได้ทั้งแบบ Walk in การโทรนัดหมายล่วงหน้า และการให้บริการรักษาที่บ้าน การทำงานเริ่มจากรับข้อมูล ประเมินอาการ รักษา บันทึกข้อมูล และชำระเงินก่อนนัดหมายครั้งถัดไป

การวิเคราะห์และออกแบบระบบ

การพัฒนาโปรแกรมบริหารจัดการความสัมพันธ์ลูกค้า กรณีศึกษาคลินิกกายภาพบำบัด ผู้วิจัยได้ใช้กระบวนการพัฒนาระบบตามวงจรการพัฒนาระบบสารสนเทศ (System Development Life Cycle: SDLC) ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน โดยมีรายละเอียดดังนี้

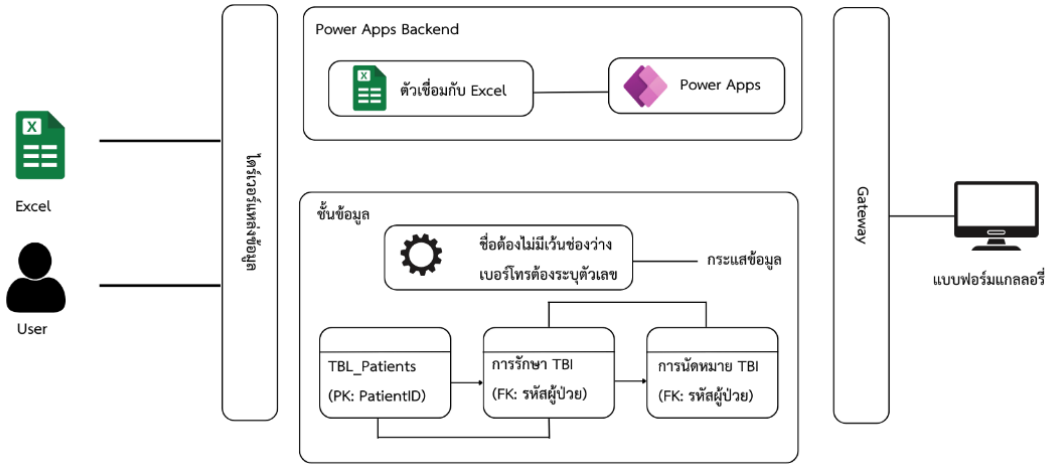
1. การกำหนดปัญหาและการวิเคราะห์ความต้องการ (Planning and Analysis) ผู้วิจัยเริ่มต้นด้วยการศึกษาข้อมูลเบื้องต้นและปัญหาของสถานประกอบการ โดยใช้เทคนิค Why-Why Analysis เพื่อวิเคราะห์หาสาเหตุที่แท้จริงของความล่าช้าและข้อผิดพลาดในการทำงาน



รูปที่ 1 การวิเคราะห์ถึงปัญหาสาเหตุการหาข้อมูลล่าช้าของคลินิกกายภาพบำบัด

จากรูปที่ 1 การวิเคราะห์ Why Why Analysis เพื่อแสดงให้เห็นถึงปัญหาที่เกิดขึ้นภายในคลินิกกายภาพ ว่าทำถึงมีการทำงานที่ล่าช้า ซึ่งปัจจัยหลักๆ มีอยู่ 2 ปัจจัย ได้แก่ (1) เกิดจากการที่พนักงานไม่ชำนาญ หรือไม่ถนัดในด้านการใช้คีย์ลัด (2) เนื่องมาจากการขาดเทคโนโลยีเข้ามาช่วยทำให้เวลาค้นหาข้อมูลล่าช้าไปด้วย

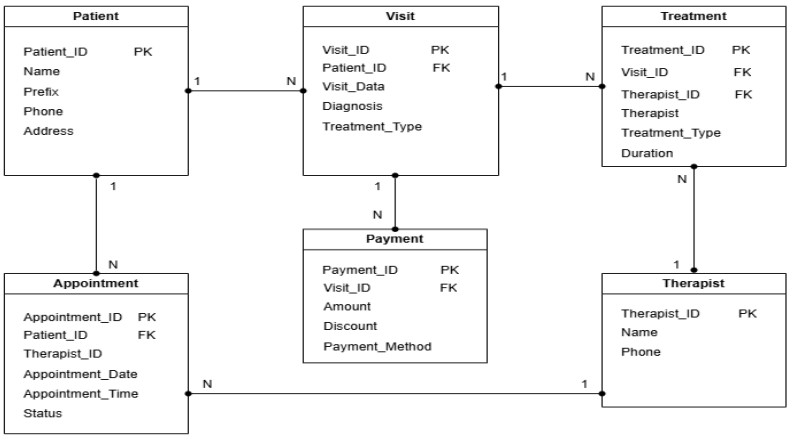
2. การออกแบบฐานของระบบ (System Architecture Design) ผู้วิจัยได้เลือกใช้ Microsoft Power Platform และการกำหนดส่วนประกอบต่างๆที่ทำงานร่วมกัน เพื่อให้มั่นได้ใจว่าการพัฒนาจะเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ และสามารถรองรับขอบเขตการทำงานที่กำหนดไว้ได้ ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 การออกแบบโครงสร้างระบบ

จากรูปที่ 2 การออกแบบโครงสร้างระบบมีการแบ่งโครงสร้างการทำงานออกเป็น 4 ส่วนหลัก ได้แก่ 1) ส่วนติดต่อผู้ใช้งาน เป็นหน้าการทำงานหลักที่จะให้นักกายภาพใช้งานผ่านคอมพิวเตอร์ หรือเครื่องมืออื่นๆ 2) การจัดฐานข้อมูล เป็นแหล่งที่ใช้จัดเก็บข้อมูลกลาง โดยใช้ การจัดเก็บข้อมูลแบบมีโครงสร้างความสัมพันธ์บนไฟล์ Excel (Relational Data Model) 3) การประมวลผลเงื่อนไข ใช้ตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลตามเงื่อนไขที่กำหนด อย่างเช่น การตรวจสอบสิทธิ์การรักษาคนไข้ และตรวจสอบสถานะการนัดหมาย เพื่อให้มั่นใจได้ว่าข้อมูลที่บันทึลงไปนั้นมีความถูกต้อง 4) การแสดงผลสามารถรองรับการใช้งานได้ทั้งระบบคอมพิวเตอร์ แท็บแล็ต และมือถือ

3. การออกแบบฐานข้อมูล (Database Design): ออกแบบ Data Model และ Data Dictionary โดยแบ่งตารางใน Excel เป็นชีตต่างๆ ตามกลุ่มข้อมูล เช่น ตารางคนไข้ (Patient), ตารางบันทึกการรักษา (Treatment), ตารางนัดหมาย (Appointment) และตารางนักกายภาพ (Therapist) เพื่อความสะดวกในการเชื่อมโยงข้อมูล ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 การออกแบบฐานข้อมูล

จากรูปที่ 3 การออกแบบระบบฐานข้อมูลถือเป็นรากฐานสำคัญของระบบสารสนเทศสำหรับการบริหารจัดการองค์กรทางการแพทย์ ในงานวิจัยนี้ได้นำเสนอแบบจำลองความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล (Entity-Relationship Diagram: ERD) ที่ออกแบบขึ้นสำหรับระบบบริหารจัดการคลินิกกายภาพบำบัด โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อรองรับกระบวนการทำงานหลัก ได้แก่ การนัดหมาย การบันทึกประวัติการรักษา การจัดการข้อมูลนักบำบัด และการประมวลผลการชำระเงิน โดยผู้วิจัยได้จำลองแบบจำลอง ERD ที่นำเสนอประกอบด้วยเอนทิตีหลักทั้งสิ้น 6 เอนทิตี ได้แก่ Patient (ผู้ป่วย), Appointment (การนัดหมาย), Visit (การเข้ารับบริการ), Treatment (การรักษา), Payment (การชำระเงิน) และ Therapist (นักบำบัด) โดยแต่ละเอนทิตีได้รับการออกแบบให้มีความสัมพันธ์ต่อกันอย่างเป็นระบบ สอดคล้องกับกระบวนการให้บริการของคลินิกในสภาพความเป็นจริง

4. การพัฒนาระบบ (System Development) ผู้วิจัยเลือกใช้เครื่องมือในกลุ่ม Microsoft Power Platform ในการสร้างระบบจริง: Front-end: พัฒนาด้วย Microsoft Power Apps เพื่อเป็นส่วนติดต่อผู้ใช้งาน Back-end: ใช้ Excel เป็นฐานข้อมูลกลางเพื่อจัดเก็บข้อมูลที่เชื่อมโยงกัน Logic: มีการประมวลผลเงื่อนไข (Condition) เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล เช่น การตรวจสอบสิทธิ์การรักษาของผู้ป่วย

5. การทดสอบและติดตั้งระบบ (Testing and Implementation) การทดสอบนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทำการตรวจสอบระบบการทำงานว่ามีความถูกต้อง และสามารถใช้งานได้หรือไม่ เช่น การเพิ่มข้อมูล การบันทึกข้อมูลต่างๆ และการแสดงผลข้อมูลในระบบเพื่อตรวจสอบดูว่าระบบมีข้อผิดพลาดอะไรบ้างจะได้นำไปปรับปรุงแก้ไขระบบให้ดีขึ้น โดยการทดสอบนี้จะให้นักกายภาพที่คลินิกได้ทดลองใช้งานระบบ จากนั้นดูผลลัพธ์ว่าข้อมูลที่กรอกเข้าระบบสามารถบันทึก และเปิดดูได้หรือไม่ ในการกำหนดแผนการทดสอบและกรณีทดสอบ (Test Cases) จะแบ่งออกเป็น 4 ส่วนหลักๆ ได้แก่ 1) การเพิ่มข้อมูลคนไข้ 2) ข้อมูลคนไข้ 3) การบันทึกข้อมูลการรักษา4) ตารางการนัดหมาย โดยรายละเอียดของแต่ละส่วนแสดงอยู่ในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แผนการทดสอบและกรณีทดสอบ

การทดสอบ	ขั้นตอนการทดสอบ	รายละเอียด	ผลลัพธ์	ข้อเสนอแนะ
1. การเพิ่มข้อมูลคนไข้	1.1 เข้าเมนูเพิ่มข้อมูลคนไข้	เข้าสู่หน้าแบบฟอร์มสำหรับลงทะเบียนคนไข้ใหม่	ผ่าน	ระบบสามารถเข้าสู่หน้าการเพิ่มข้อมูลได้
	1.2 กรอกรายละเอียดต่างๆ	กรอกข้อมูลพื้นฐานของคนไข้ให้ครบถ้วน	ไม่ผ่าน	ระบบไม่สามารถระบุจำนวนครั้งของคอร์สที่ซื้อได้
	1.3 กด Send เพื่อส่งข้อมูล	บันทึกข้อมูล และตรวจสอบความถูกต้อง	ผ่าน	ข้อมูลถูกบันทึกลงฐานข้อมูลสำเร็จ
2. ข้อมูลคนไข้	2.1 กดกลับหน้าหหลัก	กลับไปที่เมนูหน้าหลักของระบบ	ผ่าน	ระบบเข้าสู่หน้าข้อมูลคนไข้ได้
	2.2 เข้าเมนูข้อมูลคนไข้	เข้าสู่หน้ารายการข้อมูลคนไข้	ผ่าน	ระบบแสดงรายละเอียดคนไข้ได้ครบถ้วน
	2.3 กรอกข้อมูลคนไข้	เลือกคนไข้ที่ต้องการ เพื่อทำการแก้ไขข้อมูลเพิ่มเติม	ผ่าน	สามารถทำการแก้ไขข้อมูล และแสดงข้อมูลที่อัปเดตแล้ว
	2.4 กด Send เพื่อส่งข้อมูล	บันทึกข้อมูลที่แก้ไขเข้าระบบ	ผ่าน	ข้อมูลถูกบันทึกลงฐานข้อมูลสำเร็จ
3. บันทึกข้อมูล	3.1 กดกลับหน้าหลัก	กลับไปที่เมนูหน้าหลักของระบบ	ผ่าน	ระบบสามารถเข้าสู่หน้าบันทึกข้อมูลการรักษาได้

การทดสอบ	ขั้นตอนการทดสอบ	รายละเอียด	ผลลัพธ์	ข้อเสนอแนะ
	3.2 เข้าเมนูบันทึกข้อมูล	เข้าสู่หน้าบันทึกประวัติการรักษา	ผ่าน	ระบบสามารถเข้าสู่หน้าบันทึกการรักษา และแสดงรายละเอียดในการกรอกข้อมูล
	3.3 กรอกประวัติการรักษา นักกายภาพและสิทธิ์การรักษา	กรอกอาการ วิธีรักษา ชื่อนักกายภาพ และสิทธิ์การรักษา	ไม่ผ่าน	ต้องเปิดดูข้อมูลการรักษาย้อนหลังหลายรอบ
	3.4 กด Send เพื่อส่งข้อมูล	บันทึกข้อมูลข้อมูลการรักษาเข้าระบบ	ผ่าน	ข้อมูลถูกบันทึกลงฐานข้อมูลสำเร็จ
4. ตารางนัดหมาย	4.1 กดกลับหน้าหลัก	กลับไปที่เมนูหน้าหลักของระบบ	ผ่าน	ระบบสามารถเข้าสู่หน้าตารางนัดหมายได้
	4.2 เข้าเมนูตารางนัดหมาย	เข้าสู่หน้าการนัดหมาย	ผ่าน	ระบบแสดงรายละเอียดตารางข้อมูลการนัดหมายได้ครบถ้วน
	4.3 เลือกวัน เวลา สถานที่ทำการรักษา และนักกายภาพที่จะรักษา	เลือกวัน เวลา และสถานที่ที่รักษา พร้อมระบุชื่อนักกายภาพที่ดูแลคนไข้	ผ่าน	ระบบสามารถบันทึกการนัดหมายได้
	4.4 กด Send เพื่อส่งข้อมูล	บันทึกการนัดหมายเข้าระบบ	ผ่าน	ข้อมูลถูกบันทึกลงฐานข้อมูลสำเร็จ

จากการทดสอบในตารางที่ 1 พบว่ามีบางขั้นตอนที่ไม่ผ่าน ได้แก่ การกรอกข้อมูลซื้อคอร์สของคนไข้ และการเรียกดูข้อมูลการรักษา ซึ่งสาเหตุปัญหาของขั้นตอนการเพิ่มข้อมูลคนไข้ คือ ในระบบระบุแค่คนไข้มีการซื้อคอร์สกับไม่ซื้อเท่านั้น แต่ไม่ได้ระบุรายละเอียดเพิ่มเติม เช่น จำนวนครั้งที่ซื้อ หรือซื้อคอร์สเท่าไร ทำให้ข้อมูลที่บันทึกยังไม่ครบถ้วนดี ส่วนขั้นตอนบันทึกข้อมูลการรักษา พบว่าการเรียกดูประวัติการรักษาย้อนหลังยังไม่สะดวกพอ เพราะนักกายภาพจะต้องเปิดดูข้อมูลย้อนกลับไปกลับมา ทำให้การตรวจสอบอาจใช้เวลานานขึ้น

การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเวลาในการให้บริการคนไข้การดำเนินการจับเวลาในการบันทึกข้อมูลสามารถแบ่งขั้นตอนหลักในการทำงาน ได้แก่ การหาแฟ้มคนไข้ กรอกข้อมูล และบันทึกการรักษา และนอกจากนี้ยังมีการจับเวลาตั้งแต่ที่คนไข้เข้ามาที่คลินิกไปจนถึงคนไข้รักษาเสร็จ ซึ่งในแต่ละขั้นตอนจะมีเวลาในการดำเนินงานที่แตกต่างกันออกไป โดยผลจากการจับเวลาในแต่ละขั้นตอนถูกนำมาวิเคราะห์ เพื่อนำมาประเมินด้านประสิทธิภาพ ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การศึกษาเวลาในการให้บริการคนไข้ก่อนปรับปรุง (นาที)

รายละเอียด	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5	คนที่ 6	คนที่ 7	คนที่ 8	คนที่ 9	คนที่ 10	เฉลี่ย
ลงทะเบียน	0.37	0.4	0.38	0.33	0.29	0.3	0.3	0.32	0.3	0.32	0.331
ค้นหาแฟ้มประวัติ	1.3	1.35	1.3	1.32	1.29	1.27	1.27	1.35	1.32	1.25	1.302
สอบถามบันทึกอาการ	5.56	5.05	3.32	5.03	2.32	5.47	4.32	3.5	2.1	3.17	3.984
บันทึกการรักษา	1.2	1.23	0.45	1.12	1.55	0.52	1.52	1.25	1.05	1.05	1.094
นัดหมาย	0.2	0.25	0.15	0.2	0.17	0.21	0.16	0.15	0.18	0.19	0.186
รวม											6.689

ผลการวิจัย

การออกแบบส่วนต่อประสานผู้ใช้

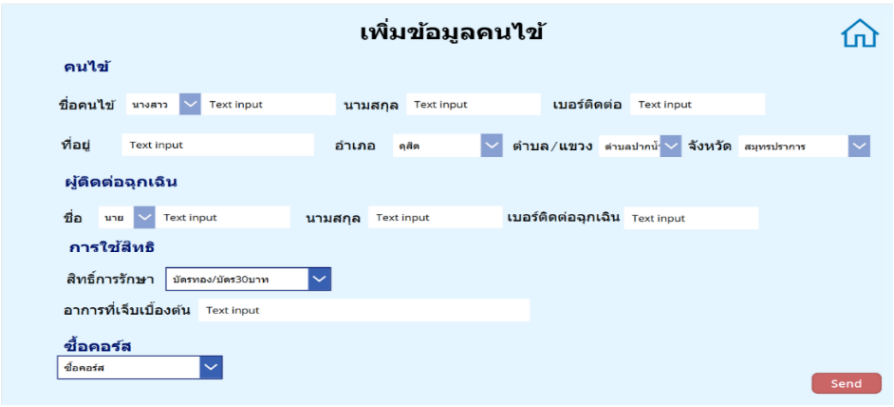
การออกแบบหน้าจอผู้ใช้งาน หรือ การออกแบบส่วนต่อประสานผู้ใช้ (User Interface: UI) ของแอปพลิเคชัน REBORN PHUSIO CLINIC ให้ผู้ใช้งานสามารถบันทึก จัดเก็บ และค้นหาข้อมูลได้ง่าย รวดเร็ว และเป็นระบบมากขึ้น เพื่อสนับสนุนการทำงานด้านกายภาพบำบัดภายในคลินิกให้มีประสิทธิภาพและลดความผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นได้ โดยมีรายละเอียด ดังนี้

1. ระบบบันทึกข้อมูลคนไข้ ระบบบันทึกข้อมูลออกแบบมาให้ผู้ใช้งานสามารถบันทึกข้อมูลได้ง่ายขึ้นไม่ซับซ้อน โดยใช้สีและไอคอนที่สื่อความหมายชัดเจน ขนาดตัวอักษรอ่านง่าย ดังรูปที่ 4



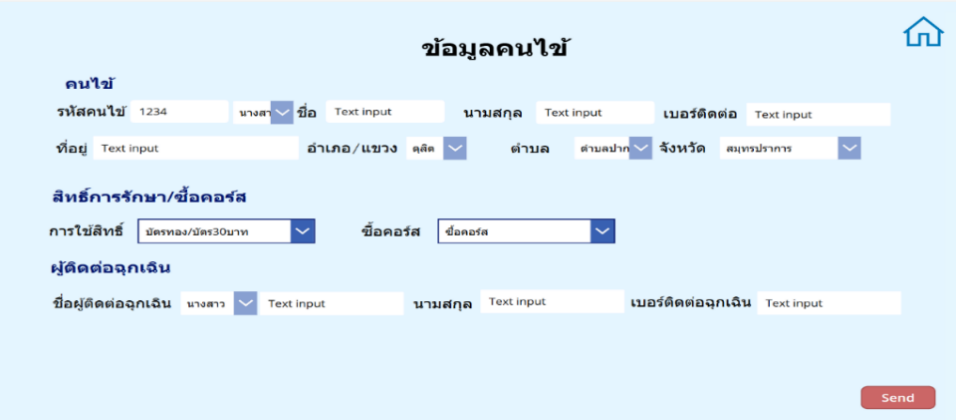
รูปที่ 4 หน้าหลักของระบบบันทึกข้อมูล

จากรูปที่ 4 ผู้ใช้สามารถเข้าสู่ระบบแอปพลิเคชันโดยภายในมีระบบมเมนูให้ผู้ใช้กรอกประวัติคนไข้ บันทึกการรักษา หรือทำการลงตารางนัดหมาย ซึ่งเมนูต่างๆ นี้ถูกออกแบบมาเพื่อให้นักกายภาพเลือกทำรายการที่ต้องการได้อย่างสะดวก และช่วยให้การทำงานภายในคลินิกเป็นระบบมากขึ้น



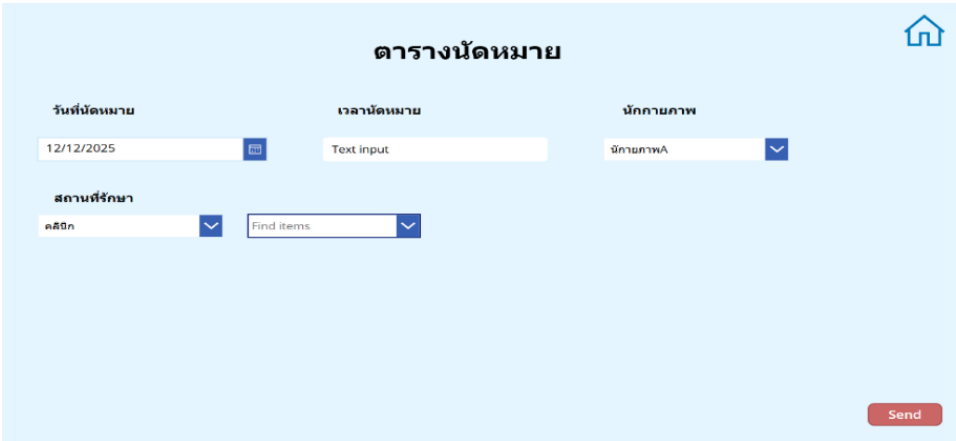
รูปที่ 5 หน้าระบบการเพิ่มข้อมูลคนไข้

จากรูปที่ 5 ผู้ใช้สามารถเพิ่มข้อมูลคนไข้รวมถึงสิทธิ์การรักษา อาการเจ็บ การซื้อคอร์สและยังสามารถติดตามผลการรักษาของคนไข้ไปตามขั้นตอนของนักกายภาพ โดยในหน้าระบบนี้มีช่องสำหรับการกรอกข้อมูลต่างๆ ซึ่งประกอบไปด้วย 4 ส่วนหลัก คือ ส่วนที่ 1 คนไข้ ข้อมูลประกอบไปด้วย คำนำหน้า ชื่อ นามสกุล เบอร์ติดต่อ ที่อยู่ อำเภอ/เขต ตำบล/แขวง จังหวัด ส่วนที่ 2 ผู้ติดต่อฉุกเฉิน ข้อมูลประกอบไปด้วย คำนำหน้า ชื่อ นามสกุล เบอร์ติดต่อ ส่วนที่ 3 การใช้สิทธิ์ ข้อมูลประกอบไปด้วย สิทธิ์การรักษา เช่น สิทธิบัตรทองหรือบัตร 30 บาท สิทธิ์สปสช. อาการที่เจ็บเบื่องต้น ส่วนที่ 4 ข้อมูลประกอบไปด้วย การซื้อคอร์สรักษา



รูปที่ 6 ข้อมูลคนไข้

จากรูปที่ 6 จะแสดงรายละเอียดประวัติการรักษาของคนไข้ จำนวนครั้ง อาการที่รักษา นักกายภาพที่ทำการรักษา และสิทธิ์การรักษาที่ใช้ของคนไข้ โดยในหน้าระบบนี้มีช่องสำหรับการกรอกข้อมูลต่างๆ ซึ่งประกอบไปด้วย 1) ประวัติการรักษา 2) จำนวนครั้งที่มารักษา 3) อาการเจ็บปวด 4) ชื่อนักกายภาพที่รักษา 5) ใช้สิทธิ์รักษาไปแล้วกี่ครั้ง 6) ค้นหารายชื่อคนไข้ที่ต้องการ



รูปที่ 7 ตารางการนัดหมาย

จากรูปที่ 7 จะมีการแสดงรายละเอียดของวันที่ เวลาที่นัดหมายกับนักกายภาพ ใครเป็นผู้ดูแลคนไข้เคสนี้ และยังมีให้เลือกว่าสถานที่รักษาจะเข้ามารักษาที่คลินิก หรือว่าให้นักกายภาพไปที่บ้านของคนไข้ ซึ่งสถานที่นัดทำกายภาพนั้นขึ้นอยู่กับคนไข้ว่าสะดวกรับการรักษาที่ไหน เมื่อทำการกรอกข้อมูลที่ระบบเสร็จแล้ว ข้อมูลที่ก็จะถูกบันทึกไปยัง Excel เพื่อทำการเก็บข้อมูลไปยังชีตต่างๆตามที่ได้กำหนดไว้ โดยในหน้าระบบนี้มีช่องสำหรับการกรอกข้อมูลต่างๆ ซึ่งประกอบไปด้วย 1) วันที่นัดหมาย 2) เวลาการนัดหมาย 3) ชื่อนักกายภาพ 4) สถานที่รักษา 5) ค้นหารายชื่อคนไข้

ผลการทดสอบการเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานโปรแกรมบริหารจัดการความสัมพันธ์ลูกค้า

ทางผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเวลาในการให้บริการลูกค้าโดยใช้โปรแกรมบริหารจัดการความสัมพันธ์ลูกค้า โดยทำการสุ่มเก็บตัวอย่างคนไข้ที่เข้ารับการรักษา ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 การศึกษาเวลาในการให้บริการคนไข้หลังปรับปรุง (นาที)

รายละเอียด	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5	คนที่ 6	คนที่ 7	คนที่ 8	คนที่ 9	คนที่ 10	เฉลี่ย
ลงทะเบียน	0.35	0.37	0.35	0.3	0.27	0.28	0.28	0.3	0.28	0.3	0.308
ค้นหาแฟ้มประวัติ	0.28	0.33	0.27	0.29	0.27	0.25	0.25	0.32	0.28	0.23	0.277
สอบถามบันทึกอาการ	4.48	4.58	3.25	4.55	1.25	4.4	4.25	3.45	2.05	3.1	3.536
บันทึกการรักษา	1.15	1.18	0.47	1.08	0.5	1.45	1.45	1.2	1	1	1.048
การนัดหมาย	0.18	0.23	0.13	0.18	0.15	0.19	0.14	0.13	0.16	0.17	0.166
รวม											5.335

การอภิปรายผล

การพัฒนาระบบบริหารจัดการลูกค้าสัมพันธ์ (CRM) สำหรับคลินิกกายภาพบำบัดด้วยระบบ Power Apps มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการข้อมูลคนไข้ การบันทึกประวัติการรักษา และการนัดหมายให้เป็นระบบ ลดความซ้ำซ้อน และลดระยะเวลาในการทำงานของนักกายภาพบำบัด จากผลการดำเนินงานพบว่า ระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถใช้งานได้ตรงตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ โดยสามารถบันทึก ค้นหา และเรียกดูข้อมูลคนไข้ได้อย่างถูกต้องและเป็นปัจจุบัน ข้อมูลทั้งหมดถูกจัดเก็บไว้ในฐานข้อมูล Excel และเชื่อมต่อผ่าน Power Apps ทำให้สามารถเข้าถึงข้อมูลได้อย่างสะดวกและรวดเร็ว ผลการทดสอบระบบแสดงให้เห็นว่า การใช้ระบบ Power Apps ช่วยลดระยะเวลาในการบันทึกข้อมูลของนักกายภาพบำบัด โดยมีค่าเฉลี่ยเวลาในการบันทึกข้อมูลประมาณ 1.5 นาทีต่อคน ซึ่งน้อยกว่าการบันทึกข้อมูลด้วยวิธีเดิมที่ใช้การเขียนด้วยมือ นอกจากนี้ ระบบยังช่วยลดขั้นตอนการทำงาน ลดความผิดพลาดจากการกรอกข้อมูล และเพิ่มความสะดวกในการติดตามประวัติการรักษาของคนไข้ ตังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 สรุปผลการวิจัย

ลำดับ	รายละเอียด	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง	ผลต่าง	% ผลต่าง
การลงทะเบียน	รับข้อมูลและบันทึกข้อมูลของคนไข้	0.331	0.308	-0.023	-6.95%
ค้นหาแฟ้มประวัติ	ค้นหา และตรวจสอบประวัติของคนไข้	0.3	0.277	-0.023	-7.67%
สอบถามบันทึกอาการ	ถามและบันทึกอาการเจ็บปวด	3.984	3.536	-0.448	-11.24%
บันทึกการรักษา	ผู้ป่วยได้รับการรักษาตามแผน	1.094	1.048	-0.046	-4.20%
การนัดหมาย	กำหนดวัน เวลาเพื่อคอยติดตามอาการ	0.186	0.166	-0.02	-10.75%
เวลารวม		6.897	5.335	-1.562	-22.65%

จากตารางที่ 4 พบว่า หลังจากการนำระยะเวลาทั้งก่อนปรับปรุง และหลังปรับปรุงมาคำนวณกัน จะเห็นได้ว่าขั้นตอนในการทำงานนั้นลดลง โดยการคำนวณจะใช้วิธีเอาหลังปรับปรุง-ก่อนปรับปรุง ดังนั้นค่าของผลต่างที่เห็นจึงเป็น ค่าที่ติดลบ ซึ่งหมายถึงค่าระยะเวลาลดลง ทำให้เห็นประสิทธิภาพในการทำงานที่ดีขึ้น ในขั้นตอนการลงทะเบียนลดลงที่ร้อยละ 6.95 การค้นหาแฟ้มประวัติลดลงร้อยละ 7.67 สอบถามบันทึกอาการลดลงร้อยละ 11.24 บันทึกการรักษาลดลงร้อยละ 4.20 การนัดหมายลดลงที่ร้อยละ 10.75 และเวลารวมในการทำงานลดลงร้อยละ 22.65

บทสรุป

งานวิจัยการพัฒนาโปรแกรมบริหารจัดการความสัมพันธ์ลูกค้า (CRM) สำหรับคลินิกกายภาพบำบัดมีวัตถุประสงค์ในการยกระดับประสิทธิภาพการบริหารจัดการข้อมูลในสถานพยาบาลเฉพาะทาง โดยมุ่งแก้ไขข้อจำกัดของระบบเดิมที่อาศัยการบันทึกข้อมูลแบบ Manual และการใช้ Excel แบบแยกส่วน ซึ่งก่อให้เกิดความล่าช้า ความซ้ำซ้อน และความคลาดเคลื่อนของข้อมูลการดำเนินการวิจัยใช้กรอบแนวคิดเชิงระบบผ่าน System Development Life Cycle (SDLC) ร่วมกับเครื่องมือวิเคราะห์สาเหตุเชิงลึก (Why-Why Analysis) เพื่อระบุ Pain Point ที่แท้จริงของกระบวนการทำงาน และออกแบบสถาปัตยกรรมระบบที่สอดคล้องกับบริบทการให้บริการของคลินิกกายภาพบำบัด โดยพัฒนาระบบบนแพลตฟอร์ม Microsoft Power Apps เชื่อมโยงฐานข้อมูลแบบสัมพันธ์ (Relational Database) บน Excel ซึ่งช่วยให้เกิดการบูรณาการข้อมูลผู้ป่วย การรักษา และการนัดหมายในโครงสร้างเดียวกันอย่างเป็นระบบ ผลการวิจัยเชิงประจักษ์สะท้อนให้เห็นว่า ระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถ เพิ่มประสิทธิภาพการดำเนินงาน (Operational Efficiency) ได้อย่างมีนัยสำคัญ โดยลดระยะเวลาในขั้นตอนสำคัญ ได้แก่ ขั้นตอนการลงทะเบียนลดลงที่ร้อยละ 6.95 การค้นหาแฟ้มประวัติลดลงร้อยละ 7.67 สอบถามบันทึกอาการลดลงร้อยละ 11.24 บันทึกการรักษาลดลงร้อยละ 4.20 การนัดหมายลดลงที่ร้อยละ 10.75 และเวลารวมในการทำงานลดลงร้อยละ 22.65 อย่างไรก็ตามงานวิจัยยังสะท้อนข้อจำกัดเชิงระบบ เช่น ความไม่สมบูรณ์ของข้อมูลด้านคอร์สการรักษา และข้อจำกัดในการเรียกดูข้อมูลย้อนหลัง ซึ่งนำไปสู่ข้อเสนอแนะในการพัฒนาเพิ่มเติม เช่น การออกแบบ User Interface สำหรับ Historical Data View และการเพิ่มฟิลด์ข้อมูลเชิงธุรกิจ เช่น จำนวนครั้งของคอร์ส เพื่อรองรับการใช้งานในระดับเชิงกลยุทธ์

เอกสารอ้างอิง

กัญญาณัฐ วิวัฒนภูษิต. (2565). กรณีศึกษาการบริหารค้าสัมพันธ์สำหรับธุรกิจในประเทศไทย: การปรับตัวต่อวิกฤติโควิด-19 การค้นคว้าอิสระบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยสยาม.

ชื่นจิตต์ แจ้งเจนกิจ. (2544). การบริหารลูกค้าสัมพันธ์ Customer Relationship Management: CRM. พิมพ์ครั้งที่ 2. สำนักพิมพ์ ทิปปิ้งพอยท์: กรุงเทพฯ

ธวัลรัตน์ วงศ์พฤกษ์. (2562). การศึกษาปัจจัยด้านการบริหารลูกค้าสัมพันธ์ (CRM) ที่ส่งผลต่อผลการปฏิบัติงานขององค์กร กรณีศึกษา ธนาคารพาณิชย์ในประเทศไทย. การค้นคว้าอิสระบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

บุษยารัตน์ ศิลปวิทยาทร และบุญพิชชา จิตต์ภักดี. (2563). การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศด้านสุขภาพในการพยาบาลเพื่อความปลอดภัยของผู้ป่วย. วารสารการพยาบาลและการดูแลสุขภาพ. (40).1,54-63.

วชัรพจน์ ทรัพยส์งวนบุญ. (2559). การบริหารความสัมพันธ์กับลูกค้า.พิมพ์ครั้งที่3.กรุงเทพฯ

สาธิดา โพธิปัสสา. (2566). การวิเคราะห์เพื่อหาสาเหตุปัญหาด้วย Why-Why Analysis และแนวทางลดขั้นตอนการให้บริการของศูนย์บริการผู้ป่วยผ่าตัดแบบครบวงจร. การค้นคว้าอิสระบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต สาขาวิชานวัตกรรมการจัดการธุรกิจและอุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น

1stcraft. (2020). Data architecture คืออะไร?. Retrieved February 20, 2026, from https://1stcraft.com/what-is-data-architecture/

Buttle, F., & Maklan, S. (2019). Customer relationship management: Concepts and technologies. Routledge.

Kasetsart University. (2019). Database architecture. Retrieved February 20, 2026, from https://pirun.ku.ac.th/~faastwc/0273942262/pttx/chapter02%20Database%20Architecture.pdf

การพัฒนาระบบประเมินผลกิจกรรมผู้เรียน กรณีศึกษาวิทยาลัยเทคนิคบุรีรัมย์
Development of a student activity evaluation system: A case study of Buriram technical college

วิกฤษกร เทวารัมย์[1] ธัญรดี จับใจเหมาะ[1] บุญส่ง ผดุงรัตน์[1] จันทร์ดารา สุขสาม[2] ธเนษฐ โยธาศิริ[2] วราลักษณ์ มาประสม[2] พชรพรรณ ธุรานุช[2] และอุมาพร ไชยสูง[2*]

Kritsakorn Tewaram[1], Thunradee Jubjaimor[1], Boonsong Padungrat[1], Jandara Suksam[2], Thanet Yothasiri[2], Waraluck Maprasom[2], Pacharaphan Thuranuch[2] and Umaporn Chaisoong[2*]

[1]นักศึกษา คณะเทคโนโลยีการจัดการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์
[1]Student, Faculty of Management Technology, Rajamangala University of Technology Isan SURIN Campus
[2]อาจารย์ คณะเทคโนโลยีการจัดการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์
[2]Lecturer, Faculty of Management Technology, Rajamangala University of Technology Isan SURIN Campus
[*]Corresponding Author E-mail Address : umaporn.ch@rmuti.ac.th

บทคัดย่อ

การบริหารจัดการข้อมูลกิจกรรมผู้เรียนในสถานศึกษาอาชีวศึกษายังคงเผชิญปัญหาความซ้ำซ้อน ความล่าช้า และความคลาดเคลื่อนของข้อมูล อันเนื่องมาจากการใช้กระบวนการแบบดั้งเดิมที่ขาดการบูรณาการ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) พัฒนาระบบประเมินผลกิจกรรมผู้เรียนแบบบูรณาการ และ (2) ประเมินประสิทธิภาพของระบบในด้านความถูกต้อง ความรวดเร็ว และการยอมรับของผู้ใช้งาน โดยบูรณาการกรอบแนวคิด System Development Life Cycle (SDLC), Technology Acceptance Model (TAM) และ DeLone and McLean Model การวิจัยใช้วิธีการวิจัยเชิงพัฒนา (Developmental Research) โดยดำเนินการพัฒนาระบบตามขั้นตอนของ SDLC และประเมินผลผ่านตัวชี้วัดเชิงประจักษ์ ได้แก่ ความถูกต้องของข้อมูล (Data Accuracy) และระยะเวลาในการประมวลผล (Processing Time) รวมถึงการประเมินการยอมรับของผู้ใช้งานผ่านแบบสอบถามมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ กลุ่มตัวอย่างประกอบด้วยนักเรียน นักศึกษา ครู และเจ้าหน้าที่ จำนวน 39 คน

ผลการวิจัยพบว่า ระบบที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพในระดับสูง โดยมีความถูกต้องของข้อมูลเฉลี่ย 98.50% และใช้เวลาในการประมวลผลเฉลี่ย 1.20 วินาทีต่อรายการ นอกจากนี้ ผู้ใช้งานมีความพึงพอใจในระดับสูง (Mean = 4.68) ซึ่งสะท้อนถึงการยอมรับระบบทั้งในด้านประโยชน์และความง่ายในการใช้งาน ผลลัพธ์ดังกล่าวชี้ให้เห็นว่าการออกแบบระบบแบบบูรณาการร่วมกับการใช้กระบวนการอัตโนมัติสามารถยกระดับประสิทธิภาพของระบบสารสนเทศได้อย่างมีนัยสำคัญ ในเชิงวิชาการงานวิจัยนี้มีส่วนช่วยเติมเต็มช่องว่างขององค์ความรู้ โดยการเชื่อมโยงกระบวนการพัฒนาระบบกับการประเมินเชิงทฤษฎีอย่างเป็นระบบ ขณะที่ในเชิงปฏิบัติ ระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในสถานศึกษาอื่น เพื่อสนับสนุนการตัดสินใจเชิงข้อมูลและยกระดับการบริหารจัดการในยุคดิจิทัลอย่างยั่งยืน

คำสำคัญ: ระบบสารสนเทศทางการศึกษา, ระบบประเมินผลกิจกรรมผู้เรียน, วงจรการพัฒนาระบบสารสนเทศ, การยอมรับเทคโนโลยี (TAM), การตัดสินใจเชิงข้อมูล

Abstract

The management of student activity data in vocational education institutions continues to face challenges related to data redundancy, processing delays, and inaccuracies, primarily due to the use of traditional, non-integrated processes. This study aims to (1) develop an integrated student activity evaluation system and (2) evaluate the system’s performance in terms of accuracy, processing speed, and user acceptance. The study integrates the System Development Life Cycle (SDLC), Technology Acceptance Model (TAM), and the DeLone and McLean Information Systems Success Model as its conceptual framework.

This research adopts a developmental research approach. The system was developed following the SDLC process, and its performance was evaluated using empirical indicators, including data accuracy and processing time. User acceptance was assessed through a five-point Likert scale questionnaire. The sample consisted of 39 participants, including students, teachers, and administrative staff.

The results indicate that the developed system demonstrates high performance, with an average data accuracy of 98.50% and an average processing time of 1.20 seconds per transaction. In addition, user satisfaction was at a high level (Mean = 4.68), reflecting strong acceptance in terms of perceived usefulness and ease of use. These findings suggest that an integrated system design combined with automation can significantly enhance the efficiency of information systems. Academically, this study contributes to the existing body of knowledge by systematically integrating system development processes with theory-based evaluation. Practically, the developed system can be applied in other educational institutions to support data-driven decision-making and improve management efficiency in the digital era in a sustainable manner.

Keywords: Educational Information System, Student Activity Evaluation System, System Development Life-Cycle (SDLC), Technology Acceptance Model (TAM), Data-Driven Decision Making

บทนำ

ในยุคดิจิทัล การบริหารจัดการข้อมูลในองค์กรการศึกษามีบทบาทสำคัญต่อการยกระดับคุณภาพการเรียนรู้และการตัดสินใจเชิงบริหาร โดยระบบสารสนเทศช่วยให้การจัดเก็บ ประมวลผล และเข้าถึงข้อมูลเป็นไปอย่างรวดเร็ว ถูกต้อง และโปร่งใส (Laudon & Laudon, 2020) โดยเฉพาะในบริบทอาชีวศึกษา ซึ่งมุ่งพัฒนาทั้งความรู้ ทักษะวิชาชีพ และคุณลักษณะอันพึงประสงค์ผ่านกิจกรรมพัฒนาผู้เรียน (จินตกานต์ สอนนอก, 2564) อย่างไรก็ตาม หลายสถานศึกษายังคงใช้กระบวนการประเมินผลแบบดั้งเดิม เช่น การจัดเก็บข้อมูลในรูปแบบเอกสารหรือระบบที่ไม่เป็นมาตรฐาน ส่งผลให้เกิดปัญหาข้อมูลซ้ำซ้อน การประมวลผลล่าช้า และความคลาดเคลื่อนของผลการประเมิน ซึ่งลดทอนความน่าเชื่อถือของข้อมูลและประสิทธิภาพในการบริหารจัดการ (จารุกิตติ์ สายสิงห์, 2565) ในบริบทของวิทยาลัยเทคนิคบุรีรัมย์ แม้มีการจัดกิจกรรมพัฒนาผู้เรียนอย่างต่อเนื่อง แต่ยังขาดระบบที่สามารถเชื่อมโยงข้อมูลกิจกรรมแบบบูรณาการ ส่งผลให้การติดตาม สรุปคะแนน และรายงานผลยังมีข้อจำกัดด้านความรวดเร็วและความแม่นยำ

จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่า งานวิจัยส่วนใหญ่เน้นการพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการข้อมูลและการให้บริการ เช่น การใช้ระบบอิเล็กทรอนิกส์เพื่อลดขั้นตอนการทำงาน (ศิริลักษณ์ หวังชอบ และคณะ,

2563) และการใช้ SDLC เพื่อพัฒนาระบบอย่างเป็นระบบ (Pressman & Maxim, 2020) ขณะเดียวกัน แนวคิด TAM (Davis, 1989) และแบบจำลอง DeLone และ McLean (2003) ชี้ให้เห็นว่าคุณภาพระบบและความง่ายในการใช้งานมีผลต่อการยอมรับของผู้ใช้ อย่างไรก็ตาม งานวิจัยส่วนใหญ่ยังเน้นการพัฒนาเชิงฟังก์ชันและประเมินผลเพียงความพึงพอใจ โดยขาดการเชื่อมโยงตัวแปรเชิงทฤษฎีกับผลลัพธ์การใช้งานจริง

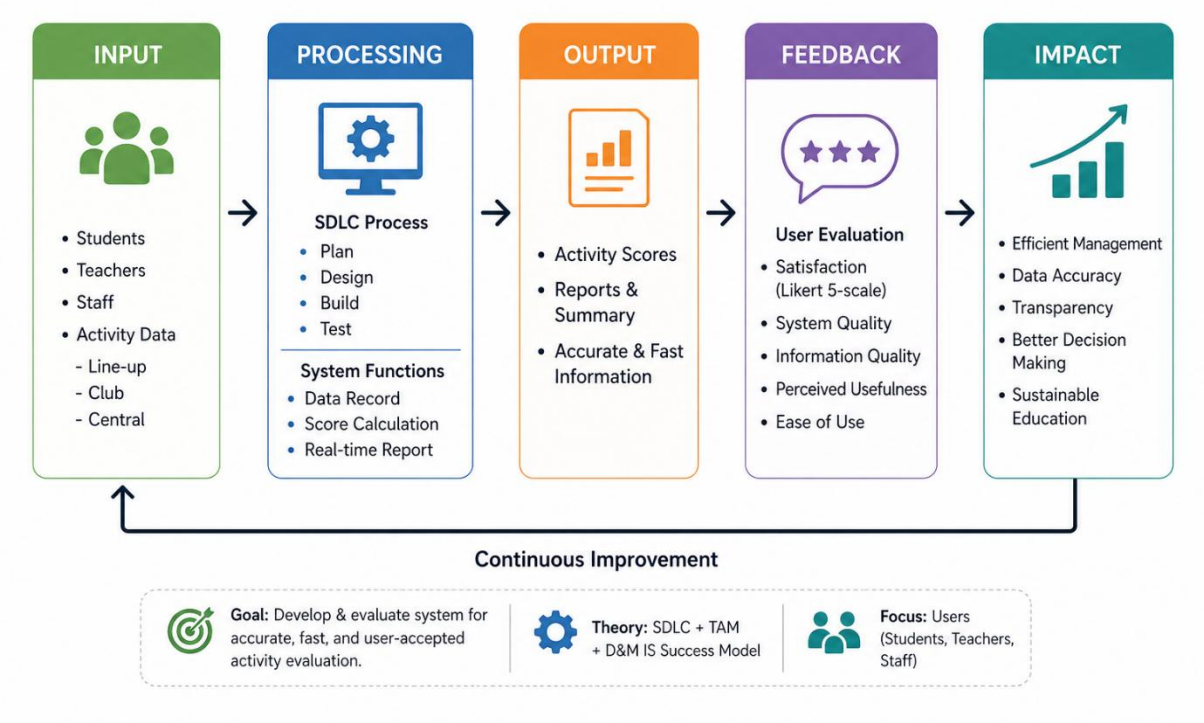
ช่องว่างสำคัญจึงอยู่ที่การขาดกรอบการพัฒนาระบบที่บูรณาการ “กระบวนการพัฒนา” และ “การประเมินเชิงทฤษฎี” เข้าด้วยกัน โดยเฉพาะในสถานศึกษาอาชีวศึกษา ยังไม่มีระบบที่เชื่อมโยงข้อมูลกิจกรรมหลายมิติภายใต้ฐานข้อมูลเดียว พร้อมทั้งประเมินประสิทธิภาพในเชิงโครงสร้าง เช่น ความถูกต้องของข้อมูลและความรวดเร็วในการประมวลผล ควบคู่กับการวัดการยอมรับของผู้ใช้งานตามกรอบ TAM รวมถึงการประเมินผลในบริบทจริง รวมถึงการทดสอบด้านการรักษาความลับของข้อมูล นอกจากนี้ การประยุกต์ใช้ SDLC ยังไม่ครอบคลุมตั้งแต่การวิเคราะห์ความต้องการเชิงลึกจนถึงการประเมินผลในบริบทจริง ส่งผลให้ระบบยังไม่สามารถสนับสนุนการตัดสินใจเชิงข้อมูลได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมุ่งพัฒนาระบบประเมินผลกิจกรรมผู้เรียนโดยบูรณาการ SDLC ร่วมกับ TAM และ DeLone and McLean Model เพื่อสร้างกรอบการประเมินระบบแบบบูรณาการ โดยกำหนดตัวแปรวัดที่ชัดเจน ได้แก่ คุณภาพระบบและคุณภาพข้อมูลสำหรับประเมินความถูกต้องและความรวดเร็ว และตัวแปรการยอมรับของผู้ใช้สำหรับประเมินความพึงพอใจและการใช้งานจริง งานวิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) พัฒนาระบบประเมินผลกิจกรรมผู้เรียนแบบบูรณาการ และ (2) ประเมินประสิทธิภาพของระบบในด้านความถูกต้อง ความรวดเร็ว และการยอมรับของผู้ใช้งาน โดยผลลัพธ์คาดว่าจะเป็นแบบจำลองต้นแบบที่สามารถประยุกต์ใช้ในสถานศึกษาอื่น และสนับสนุนการตัดสินใจเชิงข้อมูลเพื่อยกระดับการบริหารจัดการอย่างยั่งยืน

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

งานวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงพัฒนา (Developmental Research) มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบประเมินผลกิจกรรมผู้เรียนแบบบูรณาการ และประเมินประสิทธิภาพของระบบในด้านความถูกต้อง ความรวดเร็ว และการยอมรับของผู้ใช้งาน โดยออกแบบวิธีวิจัยให้สอดคล้องกับช่องว่างงานวิจัยในบทนำ ภายใต้กรอบแนวคิด System Development Life Cycle (SDLC), Technology Acceptance Model (TAM) และ DeLone and McLean Model โดยแสดงกรอบแนวคิดการวิจัย ดังรูปที่ 1

กระบวนการพัฒนาระบบดำเนินการตาม SDLC 4 ขั้นตอน ได้แก่ (1) การวางแผน โดยศึกษาปัญหาและความต้องการของผู้ใช้งานในวิทยาลัยเทคนิคบุรีรัมย์ (2) การวิเคราะห์และออกแบบ โดยกำหนดความต้องการเชิงหน้าที่และออกแบบฐานข้อมูลแบบรวมศูนย์ที่เชื่อมโยงกิจกรรม 3 ด้าน ได้แก่ กิจกรรมเข้าแถว กิจกรรมชมรม และกิจกรรมกลาง (3) การพัฒนา โดยพัฒนาระบบในรูปแบบเว็บแอปพลิเคชันที่สามารถบันทึก ประมวลผล และรายงานข้อมูลแบบเรียลไทม์ และ (4) การทดสอบและประเมินผล เพื่อประเมินประสิทธิภาพการทำงานของระบบในบริบทจริง

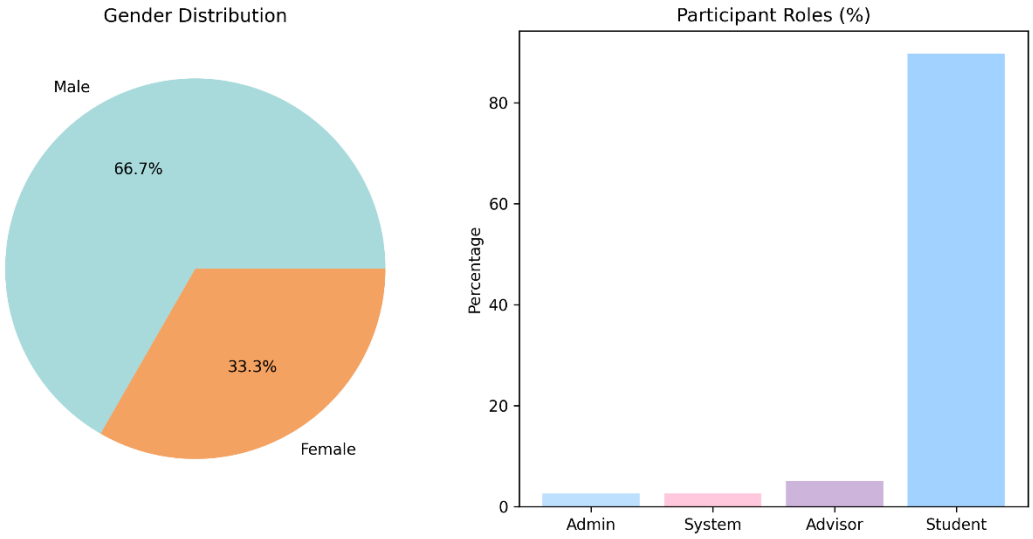


รูปที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

เครื่องมือวิจัยประกอบด้วย (1) ระบบประเมินผลกิจกรรมผู้เรียนที่พัฒนาขึ้น และ (2) แบบสอบถามความพึงพอใจ มาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ ซึ่งออกแบบตามกรอบ TAM เพื่อวัดการรับรู้ประโยชน์ (Perceived Usefulness) และความง่ายในการใช้งาน (Perceived Ease of Use)

ตัวแปรวิจัยกำหนดตามกรอบทฤษฎี โดยใช้ตัวแปรคุณภาพระบบ (System Quality) และคุณภาพข้อมูล (Information Quality) จาก DeLone and McLean Model เพื่อประเมินประสิทธิภาพเชิงโครงสร้างผ่านตัวชี้วัดที่วัดได้จริง ได้แก่ ความถูกต้องของข้อมูล (Data Accuracy) และความรวดเร็วในการประมวลผล (Processing Time) ขณะที่ตัวแปรจาก TAM ใช้วัดการยอมรับของผู้ใช้งานผ่านความพึงพอใจและความตั้งใจใช้งาน

กลุ่มตัวอย่างประกอบด้วย นักศึกษา จำนวน 36 คน ครู จำนวน 2 คน และเจ้าหน้าที่ผู้ดูแลระบบ จำนวน 1 คน รวมทั้งสิ้น 39 คน โดยใช้การเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) การเก็บข้อมูลดำเนินการหลังการทดลองใช้งานระบบจริง และวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เพื่อประเมินความพึงพอใจ พร้อมทั้งใช้ตัวชี้วัดด้านความถูกต้องและเวลาในการประมวลผลเพื่อสะท้อนประสิทธิภาพของระบบ แสดงดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 กลุ่มตัวอย่างทดลองใช้ระบบ

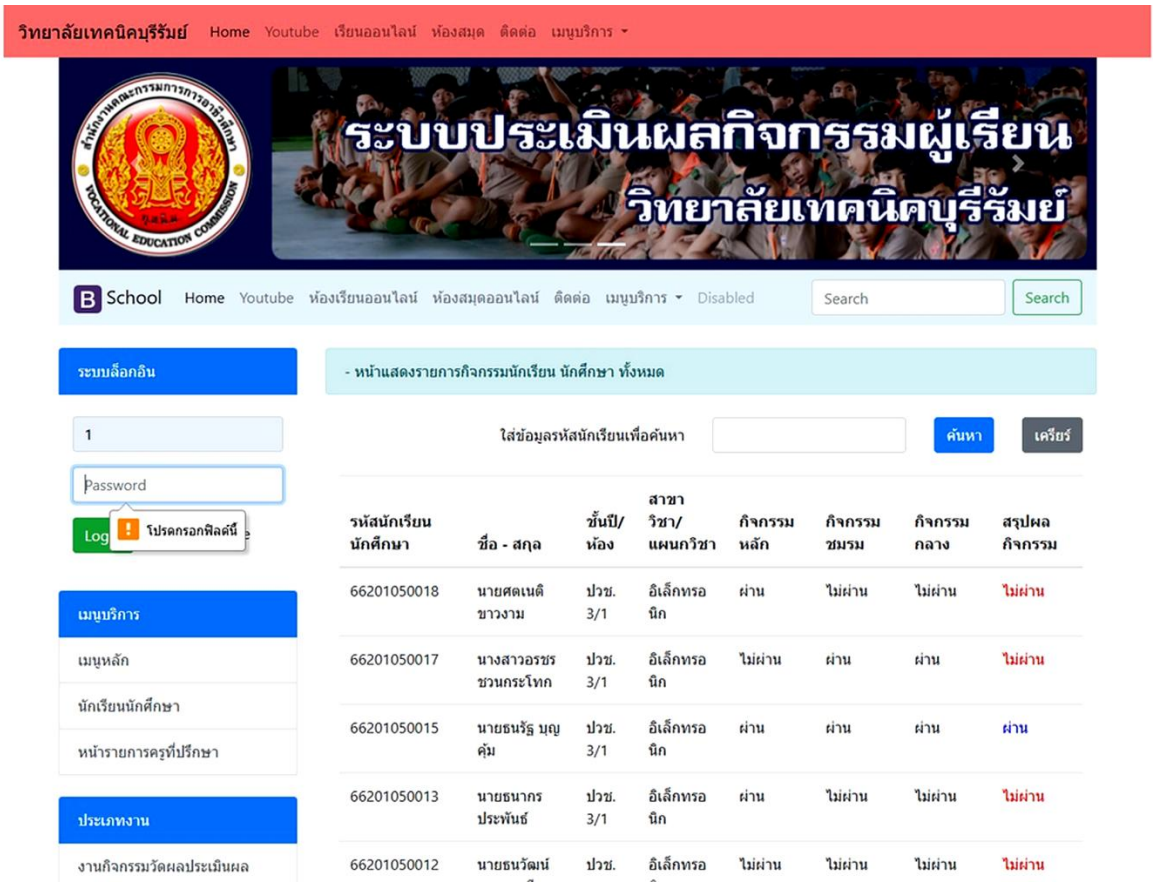
วิธีวิจัยนี้เชื่อมโยงกรอบแนวคิดเชิงทฤษฎีกับการวัดผลเชิงประจักษ์ ได้อย่างชัดเจน และยืนยันประสิทธิภาพของระบบทั้งในเชิงโครงสร้างและการใช้งานจริง ซึ่งสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของงานวิจัยและสามารถประยุกต์ใช้ในบริบทสถานศึกษาอื่นได้อย่างเหมาะสม

ผลการวิจัย

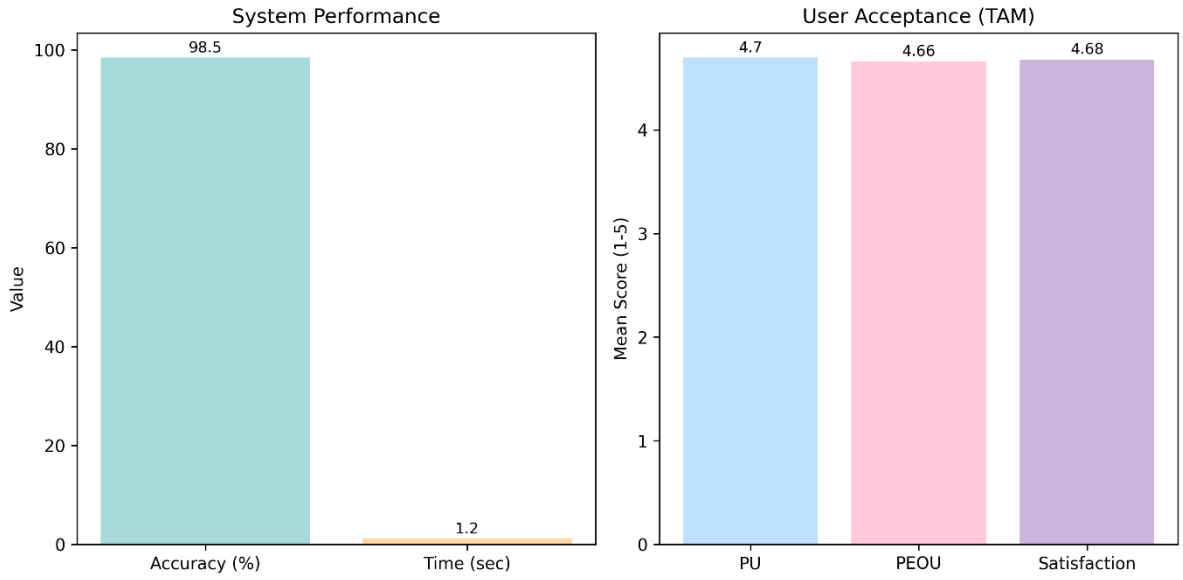
ผลการวิจัยถูกนำเสนอให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของงานวิจัย 2 ประการ ได้แก่ (1) การพัฒนาระบบประเมินผลกิจกรรมผู้เรียนแบบบูรณาการ และ (2) การประเมินประสิทธิภาพของระบบในด้านความถูกต้อง ความรวดเร็ว และการยอมรับของผู้ใช้งาน โดยเชื่อมโยงกับกรอบแนวคิด SDLC, TAM และ DeLone and McLean Model

1) ผลการพัฒนาระบบ

ระบบประเมินผลกิจกรรมผู้เรียนที่พัฒนาขึ้นสามารถรองรับการจัดการข้อมูลกิจกรรม 3 ด้าน ได้แก่ กิจกรรมเข้าแถว กิจกรรมชมรม และกิจกรรมกลาง ภายใต้ฐานข้อมูลแบบรวมศูนย์ โดยมีฟังก์ชันหลัก ได้แก่ การบันทึกข้อมูลกิจกรรม การคำนวณคะแนนอัตโนมัติ และการรายงานผลแบบเรียลไทม์ ระบบสามารถแสดงผลคะแนนและรายงานสรุปได้ทันทีภายหลังการประมวลผล แสดงดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 หน้าจอระบบประเมินผลกิจกรรมผู้เรียน (ข้อมูลจำลอง)



(ก) รูปย่อยที่ 1 (ข) รูปย่อยที่ 1

รูปที่ 4 ผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบ

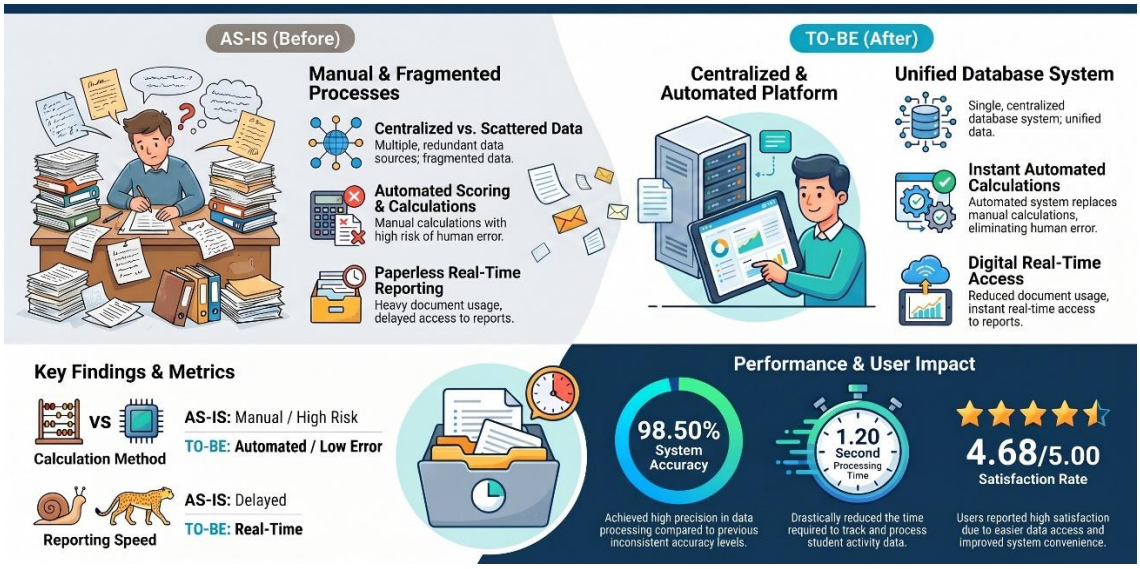
2) ผลการประเมินประสิทธิภาพระบบ

ผลการประเมินตามกรอบ DeLone and McLean Model แสดงให้เห็นว่าระบบมีประสิทธิภาพในด้านคุณภาพระบบ (System Quality) และคุณภาพข้อมูล (Information Quality) โดยใช้ตัวชี้วัดที่วัดได้จริง ได้แก่ ความถูกต้องของข้อมูลและความรวดเร็วในการประมวลผล แสดงดังรูปที่ 4

ผลการทดสอบพบว่าระบบมีความถูกต้องของข้อมูลในระดับสูง โดยมีค่าความถูกต้องเฉลี่ยร้อยละ 98.50 และสามารถประมวลผลข้อมูลได้ภายในเวลาเฉลี่ย 1.20 วินาทีต่อรายการ ซึ่งสะท้อนถึงประสิทธิภาพของระบบในด้านโครงสร้างและการทำงาน

3) ผลการประเมินการยอมรับของผู้ใช้งาน

การประเมินการยอมรับของผู้ใช้งานดำเนินการตามกรอบ TAM โดยใช้ตัวแปร Perceived Usefulness (PU) และ Perceived Ease of Use (PEOU) ซึ่งสะท้อนผ่านระดับความพึงพอใจของผู้ใช้งาน กลุ่มตัวอย่างจำนวน 39 คน ผลการวิเคราะห์ด้วยสถิติเชิงพรรณนา แสดงดังรูปที่ 4



รูปที่ 5 เปรียบเทียบกระบวนการก่อนพัฒนาและหลังพัฒนาระบบ

ผลการประเมินแสดงให้เห็นว่าผู้ใช้งานมีการรับรู้ถึงประโยชน์และความง่ายในการใช้งานของระบบในระดับสูง โดยมีค่าเฉลี่ยรวมของความพึงพอใจเท่ากับ 4.68 ซึ่งสะท้อนถึงระดับการยอมรับระบบในบริบทการใช้งานจริง แสดงดังรูปที่ 5

4) สรุปผลตามวัตถุประสงค์

ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถดำเนินการตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ โดยในวัตถุประสงค์ข้อที่ 1 ระบบสามารถจัดเก็บ ประมวลผล และรายงานข้อมูลกิจกรรมผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ขณะที่วัตถุประสงค์ข้อที่ 2 ระบบแสดงผลลัพธ์ด้านความถูกต้อง ความรวดเร็ว และการยอมรับของผู้ใช้งานในระดับสูง ซึ่งสอดคล้องกับตัวแปรในกรอบ DeLone and McLean Model และ TAM อย่างครบถ้วน

การอภิปรายผล

ผลการวิจัยยืนยันข้อสมมติฐานจากบทนำที่ชี้ว่าการขาดระบบบูรณาการเป็นสาเหตุของความคลาดเคลื่อนและความล่าช้า โดยระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถยกระดับประสิทธิภาพได้อย่างชัดเจน ทั้งด้านความถูกต้อง ความรวดเร็ว และการยอมรับของผู้ใช้งาน ซึ่งสอดคล้องกับกรอบ SDLC, TAM และ DeLone and McLean Model

ด้านความถูกต้องของข้อมูล (98.50%) สะท้อนผลของการออกแบบฐานข้อมูลแบบรวมศูนย์ที่เชื่อมโยงกิจกรรมหลายมิติภายใต้โครงสร้างเดียว ลดการบันทึกซ้ำและความไม่สอดคล้องของข้อมูล ผลนี้สนับสนุนแนวคิด DeLone และ McLean (2003) ที่ระบุว่าคุณภาพระบบและข้อมูลเป็นตัวกำหนดประสิทธิภาพโดยรวมของระบบสารสนเทศ และตอบโจทย์ช่องว่างที่บทนำระบุเกี่ยวกับการขาดการเชื่อมโยงข้อมูลในสถานศึกษาอาชีวศึกษา

ด้านความรวดเร็ว (1.20 วินาที) เกิดจากการใช้ระบบอัตโนมัติและการพัฒนาตาม SDLC ที่จัดโครงสร้างกระบวนการอย่างเป็นลำดับ ลดขั้นตอนซ้ำซ้อน และรองรับการประมวลผลแบบเรียลไทม์ ส่งผลให้การสรุปคะแนนและรายงานผลมีความทันเวลา สอดคล้องกับ Pressman และ Maxim (2020) ที่ชี้ว่าการพัฒนาที่เป็นระบบช่วยเพิ่มประสิทธิภาพและลดข้อผิดพลาด

ด้านการยอมรับของผู้ใช้งาน (Mean = 4.68) อธิบายได้จากการออกแบบที่คำนึงถึงการใช้งานจริง (usability) ทำให้ผู้ใช้รับรู้ถึงประโยชน์และความง่ายในการใช้งานในระดับสูง ซึ่งสอดคล้องกับกรอบ TAM ของ Davis (1989) และยืนยันว่าปัจจัยด้านการออกแบบมีผลโดยตรงต่อความพึงพอใจและการใช้งานจริง

เมื่อเทียบกับงานเดิมที่มุ่งพัฒนาเชิงฟังก์ชันหรือวัดเพียงความพึงพอใจ งานนี้มีความก้าวหน้าโดยบูรณาการ “กระบวนการพัฒนา–การประเมินเชิงทฤษฎี” และใช้ตัวชี้วัดเชิงประจักษ์ (accuracy, processing time) ควบคู่กับตัวแปรพฤติกรรมผู้ใช้ ทำให้สะท้อนประสิทธิภาพได้ครบทั้งเชิงโครงสร้างและการใช้งานจริง โดยสรุป ระบบบูรณาการที่ใช้ automation และออกแบบตามหลัก usability สามารถสนับสนุนการตัดสินใจเชิงข้อมูลและยกระดับการบริหารจัดการในสถานศึกษาได้อย่างมีนัยสำคัญและยั่งยืน

บทสรุป

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบประเมินผลกิจกรรมผู้เรียนแบบบูรณาการ และประเมินประสิทธิภาพของระบบภายใต้กรอบแนวคิด SDLC, TAM และ DeLone and McLean Model เพื่อแก้ไขข้อจำกัดของการจัดการข้อมูลแบบเดิมที่มีความซ้ำซ้อน ล่าช้า และขาดความแม่นยำในบริบทสถานศึกษาอาชีวศึกษา ผลการวิจัยยืนยันว่าระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถจัดการข้อมูลได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีความถูกต้องของข้อมูลในระดับสูง (98.50%) ขณะที่ความคลาดเคลื่อนอยู่ที่ร้อยละ 1.50 อาจเกิดจากปัจจัยด้านผู้ใช้งานและระบบ การวิเคราะห์ข้อผิดพลาดดังกล่าวจะเป็นแนวทางสำคัญในการปรับปรุงความถูกต้องและประสิทธิภาพของระบบในอนาคต

ในด้านการยอมรับของผู้ใช้งาน ผลการประเมินพบว่ามีความพึงพอใจในระดับสูง (Mean = 4.68) แสดงให้เห็นว่าระบบสามารถตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้งานได้อย่างเหมาะสม ทั้งในด้านประโยชน์และความง่ายในการใช้งาน ซึ่งสอดคล้องกับกรอบแนวคิด TAM ที่เน้นบทบาทของการรับรู้ประโยชน์และความง่ายในการใช้งานต่อการยอมรับเทคโนโลยี ในเชิงวิชาการ งานวิจัยนี้มีส่วนช่วยเติมเต็มช่องว่างขององค์ความรู้ โดยการบูรณาการกระบวนการพัฒนาระบบเข้ากับการประเมินเชิงทฤษฎี และใช้ตัวชี้วัดเชิงประจักษ์ที่สามารถสะท้อนประสิทธิภาพของระบบได้อย่างครอบคลุม

ข้อเสนอแนะในอนาคต ควรมีการขยายการทดลองใช้ระบบไปยังสถานศึกษาที่มีบริบทแตกต่างกัน เพื่อทดสอบความสามารถในการประยุกต์ใช้ในวงกว้าง รวมถึงการเพิ่มการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงลึก เช่น การวิเคราะห์เชิงคาดการณ์ (predictive analytics) หรือการใช้เทคนิคปัญญาประดิษฐ์ เพื่อยกระดับความสามารถของระบบในการสนับสนุนการตัดสินใจเชิงข้อมูล นอกจากนี้ ควรศึกษาปัจจัยด้านพฤติกรรมผู้ใช้งานเพิ่มเติม เพื่อพัฒนาแนวทางการออกแบบระบบที่ตอบสนองต่อผู้ใช้งานได้ดียิ่งขึ้นในระยะยาว

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณวิทยาลัยเทคนิคบุรีรัมย์ และขอขอบคุณผู้ให้ข้อมูลทุกท่านที่มีส่วนร่วมในการให้ข้อมูล ซึ่งเป็นส่วนสำคัญในการดำเนินงานวิจัยจนสำเร็จสมบูรณ์ ท้ายที่สุด มทร.อีสาน วิทยาเขตสุรินทร์ ที่สนับสนุนงบประมาณในการร่วมการประชุมวิชาการ SDNC2025 จึงขอแสดงความขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

Al-Emran, M., & Malik, S. I. (2023). The impact of smart technologies and automation on system performance in education. Education and Information Technologies, 28, 1–20. https://doi.org/10.1007/s10639-022-11241-5

Davis, F. D. (1989). Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. MIS Quarterly, 13(3), 319–340. https://doi.org/10.2307/249008

Laudon, K. C., & Laudon, J. P. (2020). Management information systems: Managing the digital firm (16th ed.). Pearson.

Petter, S., DeLone, W., & McLean, E. (2022). The past, present, and future of the DeLone and McLean model of information systems success. Journal of Information Systems, 36(1), 1–20. https://doi.org/10.1080/0960085X.2021.1982727

Pressman, R. S., & Maxim, B. R. (2020). Software engineering: A practitioner’s approach (9th ed.). McGraw-Hill.

Venkatesh, V., Thong, J. Y. L., & Xu, X. (2022). Consumer acceptance and use of information technology: Extending the unified theory of acceptance and use of technology. MIS Quarterly, 46(2), 1–36. https://doi.org/10.25300/MISQ/2022/16474

จารุกิตติ์ สายสิงห์. (2565). การพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการกิจกรรมนักศึกษา. วารสารเทคโนโลยีสารสนเทศและการศึกษา, 10(2), 45–58.

จินตกานต์ สอนนอก. (2564). การพัฒนากิจกรรมผู้เรียนในสถานศึกษาอาชีวศึกษา. วารสารวิชาการอาชีวศึกษา, 8(1), 23–35.

ศิริลักษณ์ หวังชอบ, และคณะ. (2563). การพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการให้บริการในสถานศึกษา. วารสารเทคโนโลยีและนวัตกรรมการศึกษา, 7(2), 12–25.

การสร้างวิดีโอแบบผสมผสานด้วยเจเนอเรทีฟเอไอและโมเดล 3 มิติแบบกำหนดเอง เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้: กรณีศึกษาการละเล่นพื้นบ้านไทย “ตีวงล้อ”

Hybrid video creation using generative AI and custom 3D modeling for learning enhancement: a case study of the Thai traditional game “Ti Wong Lo”

ปราโมทย์ อบอุ่น[1] พงศภัค นิลพงศ์[1] ณัฏฐา ผิวมา[1*] และปริศนา มัชฌิมา[1]
Promote Aboun[1], Pongsapak Ninpong[1], Nattha Phiwma[1*] and Prisana Mutchima[1]

[1]คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต กรุงเทพมหานคร
[1] Faculty of Science and Technology Suan Dusit University, Bangkok
[*]Corresponding Author E-mail Address : nattha_phi@dusit.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อพัฒนาวิดีโอแบบผสมผสานโดยใช้เจเนอเรทีฟเอไอร่วมกับการออกแบบโมเดล 3 มิติแบบกำหนดเอง 2) เพื่อประเมินคุณภาพของวิดีโอในด้านเนื้อหา การออกแบบ และความน่าสนใจ และ 3) เพื่อศึกษาการความพึงพอใจของผู้ใช้ต่อวิดีโอแบบผสมผสานด้วยเจเนอเรทีฟเอไอและโมเดล 3 มิติแบบกำหนดเองเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้: กรณีศึกษาการละเล่นพื้นบ้านไทย “ตีวงล้อ” กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนระดับประถมศึกษาตอนปลาย ป.4 - ป.6 จำนวน 30 คน ซึ่งเป็นการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง เครื่องมือที่ใช้ประกอบด้วย 1) วิดีโอแบบผสมผสานด้วยเจเนอเรทีฟเอไอและโมเดล 3 มิติแบบกำหนดเองเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้: กรณีศึกษาการละเล่นพื้นบ้านไทย “ตีวงล้อ” 2) แบบประเมินคุณภาพวิดีโอแบบผสมผสานด้วยเจเนอเรทีฟเอไอและโมเดล 3 มิติแบบกำหนดเองเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้: กรณีศึกษาการละเล่นพื้นบ้านไทย “ตีวงล้อ” โดยผู้เชี่ยวชาญ และ 3) แบบประเมินความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างต่อวิดีโอแบบผสมผสานด้วยเจเนอเรทีฟเอไอและโมเดล 3 มิติแบบกำหนดเอง สถิติที่ใช้ คือ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิจัย พบว่า เจเนอเรทีฟเอไอและโมเดล 3 มิติแบบกำหนดเองสามารถนำมาใช้ในการสร้างวิดีโอแบบผสมผสานเพื่อถ่ายทอดการละเล่นพื้นบ้านของไทย “ตีวงล้อ” ได้ โดยผลการประเมินคุณภาพวิดีโอดังกล่าวจากผู้เชี่ยวชาญด้านสื่อมัลติมีเดียและการใช้เจเนอเรทีฟเอไออยู่ในระดับมาก ซึ่งมีค่าคะแนนเฉลี่ยรวมอยู่ที่ 4.37 และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.17 ผลการประเมินความพึงพอใจจากกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 30 ท่าน ต่อวิดีโอแบบผสมผสานด้วยเจเนอเรทีฟเอไอและโมเดล 3 มิติแบบกำหนดเองฯ พบว่า ความพึงพอใจในภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด โดยคะแนนเฉลี่ยรวมอยู่ที่ 4.80 และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.45

คำสำคัญ: วิดีโอแบบผสมผสาน เจเนอเรทีฟเอไอ การละเล่นพื้นบ้านไทย ตีวงล้อ โมเดล 3 มิติ

Abstract

This research aims to: (1) develop a hybrid video by integrating Generative Artificial Intelligence (Generative AI) with custom 3D modeling, (2) evaluate the quality of the video in terms of content, design, and engagement, and (3) investigate users’ satisfaction with the hybrid video developed for learning enhancement. The content of the video is based on the Thai traditional game “Ti Wong Lo.” The target group consisted of 30 upper primary school students (Grades 4–6), selected through purposive sampling. The research instruments included: (1) a hybrid video developed using Generative AI and custom 3D modeling, (2) a video quality evaluation form assessed by experts in multimedia and Generative AI, and (3) a satisfaction questionnaire administered to the participants. The data was analyzed using mean and standard deviation. The research found that generative AI and custom 3D models can be used to create multimedia videos showcasing the traditional Thai folk game "Ti Wong Lo". The video's quality, as evaluated by multimedia and generative AI experts, was rated high, with an overall average score of 4.37 and a standard deviation of 0.17. A satisfaction survey of 30 participants regarding the blended video using generative AI and custom 3D models revealed that overall satisfaction was at the highest level, with a mean score of 4.80 and a standard deviation of 0.45.

Keywords: Hybrid Video, Generative AI, Thai Traditional Games, Ti Wong Lo, 3D Modeling

บทนำ

ในยุคดิจิทัลที่เทคโนโลยีมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว การพัฒนาสื่อมัลติมีเดียเพื่อการสื่อสารและการเรียนรู้ได้ก้าวเข้าสู่มิติใหม่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการนำเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์เชิงกำเนิด (Generative Artificial Intelligence: Generative AI) มาใช้ในการสร้างเนื้อหาดิจิทัล ไม่ว่าจะเป็นภาพ เสียง หรือวิดีโอ ซึ่งช่วยลดข้อจำกัดด้านเวลา ต้นทุน และทักษะเฉพาะทางในการผลิตสื่อ (Olga et al., 2023) อย่างไรก็ตาม แม้เจเนอเรทีฟเอไอจะสามารถสร้างเนื้อหาได้อย่างรวดเร็วและหลากหลาย แต่ยังคงมีข้อจำกัดในด้านความแม่นยำของเนื้อหา ความสอดคล้องเชิงบริบท และการควบคุมรายละเอียดเชิงการออกแบบที่ตอบสนองต่อความต้องการเฉพาะของผู้สร้างสรรค์ผลงาน (Olga et al., 2023) ในขณะเดียวกัน การออกแบบและสร้างโมเดล 3 มิติ (3D Modeling) ยังคงเป็นกระบวนการสำคัญในการพัฒนาสื่อที่มีความสมจริงและสามารถสื่อสารแนวคิดเชิงนามธรรมให้เข้าใจได้ง่ายยิ่งขึ้น (Gao et al., 2022) โดยเฉพาะเมื่อผสานกับเทคโนโลยีเจเนอเรทีฟเอไอที่สามารถสร้างโมเดล 3 มิติหรือเนื้อหาภาพได้อย่างอัตโนมัติและมีคุณภาพสูง (Bensadoun, et al., 2024) อย่างไรก็ตาม การพัฒนาโมเดล 3 มิติแบบกำหนดเอง (Custom 3D Modeling) มักต้องอาศัยทักษะเฉพาะทาง เครื่องมือที่ซับซ้อน และระยะเวลาในการพัฒนา ส่งผลให้การนำไปใช้อย่างแพร่หลายยังมีข้อจำกัด

แนวคิดการสร้างสรรค์วิดีโอแบบผสมผสาน (Hybrid Video Creation) ที่บูรณาการความสามารถของเจเนอเรทีฟเอไอเข้ากับการออกแบบและสร้างโมเดล 3 มิติแบบกำหนดเอง จึงเป็นแนวทางที่น่าสนใจในการพัฒนาสื่อมัลติมีเดียให้มีทั้งประสิทธิภาพในการผลิตและคุณภาพเชิงเนื้อหา โดยการผสานจุดเด่นของ AI ในด้านการสร้างเนื้อหาอัตโนมัติ เข้ากับความสามารถของมนุษย์ใน

การออกแบบและควบคุมรายละเอียดเชิงสร้างสรรค์ อาจช่วยให้เกิดสื่อวิดีโอที่มีความสมจริง น่าสนใจ และตอบสนองต่อวัตถุประสงค์เฉพาะได้ดียิ่งขึ้น อย่างไรก็ตาม การบูรณาการระหว่างสองแนวทางดังกล่าวยังขาดการศึกษาที่เป็นระบบ โดยเฉพาะในประเด็นด้านคุณภาพของสื่อ การรับรู้ของผู้ใช้ และผลลัพธ์ทางการเรียนรู้

ดังนั้น การวิจัยนี้จึงศึกษาและพัฒนาการสร้างวิดีโอแบบผสมผสานด้วยเจเนอเรทีฟเอไอร่วมกับการออกแบบโมเดล 3 มิติแบบกำหนดเอง กรณีศึกษาการละเล่นพื้นบ้านไทย “ตีวงล้อ” เพื่อประเมินประสิทธิภาพของสื่อในมิติต่าง ๆ ได้แก่ ด้านการสื่อสารและเนื้อหา ด้านความสวยงามและการออกแบบ ความน่าสนใจและแรงจูงใจ การส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้ใช้ และความสมดุลและการผสมผสาน โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนระดับประถมศึกษา ซึ่งเป็นกลุ่มผู้ใช้ที่มีความคุ้นเคยกับสื่อดิจิทัลและสามารถสะท้อนความคิดเห็นต่อรูปแบบสื่อได้อย่างมีนัยสำคัญ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ของการวิจัย 1) เพื่อพัฒนาวิดีโอแบบผสมผสานโดยใช้เจเนอเรทีฟเอไอร่วมกับการออกแบบโมเดล 3 มิติแบบกำหนดเอง 2) เพื่อประเมินคุณภาพของวิดีโอในด้านเนื้อหา การออกแบบ และความน่าสนใจ และ 3) เพื่อศึกษาการความพึงพอใจของผู้ใช้ต่อวิดีโอแบบผสมผสานด้วยเจเนอเรทีฟเอไอและโมเดล 3 มิติแบบกำหนดเองเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้: กรณีศึกษาการละเล่นพื้นบ้านไทย “ตีวงล้อ”

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

ประชากรในการวิจัยครั้งนี้นักเรียนระดับประถมศึกษาตอนปลาย ป.4 - ป.6

กลุ่มตัวอย่าง ในครั้งนี้ได้แก่ นักเรียนระดับประถมศึกษาตอนปลาย ป.4 - ป.6 จำนวน 30 คน เป็นการเลือกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง

ผู้เชี่ยวชาญในด้านสื่อมัลติมีเดียและเจเนอเรทีฟเอไอ จำนวน 5 ท่าน

ขั้นตอนการออกแบบและพัฒนา

การวิจัยนี้ดำเนินการสร้างวิดีโอแบบผสมผสานโดยบูรณาการการใช้เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์เชิงกำเนิด (Generative AI) ร่วมกับการออกแบบและสร้างโมเดล 3 มิติแบบกำหนดเอง เรื่อง การละเล่นพื้นบ้านไทย “ตีวงล้อ” โดยมีกระบวนการผลิตคลิปวิดีโอ ประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ดังนี้

1. Pre-Production (ขั้นตอนการเตรียมการผลิต)

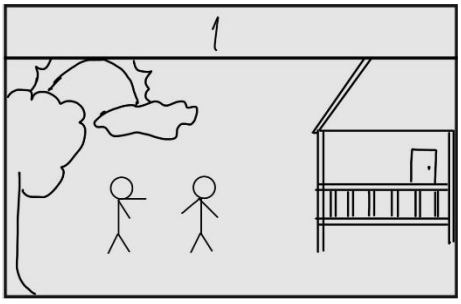
1.1 การวิเคราะห์เนื้อหาและกำหนดวัตถุประสงค์การเรียนรู้

ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์เนื้อหาที่ต้องการนำเสนอ กำหนดขอบเขตของหัวข้อ และระบุวัตถุประสงค์การเรียนรู้ให้สอดคล้องกับกลุ่มเป้าหมาย ซึ่งเป็นนักเรียนระดับประถมศึกษาตอนปลายถึงมัธยมศึกษา รวมถึงออกแบบโครงสร้างเนื้อหาให้เหมาะสมกับรูปแบบวิดีโอมัลติมีเดีย โดยโครงเรื่องจะประกอบไปด้วย การเล่าเรื่องที่บอกถึงเนื้อหาเรื่องราวทุกอย่างในวิดีโอทั้งตัวละคร ลำดับเหตุการณ์ ฉาก แนวคิดและที่สำคัญ

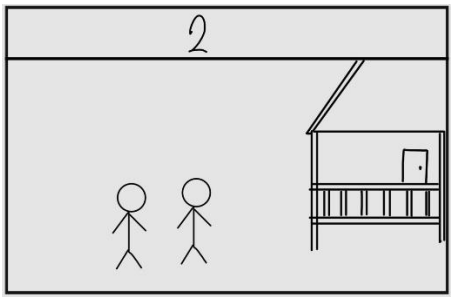
1.2 การเขียนสคริปต์ (Script) เป็นขั้นตอนในการจับใจความสำคัญของเนื้อเรื่องให้ออกมาในแต่ละฉาก พร้อมทั้งกำหนดมุมกล้อง เทคนิคพิเศษ รวมถึงระยะเวลาของการเคลื่อนไหวและการสร้างภาพให้กับตัวละคร (Characters Design)

1.3 การออกแบบบทและโครงเรื่อง เป็นการดำเนินการออกแบบลำดับเนื้อหาในรูปแบบสตอรีบอร์ด (Storyboard) โดยกำหนดฉาก ตัวละคร องค์ประกอบภาพ เสียง และลำดับการนำเสนออย่างเป็นระบบ เพื่อให้เกิดความต่อเนื่องของเนื้อหา และ

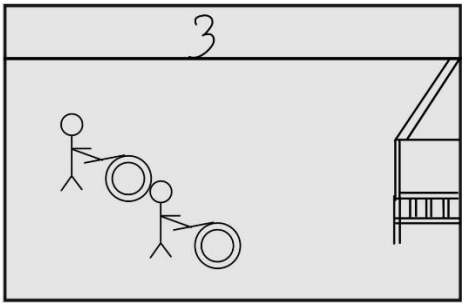
กำหนดจุดที่ใช้เจเนอเรทีฟเอไอและจุดที่ใช้โมเดล 3 มิติที่พัฒนาเองอย่างชัดเจน เป็นการใช้ภาพในการเล่าเรื่องให้ได้ครบถ้วน ทั้งเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นอารมณ์ในเหตุการณ์นั้นๆ สีหน้า ท่าทาง ลักษณะต่างๆ ของตัวละครบอกถึงสถานที่ และมุมมองของภาพ



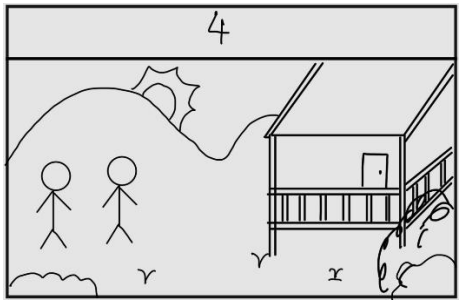
ตัวละคร ทักทายกัน



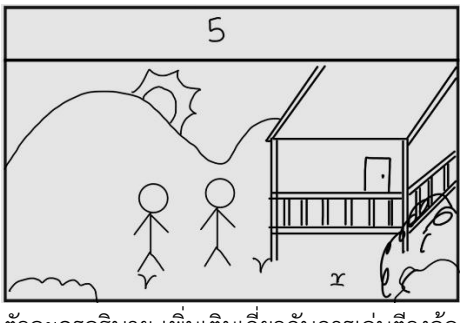
ตัวละครชวนกันเล่นตีวงล้อ
อธิบายวิธีเล่นและอุปกรณ์



ตัวละครเล่นตีวงล้อกัน



ตัวละครบอกลากัน

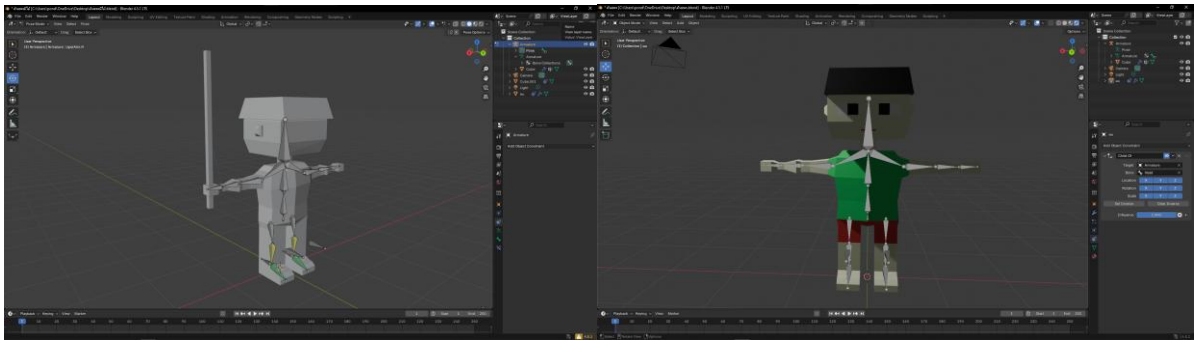


ตัวละครอธิบาย เพิ่มเติมเกี่ยวกับการเล่นตีวงล้อ

รูปที่ 1 สตอรีบอร์ดวิดีโอการละเล่นพื้นบ้านไทย “ตีวงล้อ”



รูปที่ 2 การออกแบบฉาก



รูปที่ 3 การออกแบบตัวละคร

2. Production (ขั้นตอนการผลิต)

2.1 การพัฒนาเนื้อหาด้วยเจเนอเรทีฟเอไอ

ใช้เครื่องมือเจเนอเรทีฟเอไอในการสร้างองค์ประกอบของสื่อ ได้แก่

(1) การสร้างบทบรรยายหรือสคริปต์

(2) การสร้างภาพ ฉาก หรือองค์ประกอบกราฟิก

(3) การสร้างเสียงบรรยายหรือเสียงประกอบ โดยมีการตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหา ความเหมาะสมของภาษา และความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้

2.2 การออกแบบและสร้างโมเดล 3 มิติแบบกำหนดเอง

ดำเนินการออกแบบและพัฒนาโมเดล 3 มิติให้สอดคล้องกับเนื้อหา โดยใช้ซอฟต์แวร์สำหรับการสร้างแบบจำลองสามมิติ ซึ่งครอบคลุมขั้นตอนการสร้างรูปทรง (Modeling) การกำหนดพื้นผิว (Texturing) และการกำหนดการเคลื่อนไหว (Animation) เพื่อให้โมเดลมีความสมจริงและสามารถสื่อสารเนื้อหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.3 การบูรณาการสื่อ (Integration Process)

นำองค์ประกอบที่ได้จากเจเนอเรทีฟเอไอและโมเดล 3 มิติมาผสานรวมกันในรูปแบบวิดีโอ โดยใช้โปรแกรมตัดต่อวิดีโอและเครื่องมือด้านมัลติมีเดีย เพื่อจัดองค์ประกอบภาพ เสียง และจังหวะการนำเสนอให้มีความกลมกลืน (Coherence) และสอดคล้องกับสตอรี่บอร์ดที่กำหนดไว้

3. Post-Production (ขั้นตอนหลังการผลิต)

3.1 การนำเสนอวิดีโอแบบผสมผสานด้วยเจเนอเรทีฟเอไอและโมเดล 3 มิติแบบกำหนดเอง เรื่อง การละเล่นพื้นบ้านไทย “ตีวงล้อ” ให้กับผู้เชี่ยวชาญเพื่อตรวจสอบคุณภาพและรับข้อเสนอแนะ

3.2 ปรับปรุงวิดีโอตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

3.3 นำวิดีโอที่พัฒนาแล้วไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง และดำเนินการประเมินผลในด้านการรับรู้ ความพึงพอใจ และประสิทธิภาพการเรียนรู้ โดยใช้แบบประเมินและแบบทดสอบที่พัฒนาขึ้น เพื่อนำข้อมูลไปวิเคราะห์และสรุปผลการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย

1) วิดีโอแบบผสมผสานด้วยเจเนอเรทีฟเอไอและโมเดล 3 มิติแบบกำหนดเองเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้: กรณีศึกษาการละเล่นพื้นบ้านไทย “ตีวงล้อ”

2) แบบประเมินคุณภาพวิดีโอแบบผสมผสานด้วยเจเนอเรทีฟเอไอและโมเดล 3 มิติแบบกำหนดเองเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้: กรณีศึกษาการละเล่นพื้นบ้านไทย “ตีวงล้อ” โดยผู้เชี่ยวชาญ

3) แบบประเมินความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างที่มีต่อวิดีโอแบบผสมผสานด้วยเจเนอเรทีฟเอไอและโมเดล 3 มิติแบบกำหนดเองเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้: กรณีศึกษาการละเล่นพื้นบ้านไทย “ตีวงล้อ” ที่ประเมินโดยกลุ่มเป้าหมาย สถิติที่ใช้คือ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลความพึงพอใจต่อคลิปวิดีโอแบบผสมผสานด้วยเจเนอเรทีฟเอไอและโมเดล 3 มิติแบบกำหนดเองเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้: กรณีศึกษาการละเล่นพื้นบ้านไทย “ตีวงล้อ” ในรูปแบบออนไลน์ผ่าน Google Form โดยให้

1) การประเมินคุณภาพวิดีโอแบบผสมผสานด้วยเจเนอเรทีฟเอไอและโมเดล 3 มิติแบบกำหนดเอง

1.1) นำวิดีโอแบบผสมผสานด้วยเจเนอเรทีฟเอไอและโมเดล 3 มิติแบบกำหนดเองเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้: กรณีศึกษาการละเล่นพื้นบ้านไทย “ตีวงล้อ” เปิดให้ผู้เชี่ยวชาญด้านสื่อมัลติมีเดียและเจเนอเรทีฟเอไอประเมิน

1.2) ขอคำแนะนำและประเมินคุณภาพวิดีโอแบบผสมผสานด้วยเจเนอเรทีฟเอไอและโมเดล 3 มิติแบบกำหนดเองเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้: กรณีศึกษาการละเล่นพื้นบ้านไทย “ตีวงล้อ” จากผู้เชี่ยวชาญในด้านสื่อมัลติมีเดียและเจเนอเรทีฟเอไอ

1.3) รวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

2) การประเมินความพึงพอใจวิดีโอแบบผสมผสานด้วยเจเนอเรทีฟเอไอและโมเดล 3 มิติแบบกำหนดเอง

2.1) ชี้แจงเกี่ยวกับวิดีโอแบบผสมผสานด้วยเจเนอเรทีฟเอไอและโมเดล 3 มิติแบบกำหนดเองเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้: กรณีศึกษาการละเล่นพื้นบ้านไทย “ตีวงล้อ”

2.2) ดำเนินการเปิดวิดีโอแบบผสมผสานด้วยเจเนอเรทีฟเอไอและโมเดล 3 มิติแบบกำหนดเองเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้: กรณีศึกษาการละเล่นพื้นบ้านไทย “ตีวงล้อ” ให้ผู้ประเมินได้รับชม

2.3) ทำการประเมินออนไลน์ผ่าน Google Form หลังจากได้รับชมวิดีโอแบบผสมผสานด้วยเจเนอเรทีฟเอไอและโมเดล 3 มิติแบบกำหนดเองเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้: กรณีศึกษาการละเล่นพื้นบ้านไทย “ตีวงล้อ” โดยกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนระดับประถมศึกษาตอนปลาย ป.4 - ป.6 จำนวน 30 คน

2.4) รวบรวมข้อมูลทั้งหมดและวิเคราะห์โดยวิธีการทางสถิติ

การวิเคราะห์ข้อมูล

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลความพึงพอใจต่อการสร้างวิดีโอแบบผสมผสานด้วยเจเนอเรทีฟเอไอและโมเดล 3 มิติแบบกำหนดเองเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้: กรณีศึกษาการละเล่นพื้นบ้านไทย “ตีวงล้อ”ได้แก่ การหาค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D) และนำค่าเฉลี่ยที่ได้มาวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยใช้เกณฑ์การประเมินเป็นแบบมาตราส่วน ประมาณค่า (Rating Scale) มาเปรียบเทียบกับเกณฑ์ ดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด, 2554)

ค่าเฉลี่ย ระดับการประเมินความพึงพอใจ

4.51 - 5.00 พอใจมากที่สุด

3.51 – 4.50 พอใจมาก

2.51 – 3.50 พอใจปานกลาง

1.51 – 2.50 พอใจน้อย

1.00 – 1.50 พอใจน้อยที่สุด

ในการแปลผลการหาค่าเฉลี่ยของแบบประเมินคุณภาพการสร้างวิดีโอแบบผสมผสานด้วยเจเนอเรทีฟเอไอและโมเดล 3 มิติแบบกำหนดเองเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้: กรณีศึกษาการละเล่นพื้นบ้านไทย “ตีวงล้อ แปลผลตามค่าเฉลี่ย ดังนี้

4.51 – 5.00 มีความเหมาะสมระดับมากที่สุด

3.51 – 4.50 มีความเหมาะสมในระดับมาก

2.51 – 3.50 มีความเหมาะสมในระดับปานกลาง

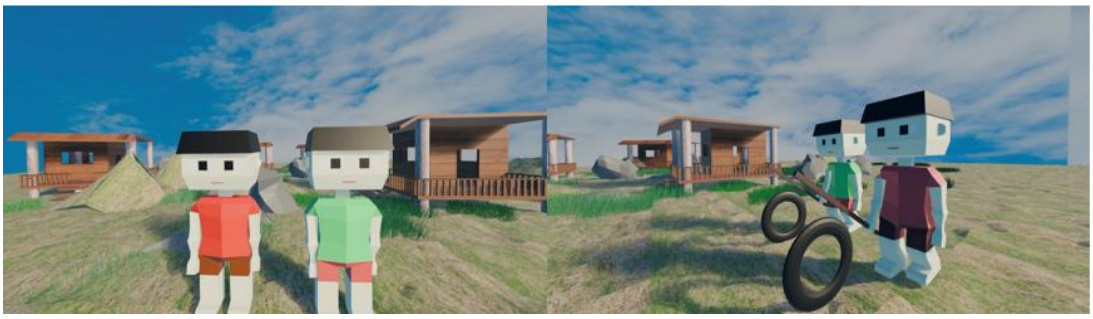
1.51 – 2.50 มีความเหมาะสมในระดับน้อย

0.51 – 1.50 มีความเหมาะสมในระดับน้อยที่สุด

ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

ผู้วิจัยได้สร้างวิดีโอแบบผสมผสานด้วยเจเนอเรทีฟเอไอและโมเดล 3 มิติแบบกำหนดเองเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้: กรณีศึกษาการละเล่นพื้นบ้านไทย “ตีวงล้อ” สรุปได้ดังนี้

1. วิดีโอแบบผสมผสานด้วยเจเนอเรทีฟเอไอและโมเดล 3 มิติแบบกำหนดเองเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้: กรณีศึกษาการละเล่นพื้นบ้านไทย “ตีวงล้อ”



รูปที่ 4 โมเดล 3 มิติแบบกำหนดเอง



รูปที่ 5 โมเดล 3 มิติสร้างจากเจเนอเรทีฟเอไอ



รูปที่ 6 ภาพจากคลิปวิดีโอแบบผสมผสานด้วยเจเนอเรทีฟเอไอและโมเดล 3 มิติแบบกำหนดเองฯ

2. ผลการประเมินคุณภาพวิดีโอจากผู้เชี่ยวชาญเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านสื่อมัลติมีเดียและการใช้ เจเนอเรทีฟเอไอ จำนวน 5 ท่าน ต่อวิดีโอแบบผสมผสานด้วยเจเนอเรทีฟเอไอและโมเดล 3 มิติแบบกำหนดเองฯ ประกอบไปด้วย โดยมีผลการประเมินดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านสื่อมัลติมีเดียและการใช้ เจเนอเรทีฟเอไอ

รายการประเมิน	ผลการประเมิน	
	$\bar{x}$	S.D.
ด้านการสื่อสารและเนื้อหา	4.35	0.54
ด้านความสวยงามและการออกแบบ	4.50	0.55
ความน่าสนใจและแรงจูงใจ	4.10	0.77
ด้านความกลมกลืนทางทัศนศิลป์	4.20	0.45
ด้านเทคนิคและการประมวลผล	4.47	0.57
ด้านการสื่อสารและนวัตกรรม	4.60	0.51
ความพึงพอใจโดยรวม	**4.37**	**0.17**

ตารางที่ 1 สรุปได้ว่า ผลการประเมินคุณภาพวิดีโอจากผู้เชี่ยวชาญด้านสื่อมัลติมีเดียและการใช้เจเนอเรทีฟเอไออยู่ในระดับค่อนข้างสูงทุกด้าน โดยคะแนนเฉลี่ยภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$ = 4.37, S.D. = 0.17) แสดงว่าผลประเมินค่อนข้างสม่ำเสมอ ประเด็นที่ได้คะแนนสูงสุด คือ ด้านการสื่อสารและนวัตกรรมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.60, S.D. = 0.51) รองลงมาคือ ด้านความสวยงามและการออกแบบอยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$ = 4.50, S.D. = 0.55) ด้านเทคนิคและการประมวลผลอยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$= 4.47, S.D. = 0.57) และด้านการสื่อสารและเนื้อหาอยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$= 4.35, S.D. = 0.54) ส่วนด้านที่ได้คะแนนต่ำสุด คือ ความน่าสนใจและแรงจูงใจอยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$= 4.10, S.D. = 0.77) สรุปได้ว่า ผลงานในตารางนี้ได้รับการประเมินเชิงบวกจากผู้เชี่ยวชาญ โดยเด่นในเรื่องการสื่อสาร นวัตกรรม และการออกแบบ ซึ่งผู้เชี่ยวชาญมีข้อเสนอแนะที่ควรระวังในการใช้ AI ร่วมกับ 3D Modeling คือ ความสมจริงของโมเดลยังต้องมีการตรวจแก้ด้วยมนุษย์ เพราะ AI อาจสร้างสัดส่วนหรือรายละเอียดที่ดูคลาดเคลื่อนจากความเป็นจริงได้ เช่น ขนาดและสัดส่วนของชิ้นส่วนต่าง ๆ รวมถึงการตีวงล้อที่ยังไม่สมจริงนัก อีกประเด็น คือ ความแม่นยำด้านขนาด หากเป็น AI ที่สร้างจากข้อความหรือข้อมูลเชิงสร้างสรรค์ มักไม่ได้อ้างอิงหน่วยวัดจริงโดยตรง จึงทำให้ต้องปรับสเกลและตรวจสอบความสัมพันธ์ขององค์ประกอบก่อนนำไปใช้งานจริง ในด้านเสียงพากย์ พบว่ายังมีความไม่เป็นธรรมชาติและอาจมีความผิดพลาดบางช่วง โดยเฉพาะการถ่ายทอดอารมณ์และความลื่นไหลของเสียงตัวละคร ซึ่งเป็นข้อจำกัดที่พบได้บ่อยในเสียงที่สร้างด้วย AI

นอกจากนี้ หากต้องการคงคุณค่าทางวัฒนธรรม ควรระวังไม่ให้การใช้ AI ไปลดบทบาทของการละเล่นพื้นบ้านจนเกินไป โดยในช่วงท้ายของเรื่องควรเน้นการใช้การละเล่นพื้นบ้านให้ชัดเจนและสอดคล้องกับงานเพื่อให้มีความถูกต้องและเป้าหมายด้านการอนุรักษ์การละเล่นไทย

2. ผลการประเมินจากนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษา จำนวน 30 ท่าน ต่อวิดีโอแบบผสมผสานด้วยเจเนอเรทีฟเอไอและโมเดล 3 มิติแบบกำหนดเองฯ ประกอบไปด้วย โดยมีผลการประเมินดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการประเมินจากนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาต่อวิดีโอแบบผสมผสานด้วยเจเนอเรทีฟเอไอและโมเดล 3 มิติแบบกำหนดเองฯ

รายการประเมิน	ผลการประเมิน	
	$\bar{x}$	S.D.
ด้านการสื่อสารและเนื้อหา	4.50	0.68
ด้านความสวยงามและการออกแบบ	4.40	0.68
ความน่าสนใจและแรงจูงใจ	4.50	0.70
การเรียนรู้	4.60	0.78
ความสมดุลและการผสมผสาน	4.40	0.91
ความพึงพอใจภาพรวม	**4.80**	**0.45**

จากตารางที่ 2 ผลการประเมินจากนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษา จำนวน 30 ท่าน ต่อวิดีโอแบบผสมผสานด้วยเจเนอเรทีฟเอไอและโมเดล 3 มิติแบบกำหนดเองฯ จำนวน 30 คน พบว่า ความพึงพอใจในภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$= 4.80, S.D. = 0.45) โดยด้านการเรียนรู้อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.60, S.D. = 0.78) รองลงมาความพึงพอใจในระดับมาก คือ ด้านการสื่อสารและเนื้อหา ($\bar{x}$ = 4.50, S.D. = 0.68) และความน่าสนใจและแรงจูงใจ ($\bar{x}$ = 4.50, S.D. = 0.70) ส่วนด้านความสวยงามและการออกแบบอยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$ = 4.40, S.D. = 0.68) และความสมดุลและการผสมผสานอยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$= 4.40, S.D. = 0.91) ซึ่งโดยรวมแสดงให้เห็นว่าสื่อการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นได้รับการยอมรับและประเมินผลในเกณฑ์ที่ดีในทุกด้าน

การอภิปรายผล

ผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญด้านสื่อมัลติมีเดียและการใช้เจเนอเรทีฟเอไอ ทั้ง 5 ท่าน พบว่าวิดีโอแบบผสมผสานด้วยเจเนอเรทีฟเอไอและโมเดล 3 มิติแบบกำหนดเองได้รับการประเมินในภาพรวมอยู่ในระดับดี ($\bar{x}$ = 4.37, S.D. = 0.17) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Bahmani et al. (2023), Chan et al. (2023) และ Shi et al. (2024) ที่พบว่าเทคโนโลยีเจเนอเรทีฟเอไอ สามารถนำมาผสานกับโมเดล 3 มิติ เพื่อสร้างสื่อมัลติมีเดียที่มีความสมจริง มีความต่อเนื่องของภาพเคลื่อนไหว และช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตสื่อดิจิทัลได้อย่างมีนัยสำคัญ" และสอดคล้องกับงานวิจัยของ อัจฉริยพงศ์ จันทร์คลัง และเนติรัฐ วีระนาคินทร์ (2562) ที่ได้ทำการประเมินคุณภาพของสื่อแอนิเมชันเพื่อการศึกษาโดยผู้เชี่ยวชาญ วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และประเมินความพึงพอใจที่มีต่อสื่อ สะท้อนให้เห็นว่าการพัฒนาสื่อมัลติมีเดียที่บูรณาการเทคโนโลยีดิจิทัลสมัยใหม่สามารถผ่านการยอมรับจากผู้เชี่ยวชาญได้ในเกณฑ์ดี ในด้านความสวยงามและการออกแบบ ซึ่งได้รับคะแนนสูงถึง 4.50 นั้น สะท้อนว่าการนำโมเดล 3 มิติแบบกำหนดเองมาผสมผสานกับเจเนอเรทีฟเอไอช่วยยกระดับคุณภาพภาพและการออกแบบได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ศุภชัย แซ่ฉิน และแพรตะวัน จารุตัน (2565) ที่พัฒนาการ์ตูนแอนิเมชัน 3 มิติ เรื่อง การผลิตฉนวนกันความร้อนจากเส้นใยสับปะรด สามารถใช้เป็นสื่อเผยแพร่กระบวนการผลิตฉนวนกันความร้อนจากเส้นใยสับปะรดได้จริงตามวัตถุประสงค์ เป็นสื่อที่มีประสิทธิภาพอยู่ในระดับมากที่สุด

อย่างไรก็ดี ผู้เชี่ยวชาญได้ให้ข้อสังเกตสำคัญเกี่ยวกับความสมจริงของโมเดล 3 มิติและความเป็นธรรมชาติของเสียงพากย์ที่สร้างด้วย AI ซึ่งยังต้องการการตรวจแก้โดยมนุษย์ ข้อค้นพบนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ ที่พัฒนาบทเรียนการ์ตูนแอนิเมชันโดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามหลักการพัฒนาสมองเป็นฐาน พบว่าองค์ประกอบด้านตัวละคร ฉาก และเสียงบรรยายมีความสำคัญต่อความเหมาะสมกับกลุ่มเป้าหมายและส่งผลต่อประสิทธิผลของสื่อโดยตรง

สำหรับผลการประเมินจากนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษา 30 คน พบว่าความพึงพอใจในภาพรวมอยู่ในระดับดีมาก ($\bar{X}$ = 4.80, S.D. = 0.45) ด้านการเรียนรู้อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$= 4.60, S.D. = 0.78) ผลดังกล่าวสอดคล้องกับงานวิจัยของ วุฒิไกร พิมพขันธ์, ภัสสร ปัทวงค์ และอภิรดี เดชพงษ์สัมฤทธิ์ (2564) ที่ออกแบบและพัฒนาสื่อแอนิเมชัน 3 มิติ เพื่อส่งเสริมจิตสำนึกการอนุรักษณ์ช้างไทย พบว่าความพึงพอใจโดยรวมของผู้ชมสื่อการ์ตูนแอนิเมชันอยู่ในระดับมากที่สุด ค่าเฉลี่ย 4.29 สะท้อนให้เห็นว่าสื่อแอนิเมชันที่มีคุณภาพสามารถดึงดูดความสนใจและสร้างความพึงพอใจในการเรียนรู้ของนักเรียนได้ในระดับสูง

ในด้านการอนุรักษ์วัฒนธรรมการละเล่นพื้นบ้านของไทยผ่านเทคโนโลยี ผลการวิจัยสอดคล้องกับงานวิจัยของ พจน์ศิรินทร์ ลิมปินันทน์ (2558) ที่สร้างสรรค์นิทานพื้นบ้านไทยในรูปแบบการ์ตูนแอนิเมชันสู่ชุมชน พบว่า คุณครูโรงเรียนบ้านหนองจิกท่าแร่ได้รับประโยชน์จากผลงานสร้างสรรค์นิทานพื้นบ้านไทยในรูปแบบการ์ตูนแอนิเมชันโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.59, S.D. = 0.56) ครูและนักเรียนโรงเรียนบ้านหนองจิกท่าแร่มีความพึงพอใจต่อผลงานสร้างสรรค์นิทานพื้นบ้านไทยในรูปแบบการ์ตูนแอนิเมชันโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$= 4.80, S.D. = 0.40) และนักศึกษามีความพึงพอใจต่อกิจกรรมการเผยแพร่ผลงานสร้างสรรค์นิทานพื้นบ้านไทยในรูปแบบการ์ตูนแอนิเมชันผลงานสร้างสรรค์ โดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$= 4.54, S.D. = 0.29) นอกจากนี้ วรลักษณ์ หิมะกลัส (2566) ได้ทบทวนวรรณกรรมด้วยการใช้ AI ในการศึกษา พบว่า AI มีศักยภาพในการปรับปรุงการสอนและสร้างประสบการณ์การเรียนรู้ที่ดีขึ้น โดยสามารถปรับปรุงเนื้อหาการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับระดับความเข้าใจของนักเรียนแต่ละคน แสดงให้เห็นว่าการบูรณาการเจเนอเรทีฟเอไอเข้ากับสื่อแอนิเมชัน 3 มิติในงานวิจัยนี้เป็นแนวทางที่สอดรับกับทิศทางการพัฒนาสื่อการศึกษาของไทยในยุคดิจิทัล และมีศักยภาพในการถ่ายทอดคุณค่าทางวัฒนธรรมการละเล่นพื้นบ้านไทยให้แก่เยาวชนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

บทสรุป

การวิจัยครั้งนี้พัฒนาวิดีโอแบบผสมผสานด้วยเจเนอเรทีฟเอไอและโมเดล 3 มิติแบบกำหนดเองเพื่อถ่ายทอดการละเล่นพื้นบ้านของไทย โดยผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญด้านสื่อมัลติมีเดียและการใช้ เจเนอเรทีฟเอไอ จำนวน 5 ท่าน พบว่าสื่อได้รับการประเมินในภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$= 4.37, S.D. = 0.17) โดยด้านการสื่อสารและนวัตกรรมได้รับคะแนนสูงสุด ($\bar{x}$= 4.60) และผลการประเมินจากนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาจำนวน 30 คน พบว่าความพึงพอใจในภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.80, S.D. = 0.45) ทั้งนี้ ผู้เชี่ยวชาญได้ให้ข้อเสนอแนะให้ระมัดระวังในเรื่องความสมจริงของโมเดล ความแม่นยำด้านขนาด และความเป็นธรรมชาติของเสียงพากย์ที่สร้างด้วย AI รวมถึงควรคงบทบาทของการละเล่นพื้นบ้านไว้อย่างชัดเจนเพื่อรักษาคุณค่าทางวัฒนธรรมไทย จุดเด่นของการผสมผสานเทคนิคในผลงานนี้ คือ การบูรณาการเนื้อหาที่มีคุณภาพเข้ากับการเล่าเรื่องผ่านตัวละครเด็กที่มีลักษณะสดใสและมีชีวิตชีวา ซึ่งช่วยสร้างความน่าสนใจและทำให้กลุ่มเป้าหมายคือเด็กประถมศึกษาสามารถเข้าถึงวิดีโอได้ง่าย และมีการประยุกต์ใช้ปัญญาประดิษฐ์ในการสร้างสรรค์ผลงาน ทำให้กระบวนการผลิต

มีความทันสมัยและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ขณะเดียวกันผลงานยังมีบทบาทในการอนุรักษ์และสืบสานการละเล่นพื้นบ้านไทยให้คงอยู่ในรูปแบบที่เหมาะสมกับบริบทของผู้เรียนในปัจจุบัน

จากความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อสื่อวิดีโอแบบผสมผสานด้วยเจเนอเรทีฟเอไอและโมเดล 3 มิติ พบว่านักเรียนให้การตอบรับในเชิงบวกในหลายมิติ โดยประเด็นที่ได้รับการกล่าวถึงมากที่สุด คือ ความสวยงามและความชัดเจนของภาพ ตลอดจนการออกแบบตัวละครสามมิติที่มีความหลากหลายและมีเอกลักษณ์เฉพาะตัว ซึ่งช่วยดึงดูดความสนใจของผู้เรียนได้เป็นอย่างดี นอกจากนี้ นักเรียนยังแสดงความพึงพอใจต่อการนำเสนอเนื้อหาที่เข้าใจง่าย มีความสนุกสนาน และสามารถถ่ายทอดการละเล่นพื้นบ้านของไทยได้อย่างชัดเจน สะท้อนให้เห็นว่าการบูรณาการเทคโนโลยีเจเนอเรทีฟเอไอเข้ากับการสร้างโมเดล 3 มิติแบบกำหนดเองมีศักยภาพในการพัฒนาสื่อการเรียนรู้ที่ตอบสนองต่อความต้องการของผู้เรียนในยุคดิจิทัล และสามารถนำไปประยุกต์ใช้เพื่อการอนุรักษ์และเผยแพร่วัฒนธรรมการละเล่นพื้นบ้านไทยให้แก่เยาวชนได้อย่างมีประสิทธิภาพ จุดที่ควรปรับปรุงของสื่อวิดีโอ สามารถสรุปประเด็นสำคัญได้ดังนี้ นักเรียนส่วนหนึ่งแสดงความต้องการให้สื่อมีความยาวมากขึ้น เนื่องจากเนื้อหาที่นำเสนออยู่ในระดับที่น่าสนใจและกระตุ้นให้ผู้เรียนอยากติดตามชมต่อเนื่อง นอกจากนี้ยังพบข้อสังเกตด้านคุณภาพทางเทคนิค ได้แก่ ความลื่นไหลของภาพเคลื่อนไหวที่ยังไม่ได้มาตรฐานเพียงพอ ความต่อเนื่องของการเคลื่อนไหวของตัวละครที่ยังมีความขาดช่วง รวมถึงการบรรยายเสียงในช่วงท้ายของสื่อที่มีความติดขัดในบางจุด ซึ่งอาจส่งผลต่อประสบการณ์การรับชมโดยรวม

เอกสารอ้างอิง

บุญชม ศรีสะอาด. (2554). การวิจัยเบื้องต้น . พิมพ์ครั้งที่ 9. กรุงเทพฯ : สุวีริยาสาส์น.

พจน์ศิรินทร์ ลิมปินันทน์. (2558). การเผยแพร่ผลงานสร้างสรรค์นิทานพื้นบ้านไทยในรูปแบบการ์ตูนแอนิเมชันสู่ชุมชน. วารสารวิจัยเพื่อพัฒนาสังคมและชุมชน มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม. 2(2): 134-142.

วรลักษณ์ หิมะกลัส. (2566). การทบทวนวรรณกรรม AI ในการศึกษา. รายงานวิจัยของสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.).

ศุภชัย แซ่ฉิน และแพรตะวัน จารุตัน. (2565). การพัฒนาการ์ตูนแอนิเมชัน 3 มิติ เรื่อง การผลิตฉนวนกันความร้อนจากเส้นใยสับปะรด. วารสารวิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย. 2(1): 12-23.

อัจฉริยพงศ์ จันทร์คลัง และเนติรัฐ วีระนาคินทร์. (2562). การพัฒนาแอนิเมชัน 2 มิติ กลอนลำอีสาน โดยใช้การออกแบบแบบมีส่วนร่วม. วารสารบัณฑิตศึกษาปริทรรศน์ วิทยาลัยสงฆ์นครสวรรค์. 7(2): 71 – 82.

Bahmani, S., et al. (2023). 3D-aware video generation. Transactions on Machine Learning Research. https://arxiv.org/pdf/2206.14797.

Bensadoun, R., et al. (2024). Meta 3D Gen. https://arxiv.org/pdf/2407.02599.

Chan, E., et al. (2023). Generative novel view synthesis with 3D-aware diffusion models. https://arxiv.org/pdf/2304.02602.

Gao, J., et al. (2022). GET3D: A generative model of high quality 3D textured shapes learned from images. 36th Conference on Neural Information Processing Systems (NeurIPS 2022).

Olga, A., et al. (2023). Generative AI: Implications and applications for education. https://arxiv.org/pdf/2305.07605.

Shi, M., et al. (2024). Generating diverse clothed 3D human animations via a generative model. Computational Visual Media. 10(2): 261-277.

A Lightweight Hand Gesture-Based Digital Signage Control System Using Media Pipe

Thawatchai Sarawong[1], Piya Thirapanmetee[1], Orasa Patsadu[1] and Sureeporn Nualnim[1*]

[1]Department of Computer Science, Rajamangala University of Technology Krungthep, Bangkok, Thailand
**Corresponding Author E-mail Address: sureeporn.n@mail.rmutk.ac.th*

Abstract

This paper presents a lightweight hand gesture-based digital signage control system using MediaPipe and rule-based gesture classification for contactless interaction in public environments. The proposed system utilizes hand landmark detection and predefined finger-state patterns to recognize gestures in real time without requiring machine learning model training or specialized hardware. The system was implemented using Python, MediaPipe, and OpenCV, and evaluated under varying user-to-camera distances and image-based brightness conditions. Experimental results showed that the proposed system achieved its highest recognition performance at a distance of 1 m and brightness levels between 101 – 150, reaching an average recognition rate of 91.0%. In addition, real-world deployment results demonstrated increased user engagement compared with conventional digital signage systems. The proposed system provides a low-cost and computationally efficient solution for practical touchless interaction applications in public environments.

Keywords: Hand gesture recognition, Media Pipe, Digital signage, Lightweight system

Introduction

In recent years, gesture-based interaction has become an essential component of contactless interfaces, particularly in public environments where hygiene, usability, and safe human–computer interaction are critical concerns. The COVID-19 pandemic further accelerated the demand for touch-free interaction systems, increasing interest in alternative interaction methods that reduce physical contact with shared surfaces. Gesture-based interaction enables users to interact naturally through hand movements without relying on conventional input devices such as keyboards, mice, or touchscreens (Modaberi, 2024). In particular, gesture-based interaction has gained increasing attention in digital signage systems and public display applications, where users must interact with shared interfaces safely and conveniently.

Recent advances in computer vision have enabled the practical implementation of gesture recognition systems, particularly through the development of MediaPipe for robust and efficient hand landmark detection. Many recent studies primarily focus on vision-based techniques using the MediaPipe framework

in interactive systems. MediaPipe supports accurate detection of up to 21 hand landmarks using standard webcams, eliminating the need for specialized hardware while simplifying feature extraction. For example, Poojitha et al. (2026) developed a real-time hand gesture recognition system using MediaPipe, OpenCV, and Python to classify gestures such as thumbs-up and fist gestures from webcam input. Their system demonstrated low-latency interaction and highlighted the potential of MediaPipe-based approaches for natural human–computer interaction in applications such as assistive technology, robotics, and gaming. As a result, MediaPipe has been widely adopted in gesture recognition and contactless interaction applications (Putri et al., 2025).

While some studies incorporate machine learning techniques to enhance system robustness, lightweight approaches remain attractive for deployment-oriented systems with limited computational resources. To further reduce computational complexity, rule-based approaches have been explored as lightweight alternatives to machine learning models. Several studies have used hand landmark features derived from MediaPipe and applied predefined conditions to classify gestures without requiring model training (Mary et al., 2024). For example, Vaishnavi et al. (2022) used MediaPipe with image processing techniques to recognize hand gestures based on finger positions and angles, demonstrating the effectiveness of rule-based classification for interactive applications. These approaches provide efficient processing while maintaining stable recognition performance under varying environmental conditions.

In contrast, deep learning-based techniques have been widely explored to improve recognition accuracy and support more complex gesture patterns. For example, Adsul et al. (2025) employed Convolutional Neural Networks (CNNs) to extract spatial features, such as finger spacing and joint angles, for gesture classification. Similarly, Meng et al. (2024) introduced FingerNet, an enhanced ResNet-16 architecture with Triplet Loss, enabling flexible gesture representation without full retraining. Furthermore, Li and Hsieh (2025) employed a Transformer-based model to classify dynamic gestures with high accuracy. Although these approaches achieve high classification performance, they generally require substantial computational resources, large annotated datasets, or increased model complexity.

Beyond recognition performance, gesture recognition has also been applied to various interactive applications. Prongnuch et al. (2025) developed a system that combines face and hand-gesture recognition for access control, while Swathi et al. (2025) used MediaPipe and Support Vector Machines (SVMs) to map gestures to media control commands. Similarly, Vaishnavi et al. (2022) developed a real-time hand gesture recognition system using MediaPipe, OpenCV, and SVM classification to interpret hand gestures for touchless interaction applications. Their system analyzed finger positions and palm angles from webcam input and demonstrated the potential of gesture-based interfaces for gaming, machine control, and assistive technologies. These studies demonstrate the growing adoption of gesture recognition in practical interactive systems.

Despite these advancements, most existing studies primarily focus on gesture recognition performance in controlled environments and do not adequately address integration into real-world interactive systems. In particular, limited attention has been given to deployment-oriented digital signage applications, where environmental factors such as user distance and image-based brightness significantly influence system performance (Chen et al., 2009). To address these limitations, this study proposes a lightweight hand gesture-based digital signage control system using MediaPipe landmarks and rule-based classification. The proposed system analyzes fingertip positions and joint coordinates to enable efficient contactless interaction while maintaining low computational overhead.

The main contributions of this study are summarized as follows:

1. A lightweight hand gesture interaction framework using MediaPipe landmarks and rule-based classification for contactless digital signage control.
2. Integration of hand gesture interaction into a digital signage control system to support practical contactless user interaction in public environments.
3. Systematic evaluation of system performance under varying user distances and image-based brightness conditions to analyze factors affecting real-world deployment performance.

This paper is organized as follows. Section 2 describes the materials and methods used in the proposed system. Section 3 presents the experimental results and discussion, including performance evaluation under different environmental conditions. Finally, Section 4 concludes the paper and outlines possible future work.

Materials and Methods

System Overview

The proposed system is designed as a real-time hand gesture-based digital signage control system for contactless interaction in public environments. The system enables users to control digital signage content through predefined hand gestures captured by a webcam. As shown in Figure 1, the overall system consists of three main components: input, processing, and output.

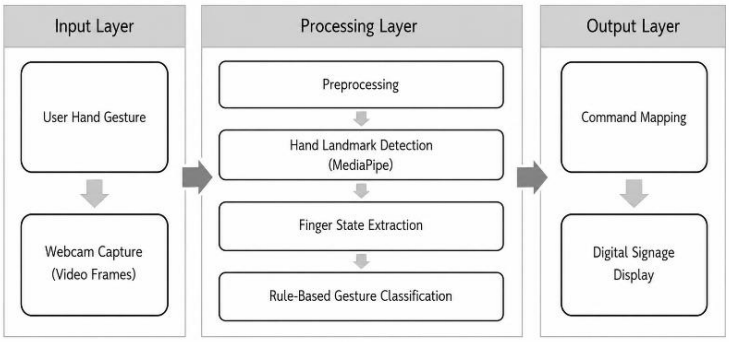


Figure 1 Overall architecture of the proposed hand gesture-based digital signage system.

In the input layer, video frames are captured using a standard webcam under varying user distances and environmental lighting conditions. During the processing layer, the captured frames undergo preprocessing and hand landmark detection using MediaPipe and OpenCV. The detected landmarks are then analyzed in the finger state extraction stage to determine whether each finger is extended or folded based on fingertip and joint positions. Subsequently, a rule-based gesture classification process is applied to recognize predefined gestures and map them to digital signage control commands. Finally, the output layer sends the corresponding commands to the digital signage display for contactless interaction and media control.

Hardware and Software Environment

1) Hardware Environment

The proposed hand gesture-based digital signage system is deployed within a hardware environment consisting of a standard personal computer and a Full HD webcam (1920 × 1080 resolution) for real-time video capture. This setup is integrated with a dedicated display unit to facilitate seamless digital signage interaction and content management.

2) Software Environment

The system was developed using Python, leveraging MediaPipe for robust hand landmark detection and OpenCV for real-time image processing and video handling. The graphical user interface (GUI) was implemented using PyQt5, while NumPy was utilized for efficient numerical computation and coordinate processing. The entire system was designed to operate on Windows OS without requiring specialized hardware or GPU acceleration, thereby ensuring low-cost deployment and broad accessibility.

Hand Landmark Detection and Preprocessing

The proposed system captures continuous video frames from a standard Full HD webcam with a resolution of 1920 × 1080 pixels to support hand gesture interaction. During operation, sequential image frames are continuously acquired and used as the primary input for subsequent processing stages. Before performing hand landmark detection, each captured frame undergoes preprocessing to improve interaction usability and ensure compatibility with the MediaPipe framework. The input frames are horizontally flipped to provide a mirror-like interaction experience for users and converted from the BGR color space to RGB format for correct processing within MediaPipe.

After preprocessing, the frames are processed using MediaPipe for hand region detection and landmark extraction. MediaPipe detects and extracts 21 hand landmarks represented by three-dimensional coordinates (x, y, z). These landmarks correspond to key positions of the wrist, fingertips, and finger joints,

and are used as the basis for subsequent finger state extraction and rule-based gesture classification. The indexing structure of the detected hand landmarks (Gupta et al., 2023) is illustrated in Figure 2.

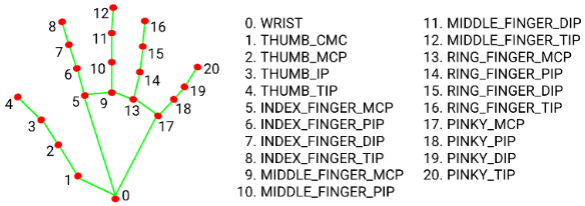


Figure 2 Indexing structure of the 21 hand landmarks detected by MediaPipe.

Rule-Based Gesture Classification

The proposed rule-based gesture classification process consists of two main stages: (1) finger-state determination and (2) gesture pattern matching. First, MediaPipe extracts 21 hand landmarks that represent key points on the hand, including fingertips and finger joints. The state of each finger is then determined by analyzing the relative spatial relationships among these landmarks.

For finger-state determination of the index, middle, ring, and pinky fingers, the system compares the vertical coordinates of each fingertip landmark with its corresponding Proximal Interphalangeal (PIP) joint landmark. Because the image coordinate system used in OpenCV has its origin at the upper-left corner, a smaller y-coordinate represents a higher position in the image. Therefore, a finger is classified as extended when the fingertip is positioned above the corresponding PIP joint, as defined in Eq. (1). Otherwise, the finger is classified as folded, as expressed in Eq. (2). Figure 3 illustrates the finger-state determination process based on relative landmark positions.

For an extended finger:

$$y_{tip} < y_{PIP} \tag{1}$$

For a folded finger:

$$y_{tip} > y_{PIP} \tag{2}$$

Due to the different range of motion of the thumb, thumb-state determination is performed using horizontal coordinate analysis together with the handedness information provided by MediaPipe. For the right hand, the thumb is considered extended when the thumb tip is located to the left of the thumb joint, as expressed in Eq. (3). Conversely, for the left hand, the thumb is considered extended when the thumb tip is located to the right of the corresponding joint, as defined in Eq. (4).

For the right hand:

$$x_{tip} < x_{IP} \tag{3}$$

For the left hand:

$$x_{tip} > x_{IP} \tag{4}$$

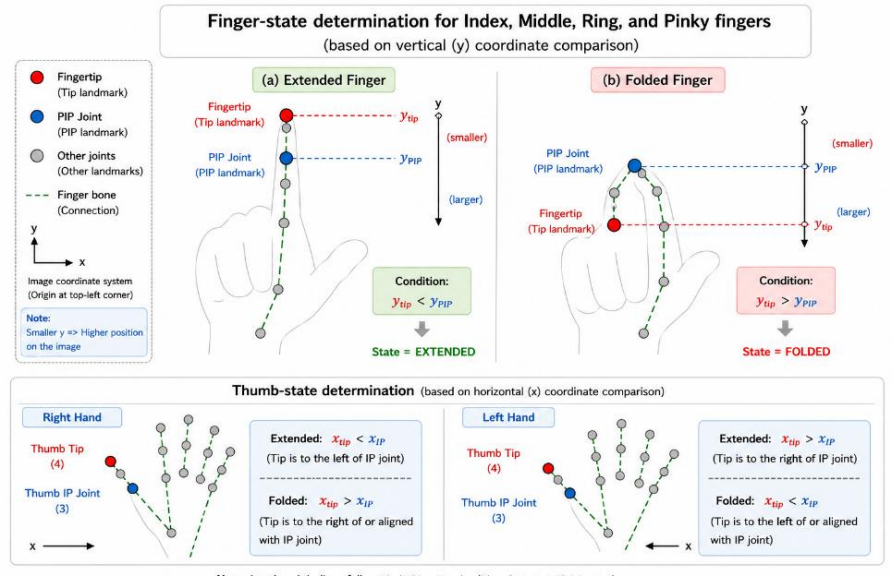


Figure 3 Finger-state determination based on the relative position of the fingertip and joint landmarks

Figure 4 shows sample hand gesture images captured from the webcam together with MediaPipe landmark visualization. These examples demonstrate the real-time detection capability of the proposed system under actual operating conditions.



Figure 4 Sample hand gesture images captured from the webcam with MediaPipe landmark visualization

After determining the binary state of all five fingers, the system generates a finger-state vector representing the current hand posture. Gesture recognition is subsequently performed using predefined rule-based pattern matching. Each gesture corresponds to a unique binary combination of finger states, as summarized in Table 1.

Table 1 Gesture Pattern Mapping

Gesture	Thumb	Index	Middle	Ring	Pinky	Command
Open Palm	1	1	1	1	1	Pause
Fist	0	0	0	0	0	Resume
Index finger	0	1	0	0	0	Next
Pinky finger	0	0	0	0	1	Previous
Two Fingers	0	1	1	0	0	Random

Experimental Design

To evaluate the performance and robustness of the proposed system, experiments were conducted under controlled environmental conditions. The experimental design focused on three main aspects: 1) controlled conditions, 2) testing procedures, and 3) the number of trials. The evaluation considered both technical performance and practical deployment scenarios under varying user-to-camera distances and image-based brightness conditions.

1) Controlled Conditions

The experimental setup was designed to evaluate the effects of user distance and environmental brightness on gesture recognition performance. Figure 5 illustrates the overall experimental configuration used in this study.

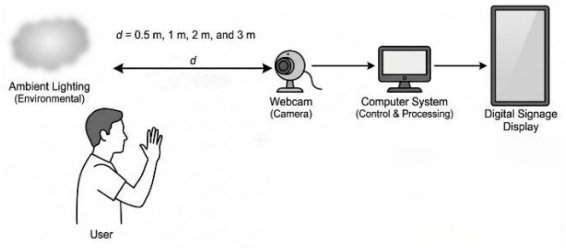


Figure 5 Experimental setup under varying user-to-camera distances and ambient lighting conditions

Two primary experimental factors were controlled as follows:

a) Distance Conditions: The distance between the user’s hand and the webcam was evaluated at four predefined ranges: 0.5 m, 1 m, 2 m, and 3 m. These distances were selected to analyze the influence of hand scale and spatial resolution on the performance of landmark detection and gesture classification.

b) Image-Based Brightness Conditions: To investigate the impact of illumination, image brightness levels were categorized into five ranges based on the average intensity of the HSV Value (V) channel obtained from the captured image frames. The selected ranges were defined as follows: very low (0 – 25), low (26 – 50), medium (51 – 100), optimal (101 – 150), and high (151 – 180). These conditions represent different environmental lighting scenarios encountered during practical system operation.

2) Testing Procedure

To comprehensively assess both system functionality and operational performance, several evaluation procedures were conducted. First, Load Testing was performed to measure gesture-recognition accuracy across varying distances and brightness levels through repeated trials. Second, Resource Monitoring was carried out using the psutil library during 30 minutes of continuous operation; CPU usage, memory consumption, and disk activity were recorded to evaluate computational efficiency. Third, Functional Testing involved the use of test cases and scripts to verify media control operations, gesture-response behaviors, and content management processes. Finally, a Field Testing phase was conducted by deploying the system in a public environment for six consecutive days, during which user interaction statistics were

collected and compared with those from conventional digital signage to assess practical usability and engagement.

3) Number of Trials

To ensure statistical reliability, multiple experimental repetitions were performed across all testing conditions. For the gesture recognition evaluation, 150 trials were conducted per gesture at each predefined distance across five gesture categories. Similarly, the brightness evaluation involved 150 trials for each brightness range to analyze system performance using accuracy, precision, recall, and F1-score metrics. Furthermore, during the six-day field deployment, a total of 164 real user interactions were recorded and analyzed to evaluate the system's practical applicability.

Evaluation Metrics

To evaluate the performance of the proposed system, standard classification metrics, including accuracy, precision, recall, and F1-score, were employed (Han et al., 2012). Two evaluation strategies were used in this study. First, gesture recognition performance was measured independently for each predefined gesture under varying user-to-camera distances and image-based brightness conditions. Second, confusion-matrix-based evaluation metrics were computed under optimal operating conditions to analyze gesture classification performance and misclassification behavior.

In this study, the confusion matrix was used to analyze the relationship between actual gestures and predicted gesture classes, enabling detailed evaluation of classification performance and misclassification patterns. The confusion matrix elements (Han et al., 2012) are defined as follows:

- True Positive (TP): instances where the system correctly recognizes a target gesture.
- False Positive (FP): instances where the system incorrectly classifies other gestures as the target gesture.
- False Negative (FN): instances where the target gesture is present but not correctly recognized.
- True Negative (TN): instances where non-target gestures are correctly identified as not belonging to the target gesture class.

Results and Discussion

Distance-Based Gesture Recognition Performance

To evaluate the effect of user-to-camera distance on gesture recognition performance, experiments were conducted at four predefined distances: 0.5 m, 1 m, 2 m, and 3 m. For each distance condition, 150 trials were independently performed for each gesture across the five predefined gesture categories. The results summarized in the following tables represent independent evaluations conducted separately for each gesture.

Table 2 Independent gesture recognition performance at different distances

Distance	Open Palm (%)	Index Finger (%)	Pinky Finger (%)	Fist (%)	Two Fingers (%)	Average (%)
0.5 m	79.0	72.0	86.0	98.0	97.0	86.4
1 m	99.0	86.0	73.0	98.0	93.0	89.8
2 m	89.0	72.0	71.0	86.0	79.0	79.4
3 m	93.0	85.0	69.0	71.0	85.0	80.6

The results indicate that the optimal operating distance for the proposed system is 1 m, achieving the highest average recognition rate of 89.8%. At this distance, the webcam captures sufficient hand detail, enabling stable hand landmark detection and reliable gesture classification. At a closer distance of 0.5 m, the system exhibits variable recognition performance depending on the gesture type. The "Fist" and "Two Fingers" gestures achieve high recognition rates of 98.0% and 97.0%, respectively, whereas the "Index Finger" gesture achieves a lower recognition rate of 72.0%. This behavior suggests that gestures involving fewer extended fingers are more sensitive to detection instability at close range.

As the distance increases beyond 1 m, a general decline in recognition performance is observed due to reduced spatial resolution and decreased visibility of finger structures within the image frame. The lowest average performance is recorded at 2 m, with an average recognition rate of 79.4%. Although the average performance slightly improves at 3 m, the "Pinky Finger" gesture exhibits the lowest robustness, decreasing to 69.0%. This reduction indicates that gestures involving small or thin finger structures are more susceptible to scale variation and landmark detection inaccuracies at longer distances.

Overall, the experimental results demonstrate that gesture recognition performance is strongly influenced by user-to-camera distance. A distance of approximately 1 m provides the most reliable operating condition for the proposed system under real-world usage scenarios. Based on these findings, the optimal distance of 1 m was selected for subsequent brightness-based performance evaluation.

Brightness-Based Gesture Recognition Performance

Based on the results presented in the previous section, the optimal operating distance of 1 m was selected for further evaluation under varying image-based brightness conditions. For each brightness range, 150 trials were conducted independently for each predefined gesture. The results shown in Table 3 represent the gesture recognition rate for each gesture category under different brightness conditions.

Table 3 Independent gesture recognition rates under different image-based brightness levels (at 1 m)

Brightness Level	Open Palm (%)	Index Finger (%)	Pinky Finger (%)	Fist (%)	Two Fingers (%)	Average (%)
0 – 25	55.0	65.0	70.0	60.0	50.0	60.0
26 – 50	75.0	80.0	85.0	70.0	55.0	73.0
51 – 100	85.0	90.0	95.0	80.0	60.0	82.0
101 – 150	95.0	100.0	100.0	90.0	70.0	91.0
151 – 180	90.0	95.0	100.0	85.0	65.0	87.0

The results indicate that the proposed system achieves its highest overall performance under moderate-to-high brightness conditions, particularly in the range of 101 – 150, where the average recognition rate reaches 91.0%. Under these conditions, hand features are clearly visible, enabling stable landmark detection and reliable gesture recognition. A slight decrease in performance is observed under very bright conditions (151 – 180), where the average recognition rate decreases to 87.0%, potentially due to image overexposure. Under medium brightness conditions (51 – 100), the system maintains moderate recognition performance with an average recognition rate of 82.0%. Although most gestures are recognized reliably, gestures involving fewer extended fingers, particularly the "Two Fingers" gesture, exhibit lower recognition stability.

In contrast, recognition performance significantly decreases under low-brightness conditions. At brightness levels below 50, the average recognition rate decreases to 73.0% and further drops to 60.0% under extremely low illumination (0 – 25). This reduction is primarily caused by increased image noise and insufficient contrast, which negatively affect hand landmark visibility and gesture classification performance. Overall, the experimental results demonstrate that image-based brightness significantly influences gesture recognition performance. Reliable system operation requires sufficient illumination, with optimal performance achieved within the brightness range of 101 – 150.

Confusion-Matrix-Based Performance Evaluation

To further evaluate the robustness of gesture classification, confusion-matrix-based performance metrics were analyzed under the optimal operating conditions identified in previous experiments (distance = 1 m and brightness level = 101 – 150). Unlike the independent gesture recognition evaluations reported in Table 3, the metrics presented in Table 4 were computed using a multi-class confusion-matrix evaluation to analyze gesture-level classification performance and misclassification behavior.

Table 4 Confusion-Matrix-Based Performance Metrics Under Optimal Operating Conditions

Gesture	Precision	Recall	F1-score
Open Palm	0.98	1.00	0.99
Index Finger	0.85	0.89	0.87
Pinky Finger	0.80	0.84	0.82
Fist	0.96	1.00	0.98
Two Fingers	0.93	0.97	0.95

The results indicate that the proposed system achieves the highest classification performance for the “Open Palm” and “Fist” gestures, with F1-scores of 0.99 and 0.98, respectively. These gestures exhibit large visible hand regions and clear landmark structures, enabling stable hand landmark detection and reliable gesture classification. The “Two Fingers” gesture also demonstrates strong classification performance, achieving an F1-score of 0.95. This result indicates that the proposed system can effectively distinguish between adjacent extended fingers under optimal environmental conditions.

In contrast, the “Index Finger” and “Pinky Finger” gestures exhibit comparatively lower performance, with F1-scores of 0.87 and 0.82, respectively. The lower precision observed for the “Pinky Finger” gesture suggests that gestures involving small or thin finger structures are more susceptible to landmark instability and gesture misclassification due to limited pixel representation within the image frame.

Overall, the confusion-matrix-based evaluation demonstrates that the proposed system achieves robust gesture classification performance under optimal operating conditions. However, additional improvements may be required to enhance recognition stability for single-finger gestures in real-world environments.

Real-World Interaction Observation

The results indicate that the proposed gesture-based system significantly increased user attention compared with conventional digital signage. When the gesture interaction system was activated, the average number of interested users increased from 6.33 to 11.17 users per day, representing an improvement of approximately 76%. These observations suggest that contactless gesture interaction can enhance user engagement and attract greater public attention in interactive display environments. However, despite the increased level of interest, only 38.76% of interested users actively interacted with the system. This observation suggests the existence of usability barriers in public environments, particularly related to user hesitation, unfamiliarity with gesture-based interaction, or lack of awareness that the signage system supports interactive control.

During the six-day deployment period, a total of 164 gesture interactions were recorded, corresponding to an average of approximately 27 interactions per day. These results demonstrate the feasibility of the

proposed system for practical real-world deployment and continuous user interaction. Table 5 summarizes the frequency of each gesture used during field testing.

Table 5 Gesture Usage Frequency During Real-World Deployment

Gesture	Function	Frequency	Percentage (%)
Pinky Finger	Previous	55	33.54
Open Palm	Pause	39	23.78
Fist	Resume	37	22.56
Index Finger	Next	20	12.20
Two Fingers	Random	13	7.93

The results show that the pinky finger gesture was the most frequently used interaction command. This behavior suggests that users often prefer revisiting previously displayed media content or correcting unintended forward navigation. In contrast, the two-finger gesture, which activates random media selection, was the least frequently used command. This finding indicates that users generally preferred deterministic navigation over randomized media control. Overall, the field deployment observations demonstrate that the proposed system can support stable real-time interaction in public environments while improving user engagement compared with conventional digital signage systems.

Conclusion

This paper presented a lightweight hand gesture-based digital signage control system using MediaPipe landmarks and rule-based gesture classification for contactless interaction in public environments. The proposed system enables real-time gesture recognition without requiring machine learning model training or specialized hardware, making it suitable for low-cost and deployment-oriented applications. The experimental results demonstrated that the proposed system achieved reliable gesture recognition performance under appropriate environmental conditions. The optimal operating condition was observed at a user-to-camera distance of 1 m and an image-based brightness range of 101–150, where the system achieved the highest overall recognition performance. The results also revealed that environmental factors, particularly user distance and illumination, significantly influence gesture recognition stability. In addition, gestures involving small or thin finger structures, such as the “Pinky Finger” gesture, were more susceptible to landmark instability and misclassification.

The real-world deployment results further demonstrated the practical applicability of the proposed system. The gesture-based interaction system increased user attention compared with conventional digital signage and supported continuous real-time interaction in public environments. These findings confirm that

lightweight rule-based gesture interaction can provide an effective alternative to more computationally intensive learning-based approaches for practical contactless interaction systems. Although the proposed system achieved promising performance, several limitations remain. Future work will focus on improving robustness under challenging environmental conditions, particularly in low-light environments and long-distance interaction scenarios. Additional gesture categories, adaptive interaction mechanisms, and cross-platform deployment support may also be explored to enhance system flexibility and usability in broader real-world applications.

References

Adsul S., Khobragade S., Kohad N., Khot P. and Kumbhar S. (2025). Real-time vision-based hand gesture recognition system for multi-functional contactless control of digital applications. AIJR Proceedings. 7(6): 124–134. DOI: 10.21467/proceedings. 7.6.16.

Chen Q., et al. (2009). Interacting with digital signage using hand gestures. In Image Analysis and Recognition. Springer Berlin Heidelberg: Berlin. 347–358. DOI: 10.1007/978-3-642-02611-9_35.

Gupta A., Chawla N., Jain R., Thakur N. and Devi A. (2023). Gesture-based touchless operations: Leveraging MediaPipe and OpenCV. NEU Journal for Artificial Intelligence and Internet of Things. 2(1). Accessed 7 Apr. 2026. https://dergi.neu.edu.tr/index.php/aiit/article/view/799.

Han J., Kamber M. and Pei J. (2012). Data Mining: Concepts and Techniques. 3rd Edition. Morgan Kaufmann: San Francisco.

Lavanya Vaishnavi D.A., Anil Kumar C., Harish S. and Divya M.L. (2022). MediaPipe to recognise the hand gestures. WSEAS Transactions on Signal Processing. 18: 134–139. DOI: 10.37394/232014.2022.18.19.

Li H.-H. and Hsieh C.-C. (2025). Dynamic hand gesture recognition using MediaPipe and transformer. Engineering Proceedings. 108(1). DOI: 10.3390/engproc2025108022.

Mary M.S.I., Anand M.S., Manikandan A.S. and Senthamilmuthu M. (2024). Hand gesture recognition using MediaPipe and OpenCV. International Journal of Creative Research Thoughts. 12(2).

Meng Y., Jiang H., Duan N. and Wen H. (2024). Real-time hand gesture monitoring model based on MediaPipe’s registerable system. Sensors. 24(19): 6262. DOI: 10.3390/s24196262.

Modaberi M. (2024). The role of gesture-based interaction in improving user satisfaction for touchless interfaces. International Journal of Advanced Human Computer Interaction. 2(2): 20–32.

Poojitha P., Abishek J., Prasad P.D., Vinay K. and Rao K.S. (2026). Real-time hand gesture recognition using MediaPipe landmark detection. International Journal of Innovative Research in Technology. 12(11): 173–175.

Prongnuch S., Sangkhakul T., Angchoun N., Pinsarmsak W. and Charoenjit K. (2025). Face and hand gesture recognition system using MediaPipe. Journal of Engineering and Industrial Technology, Kalasin University. 3(4): 45–58. DOI: 10.14456/jeit.2025.19.

Putri R.D.T., Lasmadi L., Kusumaningrum A., Nurdin R. and Astuti Y. (2025). Hand gesture-based human-computer interaction using MediaPipe and OpenCV. Jurnal Teknik Elektro AVITEC. 7(2): 223. DOI: 10.28989/avitec.v7i2.3132.

Swathi M., Vamsi K.V., Murali B.A., Sekhar S.C. and Sandeep G. (2025). Gesture based media control system using OpenCV and ML. In International Conference on Computer Science and Communication Engineering (ICCSCE 2025). Atlantis Press: 2652–2658. DOI: 10.2991/978-94-6463-858-5_220.

การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศเพื่อการตรวจสอบสิทธิการรักษาพยาบาลผ่านเครื่อง EDC: กรณีศึกษาศูนย์การแพทย์กาญจนาภิเษก คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล

Application of Information Systems for Healthcare Benefit Verification via EDC Terminal: A Case Study of Golden Jubilee Medical Center, Faculty of Medicine Siriraj Hospital, Mahidol University

วรภัทร มีพันธุ์[1*] และพรเทพ ปู่อิ่ม[1]
Worapat Meepundh[1*]and Porntep Puaim[1]

[1]ศูนย์การแพทย์กาญจนาภิเษก คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล นครปฐม*
[1]Golden Jubilee Medical Center, Faculty of Medicine Siriraj Hospital, Mahidol University, Nakhon Pathom
[*]Corresponding Author E-mail Address : worapat.mee@mahidol.ac.th

บทคัดย่อ

การตรวจสอบสิทธิการรักษาพยาบาลเป็นกระบวนการสำคัญที่ส่งผลต่อความถูกต้องในการเรียกเก็บค่ารักษาพยาบาลและประสิทธิภาพในการบริหารจัดการของสถานพยาบาล ปัจจุบันสำนักงานหลักประกันสุขภาพแห่งชาติได้กำหนดให้หน่วยบริการต้องดำเนินการยืนยันสิทธิเมื่อสิ้นสุดการรับบริการ (End Point) เพื่อใช้เป็นหลักฐานประกอบการเบิกจ่ายค่ารักษาพยาบาล ส่งผลให้สถานพยาบาลจำเป็นต้องปรับปรุงกระบวนการดำเนินงานให้สามารถรองรับการตรวจสอบสิทธิได้อย่างมีประสิทธิภาพ

บทความวิชาการนี้นำเสนอการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศเพื่อสนับสนุนการตรวจสอบสิทธิการรักษาพยาบาลผ่านเครื่อง Electronic Data Capture (EDC) กรณีศึกษาศูนย์การแพทย์กาญจนาภิเษก คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล โดยมุ่งเน้นการเชื่อมโยงการทำงานระหว่างระบบสารสนเทศโรงพยาบาล (Hospital Information System: HIS) กับเครื่อง EDC เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ ลดขั้นตอนการทำงาน และลดความผิดพลาดในการบันทึกข้อมูล

ระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถรองรับการตรวจสอบสิทธิแบบครบวงจร ตั้งแต่การดึงข้อมูลค่าใช้จ่าย การตรวจสอบสิทธิผ่านบัตรประชาชน ไปจนถึงการบันทึกข้อมูลการยืนยันสิทธิกลับเข้าสู่ระบบโรงพยาบาลโดยอัตโนมัติ ส่งผลให้กระบวนการทำงานมีความรวดเร็ว ถูกต้อง และลดความซ้ำซ้อนในการดำเนินงาน นอกจากนี้ แนวทางดังกล่าวยังช่วยสนับสนุนการดำเนินงานตามนโยบายภาครัฐ และสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับสถานพยาบาลอื่นที่มีบริบทใกล้เคียงกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: ระบบสารสนเทศทางการแพทย์ การตรวจสอบสิทธิการรักษาพยาบาล เครื่อง EDC ระบบ HIS การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

Abstract

Healthcare benefit verification is a critical process that directly affects the accuracy of medical reimbursement claims and the efficiency of hospital administration. Currently, the National Health Security Office (NHSO) requires healthcare providers to implement an end-point verification process at the completion of medical services in order to support reimbursement procedures accurately. As a result, healthcare organizations need to improve their operational processes to support efficient healthcare benefit verification.

This academic article presents the application of information systems to support healthcare benefit verification via Electronic Data Capture (EDC) terminals at Golden Jubilee Medical Center, Faculty of Medicine Siriraj Hospital, Mahidol University. The study focuses on integrating the Hospital Information System (HIS) with EDC terminals in order to improve operational efficiency, reduce workflow complexity, and minimize data entry errors.

The developed system supports end-to-end healthcare benefit verification processes, including medical expense retrieval, identity verification via national identification cards, and automatic recording of verification information back into the hospital information system. The implementation of the system effectively improved workflow efficiency, reduced operational redundancy, and enhanced the accuracy of healthcare reimbursement procedures. Furthermore, the proposed approach supports compliance with national healthcare policies and can be adapted for implementation in other healthcare organizations with similar operational contexts.

Keywords: Medical Information System, Healthcare Benefit Verification, EDC Terminal, Hospital Information System, Information Technology Application

บทนำ

ระบบหลักประกันสุขภาพแห่งชาติของประเทศไทยเป็นกลไกสำคัญในการสนับสนุนให้ประชาชนสามารถเข้าถึงบริการสาธารณสุขได้อย่างทั่วถึงและเป็นธรรม โดยมีสำนักงานหลักประกันสุขภาพแห่งชาติ (สปสช.) เป็นหน่วยงานหลักในการบริหารจัดการสิทธิและงบประมาณด้านการรักษาพยาบาล กระบวนการตรวจสอบสิทธิการรักษาพยาบาลจึงมีบทบาทสำคัญต่อความถูกต้องในการเรียกเก็บค่ารักษาพยาบาล รวมถึงประสิทธิภาพในการบริหารจัดการของสถานพยาบาล

ปัจจุบัน สำนักงานหลักประกันสุขภาพแห่งชาติได้กำหนดมาตรการให้หน่วยบริการดำเนินการยืนยันสิทธิเมื่อสิ้นสุดการรับบริการ (End Point) เพื่อใช้เป็นหลักฐานประกอบการเบิกจ่ายค่ารักษาพยาบาลอย่างถูกต้อง (สำนักงานหลักประกันสุขภาพแห่งชาติ, 2567) โดยสามารถดำเนินการผ่านเครื่องมือหรือช่องทางต่าง ๆ เช่น เครื่อง Electronic Data Capture (EDC), เครื่องให้บริการอัตโนมัติ (Kiosk), ระบบ Smart Card และระบบพิสูจน์ตัวตนผ่านแอปพลิเคชันบนโทรศัพท์มือถือ

แนวทางดังกล่าวส่งผลให้สถานพยาบาลต้องปรับปรุงกระบวนการทำงานและพัฒนาระบบสารสนเทศให้สามารถรองรับการตรวจสอบสิทธิได้อย่างมีประสิทธิภาพและสอดคล้องกับนโยบายภาครัฐ (วิทยา นาคมณี, 2565)

อย่างไรก็ตาม จากการดำเนินงานในสถานพยาบาลหลายแห่งพบว่า แม้จะมีการนำเครื่อง EDC มาใช้ในการตรวจสอบสิทธิแล้วก็ตาม แต่กระบวนการทำงานยังคงมีลักษณะแยกส่วนระหว่างระบบสารสนเทศโรงพยาบาล (Hospital Information System: HIS) กับอุปกรณ์ EDC ทำให้เจ้าหน้าที่ต้องดำเนินการบันทึกข้อมูลซ้ำหลายขั้นตอน และมีความเสี่ยงต่อความผิดพลาดในการบันทึกข้อมูล เช่น การบันทึกเลขยืนยันสิทธิ (ApproveCode) ไม่ครบถ้วนหรือไม่ถูกต้อง ซึ่งอาจส่งผลต่อความถูกต้องในการเรียกเก็บค่ารักษาพยาบาลและประสิทธิภาพในการดำเนินงานขององค์กร

ศูนย์การแพทย์กาญจนาภิเษก คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล เป็นโรงพยาบาลระดับตติยภูมิที่มีผู้รับบริการจำนวนมากในแต่ละวัน จึงมีความจำเป็นต้องพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อสนับสนุนกระบวนการตรวจสอบสิทธิการรักษาพยาบาลให้สามารถเชื่อมโยงการทำงานระหว่างระบบ HIS กับเครื่อง EDC ได้อย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อลดขั้นตอนการทำงาน ลดความซ้ำซ้อน และเพิ่มความถูกต้องของข้อมูลในการดำเนินงาน

บทความวิชาการนี้จึงนำเสนอแนวทางการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศเพื่อสนับสนุนการตรวจสอบสิทธิการรักษาพยาบาลผ่านเครื่อง EDC โดยมุ่งเน้นการเชื่อมโยงข้อมูลระหว่างระบบ HIS กับเครื่อง EDC แบบ End-to-End ตั้งแต่กระบวนการดึงข้อมูลค่าใช้จ่าย การตรวจสอบสิทธิผ่านบัตรประชาชน ไปจนถึงการบันทึกข้อมูลการยืนยันสิทธิกลับเข้าสู่ระบบโรงพยาบาลโดยอัตโนมัติ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการดำเนินงานและสนับสนุนการบริหารจัดการของสถานพยาบาลในยุคดิจิทัล

วัตถุประสงค์

1. เพื่อนำเสนอแนวทางการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศในการตรวจสอบสิทธิการรักษาพยาบาลผ่านเครื่อง Electronic Data Capture (EDC) ภายในสถานพยาบาล
2. เพื่ออธิบายการเชื่อมโยงการทำงานระหว่างระบบสารสนเทศโรงพยาบาล (Hospital Information System: HIS) กับเครื่อง EDC ในรูปแบบ End-to-End Integration
3. เพื่อวิเคราะห์ประโยชน์ของการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศในการลดขั้นตอนการทำงาน ลดความซ้ำซ้อน และเพิ่มความถูกต้องในการตรวจสอบสิทธิการรักษาพยาบาล
4. เพื่อเสนอแนวทางในการพัฒนาระบบสารสนเทศด้านการตรวจสอบสิทธิที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในสถานพยาบาลอื่นที่มีบริบทใกล้เคียงกัน

ภาพรวม

บทความวิชาการนี้มุ่งนำเสนอการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศเพื่อสนับสนุนกระบวนการตรวจสอบสิทธิการรักษาพยาบาลผ่านเครื่อง Electronic Data Capture (EDC) กรณีศึกษาศูนย์การแพทย์กาญจนาภิเษก คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล โดยศึกษาแนวคิดเกี่ยวกับการพัฒนาระบบสารสนเทศด้านสุขภาพ การเชื่อมโยงข้อมูลระหว่างระบบ Hospital Information System (HIS) กับอุปกรณ์ตรวจสอบสิทธิ รวมถึงแนวทางการบริหารจัดการข้อมูลเพื่อสนับสนุนกระบวนการเรียกเก็บค่ารักษาพยาบาลให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

ในการดำเนินการ ผู้จัดทำได้ศึกษากระบวนการทำงานเดิม วิเคราะห์ปัญหาและข้อจำกัดของการตรวจสอบสิทธิการรักษาพยาบาล จากนั้นจึงออกแบบและพัฒนาระบบ HisEDC เพื่อเชื่อมโยงข้อมูลระหว่างระบบ HIS กับเครื่อง EDC ในรูปแบบ End-to-End Integration โดยระบบสามารถรองรับการดึงข้อมูลค่าใช้จ่าย การตรวจสอบสิทธิผ่านบัตรประชาชน และการบันทึกข้อมูลการยืนยันสิทธิกลับเข้าสู่ระบบโดยอัตโนมัติ ผลจากการประยุกต์ใช้ระบบดังกล่าวช่วยลดขั้นตอนการทำงาน ลดความซ้ำซ้อน เพิ่มความถูกต้องของข้อมูล และสนับสนุนการดำเนินงานขององค์กรให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นในยุค Digital Healthcare

ผลการศึกษาหรือการอภิปรายผล

1. แนวคิดและความสำคัญของการตรวจสอบสิทธิการรักษาพยาบาล

การตรวจสอบสิทธิการรักษาพยาบาลเป็นกระบวนการสำคัญในการบริหารจัดการด้านการเงินของสถานพยาบาล เนื่องจากมีความเกี่ยวข้องโดยตรงกับความถูกต้องในการเรียกเก็บค่ารักษาพยาบาลจากกองทุนสุขภาพต่าง ๆ โดยเฉพาะระบบหลักประกันสุขภาพแห่งชาติ ซึ่งกำหนดให้หน่วยบริการต้องดำเนินการยืนยันสิทธิเมื่อสิ้นสุดการรับบริการ (End Point) เพื่อใช้เป็นหลักฐานประกอบการเบิกจ่ายค่ารักษาพยาบาลอย่างถูกต้อง

ในปัจจุบัน หน่วยบริการด้านสาธารณสุขมีการนำเทคโนโลยีสารสนเทศเข้ามาช่วยสนับสนุนกระบวนการตรวจสอบสิทธิอย่างต่อเนื่อง เพื่อลดภาระงานของบุคลากร ลดความผิดพลาดในการดำเนินงาน และเพิ่มประสิทธิภาพในการบริหารจัดการข้อมูล (พรชัย มงคลวนิช และคณะ, 2564) อย่างไรก็ตาม การดำเนินงานในหลายสถานพยาบาลยังคงประสบปัญหาการทำงานแบบแยกส่วนระหว่างระบบสารสนเทศโรงพยาบาลกับอุปกรณ์ตรวจสอบสิทธิ ส่งผลให้เกิดความซ้ำซ้อนในการทำงานและมีความเสี่ยงต่อความคลาดเคลื่อนของข้อมูล

ดังนั้น การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศเพื่อเชื่อมโยงข้อมูลระหว่างระบบ Hospital Information System (HIS) กับเครื่อง Electronic Data Capture (EDC) จึงเป็นแนวทางสำคัญในการเพิ่มประสิทธิภาพการดำเนินงานของสถานพยาบาลในยุคดิจิทัล

2. ปัญหาและข้อจำกัดของกระบวนการทำงานเดิม

จากการวิเคราะห์กระบวนการตรวจสอบสิทธิการรักษาพยาบาลของศูนย์การแพทย์กาญจนาภิเษก พบว่าก่อนการพัฒนาระบบ HisEDC กระบวนการดำเนินงานยังคงมีลักษณะแยกส่วนระหว่างระบบ HIS กับเครื่อง EDC เจ้าหน้าที่จำเป็นต้องดำเนินการป้อนข้อมูลและตรวจสอบข้อมูลหลายขั้นตอน ส่งผลให้เกิดความล่าช้าและความซ้ำซ้อนในการทำงาน

นอกจากนี้ ยังพบข้อจำกัดในด้านการบันทึกข้อมูลการยืนยันสิทธิ เช่น เลข ApproveCode ซึ่งในบางกรณีอาจเกิดการบันทึกข้อมูลไม่ครบถ้วนหรือไม่ถูกต้อง อันส่งผลต่อกระบวนการเรียกเก็บค่ารักษาพยาบาลและการตรวจสอบข้อมูลย้อนหลัง

อีกทั้ง เมื่อมีผู้รับบริการจำนวนมากในช่วงเวลาเดียวกัน กระบวนการตรวจสอบสิทธิอาจใช้ระยะเวลานาน ทำให้เกิดความแออัดในการให้บริการ และเพิ่มภาระงานให้แก่เจ้าหน้าที่ผู้ปฏิบัติงาน

จากข้อจำกัดดังกล่าว จึงมีความจำเป็นในการพัฒนาระบบสารสนเทศที่สามารถเชื่อมโยงการทำงานระหว่างระบบ HIS กับเครื่อง EDC ได้อย่างเป็นอัตโนมัติ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ ลดความผิดพลาด และสนับสนุนการดำเนินงานขององค์กรให้มีความคล่องตัวมากยิ่งขึ้น

3. การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศ HisEDC

ศูนย์การแพทย์กาญจนาภิเษกได้ดำเนินการพัฒนาระบบสารสนเทศ HisEDC เพื่อสนับสนุนกระบวนการตรวจสอบสิทธิการรักษาพยาบาลผ่านเครื่อง EDC โดยมุ่งเน้นการเชื่อมโยงข้อมูลระหว่างระบบสารสนเทศโรงพยาบาลกับอุปกรณ์ตรวจสอบสิทธิในรูปแบบ End-to-End Integration

ระบบดังกล่าวได้รับการออกแบบให้สามารถดึงข้อมูลผู้ป่วยและข้อมูลค่าใช้จ่ายจากระบบ HIS ส่งข้อมูลไปยังเครื่อง EDC เพื่อดำเนินการตรวจสอบสิทธิผ่านบัตรประชาชน และบันทึกข้อมูลการยืนยันสิทธิกลับเข้าสู่ระบบโดยอัตโนมัติ ซึ่งช่วยลดขั้นตอนการทำงานและลดการป้อนข้อมูลซ้ำโดยเจ้าหน้าที่

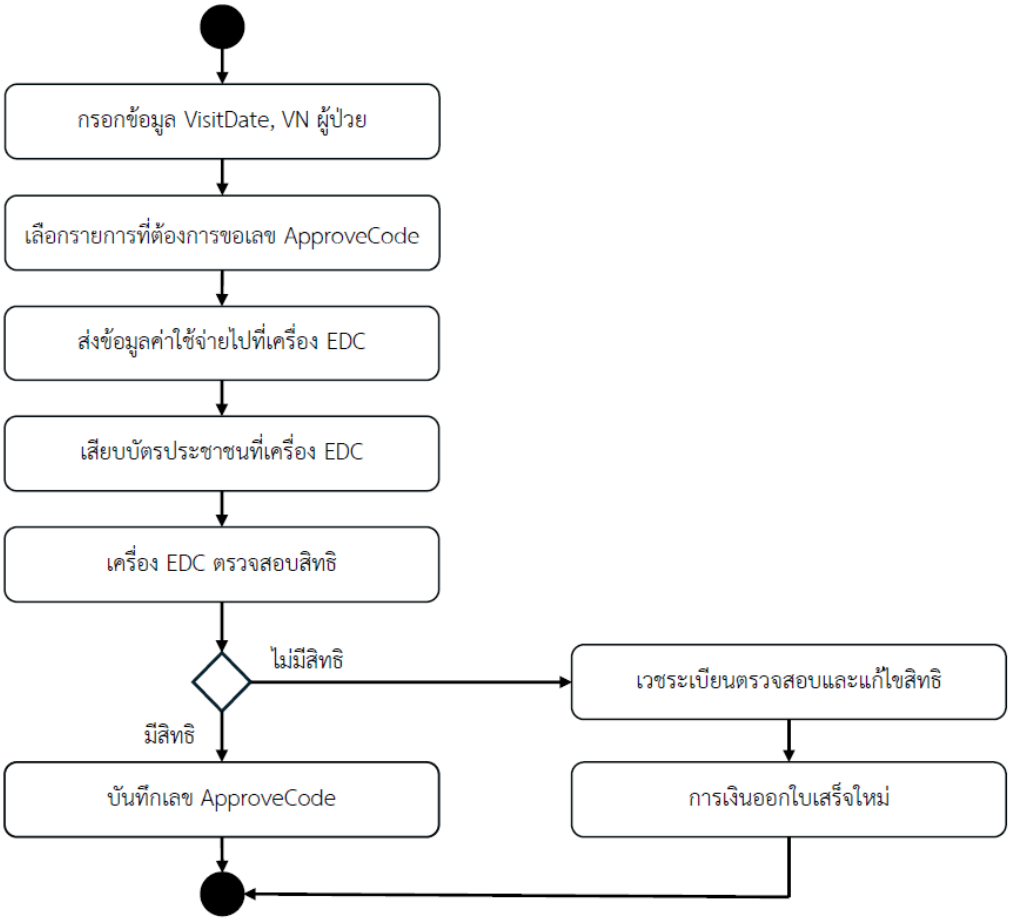
นอกจากนี้ ระบบยังได้รับการพัฒนาในรูปแบบ Web Application เพื่อให้สามารถใช้งานผ่านเครือข่ายภายในองค์กรได้อย่างสะดวก และรองรับการเชื่อมต่อข้อมูลผ่าน API ระหว่างระบบ HIS กับเครื่อง EDC เพื่อเพิ่มความรวดเร็วและความถูกต้องในการดำเนินงาน (สมชาย เอื้อวิทยาศุภร และคณะ, 2565)

4. โครงสร้างและกระบวนการทำงานของระบบ

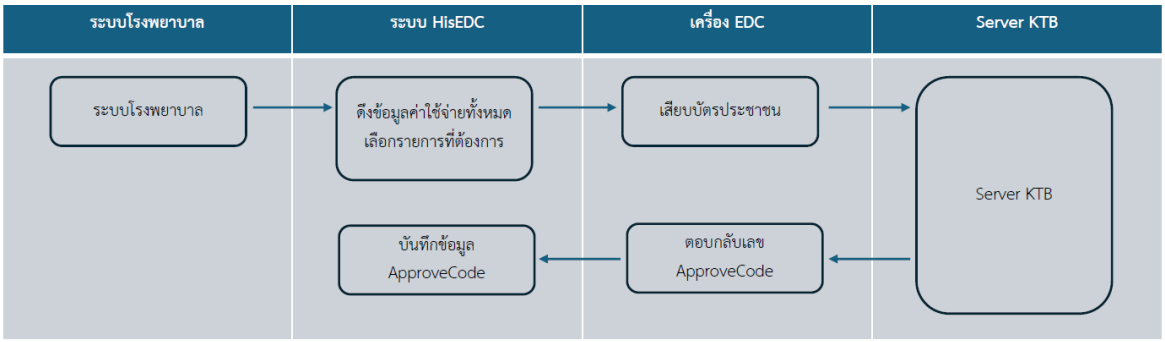
ระบบ HisEDC ประกอบด้วยองค์ประกอบสำคัญ ได้แก่ ระบบสารสนเทศโรงพยาบาล (HIS) ระบบ HisEDC เครื่อง EDC และ Server ภายนอก ซึ่งทำหน้าที่ร่วมกันในการสนับสนุนกระบวนการตรวจสอบสิทธิการรักษาพยาบาล

กระบวนการทำงานเริ่มจากผู้ใช้งานกรอกข้อมูลผู้ป่วย เช่น หมายเลขผู้ป่วย (VN) และวันที่เข้ารับบริการ จากนั้นระบบจะดึงข้อมูลค่าใช้จ่ายจากระบบ HIS และส่งข้อมูลไปยังเครื่อง EDC เพื่อดำเนินการตรวจสอบสิทธิผ่านบัตรประชาชน เมื่อการตรวจสอบเสร็จสมบูรณ์ ระบบจะรับข้อมูลการยืนยันสิทธิ เช่น ApproveCode และบันทึกกลับเข้าสู่ระบบ HIS โดยอัตโนมัติ

แนวทางดังกล่าวช่วยให้เกิดการเชื่อมโยงข้อมูลแบบครบวงจร ลดความซ้ำซ้อนของกระบวนการทำงาน และเพิ่มความถูกต้องในการจัดเก็บข้อมูลขององค์กร (Sommerville, 2016)



รูปที่ 1 แผนภาพขั้นตอนการทำงานของระบบ HisEDC



รูปที่ 2 แสดงการเชื่อมโยงข้อมูลระหว่างระบบ HIS, HisEDC, เครื่อง EDC และ Server ภายนอกในรูปแบบ End-to-End

5. ประโยชน์ที่ได้รับจากการประยุกต์ใช้ระบบ

การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศ HisEDC ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการดำเนินงานขององค์กรอย่างชัดเจน ทั้งในด้านความรวดเร็ว ความถูกต้อง และการลดภาระงานของบุคลากร

ระบบสามารถช่วยลดขั้นตอนการทำงานที่ซ้ำซ้อน ลดระยะเวลาในการตรวจสอบสิทธิ และลดความผิดพลาดจากการป้อนข้อมูลด้วยมนุษย์ นอกจากนี้ ยังช่วยเพิ่มความถูกต้องในการเรียกเก็บค่ารักษาพยาบาล และสนับสนุนการดำเนินงานให้เป็นไปตามนโยบายของสำนักงานหลักประกันสุขภาพแห่งชาติ

ในมุมมองด้านเทคโนโลยี ระบบดังกล่าวยังเป็นแนวทางสำคัญในการพัฒนาระบบสารสนเทศด้านสุขภาพขององค์กรให้รองรับการเชื่อมโยงข้อมูลแบบดิจิทัล และสามารถต่อยอดสู่การพัฒนาระบบบริการสุขภาพอัจฉริยะ (Smart Healthcare) ในอนาคตได้ (วิทยา นาคมณี, 2565)

ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบกระบวนการทำงานก่อนและหลังการประยุกต์ใช้ระบบ HisEDC

ประเด็นเปรียบเทียบ	กระบวนการเดิม	ระบบ HisEDC
การดึงข้อมูลค่าใช้จ่าย	เจ้าหน้าที่ดำเนินการหลายขั้นตอน	ระบบดึงข้อมูลอัตโนมัติ
การตรวจสอบสิทธิ	ใช้หลายระบบแยกส่วน	เชื่อมโยงผ่านระบบเดียว
การบันทึก ApproveCode	บันทึกด้วยเจ้าหน้าที่	บันทึกอัตโนมัติ
ความซ้ำซ้อนของงาน	มีการป้อนข้อมูลหลายครั้ง	ลดขั้นตอนการทำงาน
ความถูกต้องของข้อมูล	มีความเสี่ยงจาก Human Error	เพิ่มความถูกต้อง
ระยะเวลาในการดำเนินงาน	ใช้เวลามากกว่า	ลดระยะเวลาในการทำงาน

จากตารางที่ 1 พบว่าการประยุกต์ใช้ระบบ HisEDC ช่วยลดขั้นตอนการดำเนินงาน ลดความซ้ำซ้อนในการป้อนข้อมูล และเพิ่มความถูกต้องในการจัดเก็บข้อมูลขององค์กรอย่างชัดเจน อีกทั้งยังช่วยสนับสนุนกระบวนการตรวจสอบสิทธิให้มีความรวดเร็วและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพก่อนและหลังการใช้ระบบ

ตัวชี้วัด	ก่อนใช้ระบบ	หลังใช้ระบบ	การเปลี่ยนแปลง
ระยะเวลาในการตรวจสอบสิทธิ (นาที/ราย)	5	1	ลดลง 80%
ความผิดพลาดในการบันทึกข้อมูล (%)	15	2	ลดลง 13%
อัตราความสำเร็จในการเรียกเก็บ (%)	85	97	เพิ่มขึ้น 12%

จากตารางที่ 2 พบว่า ระบบสามารถลดระยะเวลาในการตรวจสอบสิทธิได้อย่างชัดเจน ลดความผิดพลาดในการบันทึกข้อมูล และเพิ่มอัตราความสำเร็จในการเรียกเก็บค่ารักษาพยาบาล

6. การวิเคราะห์ผลกระทบต่อการดำเนินงานขององค์กร

การประยุกต์ใช้ระบบ HisEDC ไม่เพียงช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการตรวจสอบสิทธิการรักษาพยาบาลเท่านั้น แต่ยังส่งผลต่อกระบวนการดำเนินงานขององค์กรในหลายด้าน ทั้งด้านการบริหารจัดการข้อมูล การลดภาระงานของบุคลากร และการสนับสนุนแนวทางการพัฒนาองค์กรสู่ Digital Healthcare

ในด้านการปฏิบัติงาน ระบบช่วยลดขั้นตอนการทำงานที่ซ้ำซ้อน ลดระยะเวลาในการตรวจสอบสิทธิ และลดความผิดพลาดจากการป้อนข้อมูลด้วยมนุษย์ ส่งผลให้เจ้าหน้าที่สามารถดำเนินงานได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

ในด้านการบริหารจัดการองค์กร ระบบช่วยเพิ่มความถูกต้องของข้อมูลในการเรียกเก็บค่ารักษาพยาบาล และช่วยสนับสนุนการดำเนินงานให้เป็นไปตามนโยบายของสำนักงานหลักประกันสุขภาพแห่งชาติ นอกจากนี้ ยังเป็นแนวทางสำคัญในการพัฒนาระบบสารสนเทศขององค์กรให้รองรับการเชื่อมโยงข้อมูลแบบดิจิทัลในอนาคต

บทสรุป

การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศเพื่อสนับสนุนการตรวจสอบสิทธิการรักษาพยาบาลผ่านเครื่อง Electronic Data Capture (EDC) เป็นแนวทางสำคัญในการเพิ่มประสิทธิภาพการดำเนินงานของสถานพยาบาลในยุคดิจิทัล โดยเฉพาะในบริบทของการดำเนินงานตามนโยบายของสำนักงานหลักประกันสุขภาพแห่งชาติที่กำหนดให้หน่วยบริการต้องดำเนินการยืนยันสิทธิเมื่อสิ้นสุดการรับบริการ (End Point) เพื่อใช้เป็นหลักฐานประกอบการเบิกจ่ายค่ารักษาพยาบาลอย่างถูกต้อง

กรณีศึกษาของศูนย์การแพทย์กาญจนาภิเษก คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล แสดงให้เห็นว่าการเชื่อมโยงข้อมูลระหว่างระบบสารสนเทศโรงพยาบาล (HIS) กับเครื่อง EDC ในรูปแบบ End-to-End Integration สามารถช่วยลดขั้นตอนการทำงาน ลดความซ้ำซ้อน และเพิ่มความถูกต้องในการดำเนินงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ยังช่วยลดภาระงานของบุคลากร เพิ่มความรวดเร็วในการตรวจสอบสิทธิ และสนับสนุนกระบวนการเรียกเก็บค่ารักษาพยาบาลขององค์กรให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

ในด้านเทคโนโลยี ระบบ HisEDC ถือเป็นแนวทางการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศที่ช่วยยกระดับการบริหารจัดการข้อมูลด้านสุขภาพ และสนับสนุนการเปลี่ยนผ่านสู่การให้บริการทางการแพทย์ในรูปแบบดิจิทัล อีกทั้งยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับสถานพยาบาลอื่นที่มีบริบทใกล้เคียงกัน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการดำเนินงานและรองรับการพัฒนาระบบบริการสุขภาพในอนาคต (สำนักงานหลักประกันสุขภาพแห่งชาติ, 2567)

เอกสารอ้างอิง

พรชัย มงคลวนิช, สุรพงษ์ อัศวเนตรมงคล และ วิชัย เอกพลากร. (2564). การพัฒนาระบบสารสนเทศทางการแพทย์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการให้บริการในโรงพยาบาล. วารสารวิชาการสาธารณสุข. 30(2): 245–258.

วิทยา นาคมณี. (2565). เทคโนโลยีสารสนเทศในระบบบริการสุขภาพยุคดิจิทัล. วารสารระบบสารสนเทศด้านสุขภาพ. 14(1): 1–15.

วิโรจน์ ตั้งเจริญเสถียร, ศิริวรรณ พิทยรังสฤษฎ์ และ จเด็จ ธรรมธัชอารี. (2563). การพัฒนาระบบการเรียกเก็บค่ารักษาพยาบาลในระบบหลักประกันสุขภาพของประเทศไทย. วารสารวิจัยระบบสาธารณสุข. 14(3): 310–325.

ศิริพร ลิมปนคุณ. (2566). ประสิทธิผลของการใช้เทคโนโลยีในการตรวจสอบสิทธิการรักษาพยาบาลในโรงพยาบาลรัฐ. วารสารวิชาการสาธารณสุข. 32(1): 78–92.

สมชาย เอื้อวิทยาศุภร, สุนทรี วิทยานารถไพศาล และ ธนวรรณ กิจสุนทร. (2565). การประยุกต์ใช้เครื่อง Electronic Data Capture (EDC) ในการตรวจสอบสิทธิการรักษาพยาบาลในโรงพยาบาลมหาวิทยาลัย. วารสารเทคโนโลยีสารสนเทศทางการแพทย์. 8(2): 125–138.

สำนักงานหลักประกันสุขภาพแห่งชาติ. (2565). คู่มือบริหารกองทุนหลักประกันสุขภาพแห่งชาติ ปีงบประมาณ 2565. สำนักงานหลักประกันสุขภาพแห่งชาติ: กรุงเทพฯ.

สำนักงานหลักประกันสุขภาพแห่งชาติ. (2567). ประกาศคณะกรรมการหลักประกันสุขภาพแห่งชาติ เรื่อง มาตรการในการดำเนินงานเกี่ยวกับการเรียกเก็บค่าใช้จ่ายเพื่อบริการสาธารณสุขของหน่วยบริการ พ.ศ. 2567. สำนักงานหลักประกันสุขภาพแห่งชาติ: กรุงเทพฯ.

Sommerville I. (2016). Software Engineering. 10th Edition. Pearson Education Limited: London.

การพัฒนาระบบบริหารจัดการข้อมูลการเบิกจ่ายค่ารักษาพยาบาลผู้ป่วยใน เพื่อลดอัตราการติดไม่ผ่านการเบิกจ่าย ของศูนย์การแพทย์กาญจนาภิเษก

Development of an inpatient reimbursement management system to reduce claim rejection rates: A case study of golden jubilee medical center

วิทวัส แก้วแพร่[1*] และวรภัทร มีพันธุ์[1]
Wittawat Kaeophrae[1*] and Worapat Meepundh[1]

[1]ศูนย์การแพทย์กาญจนาภิเษก คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล นครปฐม*
[1]Golden Jubilee Medical Center, Faculty of Medicine Siriraj Hospital, Mahidol University, Nakhon Pathom
[*]Corresponding Author E-mail Address : wittawat.kae@mahidol.ac.th

บทคัดย่อ

ศูนย์การแพทย์กาญจนาภิเษก คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล เป็นสถานพยาบาลที่ให้บริการสาธารณสุขแก่ผู้ป่วยจำนวนมาก โดยเฉพาะกลุ่มผู้ใช้สิทธิการรักษาเบิกจ่ายตรงกรมบัญชีกลาง การศึกษาวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบสำหรับการเป็นตัวกลางในการบริหารจัดการข้อมูลการเบิกจ่ายค่ารักษาพยาบาลผู้ป่วยใน เพื่อแก้ปัญหาความไม่สมบูรณ์ของข้อมูลในระบบสารสนเทศโรงพยาบาล (HIS) และการส่งข้อมูลที่ไม่สอดคล้องกับเงื่อนไขและเกณฑ์การเบิกจ่ายของหน่วยงานส่วนกลาง ที่มีผลต่ออัตราการติดไม่ผ่านการเบิกจ่ายค่ารักษาพยาบาลผู้ป่วยใน

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยและพัฒนาซึ่งดำเนินการเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลการเบิกจ่ายค่ารักษาพยาบาลของผู้ป่วยใน ด้วยสิทธิการรักษาเบิกจ่ายตรงกรมบัญชีกลาง ตั้งแต่ปีงบประมาณ 2564 ถึง 2568 โดยระบบจะทำหน้าที่เป็นกลไกตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลล่วงหน้า ในการคัดกรองข้อผิดพลาดเชิงโครงสร้างและตรวจสอบเงื่อนไขการเบิกจ่ายก่อนส่งเข้าสู่ระบบ Claim Information Public Network (CIPN)

การวัดและประเมินผลประสิทธิภาพของระบบ ใช้การเปรียบเทียบอัตราการติดไม่ผ่านการเบิกจ่ายค่ารักษาพยาบาล (Claim Rejection Rate) ผลการศึกษาพบว่า หลังจากนำระบบบริหารจัดการข้อมูลการเบิกจ่ายที่เป็นระบบตัวกลางดังกล่าวเข้ามาประยุกต์ใช้ ศูนย์การแพทย์กาญจนาภิเษกสามารถลดอัตราการติดไม่ผ่านการเบิกจ่าย (Code C) จากการเริ่มต้นของระบบร้อยละการติดไม่ผ่านการเบิกจ่ายอยู่ที่ 11.13 ลงเหลือร้อยละ 5.17 ในปีงบประมาณ 2568 อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งยังช่วยลดภาระงานซ้ำซ้อนของบุคลากร ที่ส่งผลให้ได้รับงบประมาณค่าบริการทางการแพทย์ที่รวดเร็วและแม่นยำยิ่งขึ้น อีกทั้งยังชี้ให้เห็นว่าการนำเทคโนโลยีสารสนเทศมาใช้ในการบริหารจัดการข้อมูลการเบิกจ่ายนั้นจะนำไปสู่ความมั่นคงทางการเงินและสร้างรากฐานสำคัญในการพัฒนาคุณภาพการบริการสาธารณสุขอย่างยั่งยืน

คำสำคัญ: การเบิกจ่ายค่ารักษาพยาบาลผู้ป่วยใน สวัสดิการรักษาพยาบาลข้าราชการ การติดไม่ผ่านการเบิกจ่ายค่ารักษาพยาบาล

Abstract

Golden Jubilee Medical Center, Faculty of Medicine Siriraj Hospital, Mahidol University, is a healthcare facility providing public health services to a large number of patients, particularly those utilizing the Civil Servant Medical Benefit Scheme (CSMBS). This research aims to develop a middleware system for inpatient reimbursement data management. The system addresses the limitations of incomplete data within the Hospital Information System (HIS) and data transmissions that do not comply with the central agency's criteria, both of which directly impact inpatient claim rejection rates.

his study is a research and development (R&D) project that collected and analyzed inpatient reimbursement data under the CSMBS from fiscal years 2021 to 2025. The developed system functions as a pre-audit mechanism to screen for structural errors and validate reimbursement conditions prior to data submission into the Claim Information Public Network (CIPN) system.

The system's efficiency was evaluated by comparing Claim Rejection Rates. The results demonstrated that after implementing this middleware data management system, Golden Jubilee Medical Center significantly reduced its inpatient claim rejection rate (Code C) from an initial baseline of 11.13% down to 5.17% in fiscal year 2025. Furthermore, the system reduced redundant staff workloads, leading to faster and more accurate medical service budget allocations. This underscores that leveraging information technology for reimbursement data management contributes to organizational financial sustainability and establishes a vital foundation for the sustainable development of healthcare service quality.

Keywords: Inpatient Claim Management, civil Servant Medical Benefit Scheme, Medical Claim Rejection

บทนำ

ในระบบสาธารณสุขยุคดิจิทัล การบริหารจัดการข้อมูลการเบิกจ่ายค่ารักษาพยาบาลถือเป็นกลไกเชิงยุทธศาสตร์ที่สำคัญในการสร้างเสถียรภาพทางการเงินให้แก่สถานพยาบาล โดยระบบสารสนเทศที่มีประสิทธิภาพไม่เพียงแต่ช่วยให้การรับส่งข้อมูลระหว่างโรงพยาบาลและหน่วยงานตรวจสอบกลางเป็นไปอย่างถูกต้องแม่นยำเท่านั้น แต่ยังช่วยลดข้อผิดพลาดเชิงเทคนิคและลดการสูญเสียรายได้จากการปฏิเสธการจ่ายค่ารักษาพยาบาล ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดการจัดการสารสนเทศสุขภาพที่มุ่งเน้นความถูกต้องของข้อมูลตั้งแต่ต้นทาง ปัจจุบันกรมบัญชีกลางได้ยกระดับมาตรการการส่งข้อมูลเบิกจ่ายค่ารักษาพยาบาลผู้ป่วยใน (IPD) สู่รูปแบบมาตรฐาน CIPN Version 2 ซึ่งกำหนดให้สถานพยาบาลต้องนำส่งข้อมูลในรูปแบบโครงสร้างอิเล็กทรอนิกส์ที่มีการตรวจสอบความสัมพันธ์เชิงลึกของข้อมูล (Data Validation) เพื่อรับรองความมั่นคงปลอดภัยและความถูกต้องของข้อมูลสุขภาพตามที่กฎหมายกำหนด

อย่างไรก็ตาม จากการดำเนินงานของศูนย์การแพทย์กาญจนาภิเษก คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล ซึ่งเป็นสถานพยาบาลที่มีสัดส่วนผู้รับบริการด้ายสิทธิการรักษาเบิกจ่ายตรงกรมบัญชีกลางเป็นหลัก พบว่าระบบสารสนเทศของโรงพยาบาล (Hospital Information System: HIS) เดิม มีข้อจำกัดด้านสถาปัตยกรรมซอฟต์แวร์ที่ไม่

รองรับการแปลงโครงสร้างข้อมูลที่มีความซับซ้อนตามมาตรฐาน CIPN Version 2 ได้โดยตรง ข้อจำกัดดังกล่าวนำไปสู่ปัญหาความล่าช้าในกระบวนการเตรียมข้อมูล การตรวจพบข้อผิดพลาดก่อนการนำส่งข้อมูล ที่นำไปสู่การเกิดกรณีปฏิเสธการจ่ายเงิน โดยเฉพาะในรหัสความผิดพลาดกลุ่ม Code C ซึ่งส่งผลกระทบโดยตรงต่อสภาพคล่องทางการเงินและการบริหารงบประมาณในภาพรวม อีกทั้งยังสร้างภาระงานสะสมในการตรวจสอบและแก้ไขข้อมูลย้อนหลังของบุคลากรสังกัดงานการคลัง

ในการแก้ไขปัญหาข้อมูลเบิกจ่ายที่ไม่สมบูรณ์นั้น ส่วนใหญ่มักใช้วิธีการแก้ไขปัญหาหลัก 2 แนวทาง ดังนี้

1. การใช้แรงงานบุคลากร (Manual Review) ในการตรวจสอบรายงานความผิดพลาดและแก้ไขทีละรายหลังจากการส่งข้อมูลปฏิเสธกลับมา ซึ่งวิธีนี้มีข้อจำกัดด้านระยะเวลาและเสี่ยงต่อความผิดพลาดจากมนุษย์ (Human Error)
2. การปรับปรุงโครงสร้าง (Modify) ที่ระบบสารสนเทศโรงพยาบาลโดยตรง ซึ่งแม้จะเป็นการแก้ที่ต้นทาง แต่มีข้อจำกัดสำคัญคือ ต้องใช้ระยะเวลานานในการพัฒนา มีค่าใช้จ่ายสูงจากบริษัทผู้ซอฟต์แวร์ภายนอก และส่งผลกระทบต่อเสถียรภาพของระบบงานบริการผู้ป่วยหน้างาน (Core HIS) ที่ต้องเปิดใช้งานตลอด 24 ชั่วโมง

ผู้วิจัยจึงเห็นถึงความจำเป็นและได้พัฒนาระบบบริหารจัดการข้อมูลการเบิกจ่ายที่เป็นระบบตัวกลาง (Middleware) ด้วยภาษา C# และฐานข้อมูล SQL Server ขึ้น ซึ่งมีจุดเด่นและข้อแตกต่างจากแนวทางเดิมอย่างมีนัยสำคัญ โดยระบบที่พัฒนาขึ้นนี้ทำหน้าที่เป็นกลไกตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลล่วงหน้าที่แยกอิสระจากระบบสารสนเทศโรงพยาบาลหลัก ทำให้ไม่มีผลกระทบต่อระบบงานส่วนหน้า (Front-end) สถาปัตยกรรมของระบบตัวกลางนี้ใช้ชุดคำสั่งในการคัดกรองข้อผิดพลาดเชิงโครงสร้างและการตรวจสอบเงื่อนไขการเบิกจ่ายตามเกณฑ์ CIPN Version 2 แบบอัตโนมัติก่อนการส่งออกข้อมูลจริง ซึ่งระบบมีความสามารถในการสกัดและตรวจสอบข้อมูลในระดับโครงสร้างความสัมพันธ์ล่วงหน้า ทำให้บุคลากรทราบจุดผิดพลาดและแก้ไขได้ทันทีก่อนการนำส่งข้อมูลการเบิกจ่ายค่ารักษาพยาบาล ขจัดปัญหาการทำงานซ้ำซ้อน ที่จะส่งผลให้สามารถลดอัตราการติดไม่ผ่านการเบิกจ่าย ยิ่งไปกว่านั้น ระบบนี้ยังถูกออกแบบให้มีความยืดหยุ่นในระดับโครงสร้างฐานข้อมูล (Scalability) ซึ่งสามารถพัฒนาเป็นต้นแบบในการปรับแต่งเงื่อนไขเพื่อขยายผลรองรับสิทธิการรักษาพยาบาลประเภทอื่นๆ ได้ในอนาคต การวิจัยนี้จึงไม่เพียงแต่ช่วยแก้ไขปัญหาเสถียรภาพทางการเงินขององค์กรได้อย่างเป็นรูปธรรม แต่ยังเป็นต้นแบบนวัตกรรมระบบสารสนเทศทางการแพทย์ที่นำไปประยุกต์ใช้ในโรงพยาบาลอื่นที่มีบริบทใกล้เคียงกันได้อย่างยั่งยืน

ที่มาแนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ระบบเครือข่ายสารสนเทศบริการกลางเพื่อการส่งข้อมูลค่ารักษาพยาบาล (Claim Information Public Network(CIPN))

ระบบเครือข่ายสารสนเทศที่ใช้ในการ "ส่งข้อมูลและเบิกจ่ายเงินค่ารักษาพยาบาล" สำหรับสวัสดิการรักษาพยาบาลข้าราชการ (CSMBS) ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อเป็นตัวกลางในการเชื่อมโยงข้อมูลระหว่าง สถานพยาบาล และ กรมบัญชีกลาง เพื่อให้การเบิกจ่ายมีความรวดเร็ว แม่นยำ และตรวจสอบได้ หน้าที่หลักของระบบ CIPN มีดังนี้

1. รับส่งข้อมูล: โรงพยาบาลจะส่งข้อมูลการรักษา (เช่น รหัสโรค, รหัสหัตถการ, รายการยา, ค่าใช้จ่าย) ผ่านระบบ CIPN เข้าไปยังฐานข้อมูลกลาง
2. ตรวจสอบสิทธิและเงื่อนไข: ระบบจะตรวจสอบเบื้องต้นว่ารายการที่ส่งเบิกถูกต้องตามระเบียบของกรมบัญชีกลาง (เช่น ยาตัวนี้เบิกได้ไหม, สิทธิผู้ป่วยยังใช้งานได้ปกติหรือไม่)
3. ประมวลผลการจ่ายเงิน: เมื่อข้อมูลผ่านการตรวจสอบ (Audit) ระบบจะทำหน้าที่สรุปยอดเพื่อจ่ายเงินคืนให้กับทางโรงพยาบาล

แนวคิดวงจรการพัฒนาระบบ (System Development Life Cycle: SDLC)

วงจรการพัฒนาระบบ หรือ SDLC ย่อมาจาก Software Development Life Cycle คือกระบวนการที่มีโครงสร้างและเป็นระบบในการพัฒนาซอฟต์แวร์ที่ชัดเจน ให้มีคุณภาพและตรงตามความต้องการ แม้ว่าแต่ละรูปแบบมีวิธีการจัดการที่แตกต่างกัน ซึ่งวงจรการพัฒนาระบบเป็นแนวคิดพื้นฐานของการพัฒนาระบบหรือซอฟต์แวร์ ซึ่งริเริ่มจากการวางแผนเพื่อวิเคราะห์ถึงปัญหาของระบบงานเดิม จากนั้นจึงดำเนินการศึกษาถึงความเป็นไปได้ในแง่มุมต่างๆ จนกระทั่งได้มีโครงการริเริ่มนำซอฟต์แวร์ไปใช้งานและเมื่อใช้งานไปตามกาลเวลา สิ่งแวดล้อมต่างๆ รวมถึงเทคโนโลยีก็อาจเปลี่ยนแปลงไปตามยุคสมัย ดังนั้นซอฟต์แวร์ก็อาจไม่สามารถตอบสนองการใช้งานได้ดี ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่ต้องดำเนินการเพื่อเริ่มศึกษาถึงปัญหาใหม่ด้วยการพัฒนาระบบใหม่หรือซอฟต์แวร์ใหม่ที่เหมาะสมด้วยแนวคิดวงจรการพัฒนาระบบมาเป็นกระบวนการทางความคิดเชิงตรรกะในการแก้ปัญหาทางธุรกิจด้วยระบบสารสนเทศ การเปลี่ยนกระบวนการพัฒนาซอฟต์แวร์ที่ซับซ้อนให้เป็นขั้นตอนที่ชัดเจนและจัดการได้ เพื่อลดความเสี่ยงของการดำเนินการ

สำหรับระยะต่างๆ ตามแบบแผนของวงจรพัฒนาระบบนั้นประกอบด้วย 5 ระยะ ดังต่อไปนี้

ระยะที่ 1 : การวางแผนโครงการ (Project Planning Phase) ในวงจรพัฒนาระบบ ไม่ใช่แค่การกำหนดวันส่งงาน แต่เป็นการวางรากฐานเพื่อลดความเสี่ยงที่จะทำให้โครงการล้มเหลว การดำเนินการในกิจกรรมนี้หากทำไม่ละเอียด อาจนำไปสู่ปัญหา งานไม่จบ งบบานปลายได้ สรุประยะของการวางแผนโครงการ จะประกอบไปด้วยกิจกรรมต่างๆ อาทิ กำหนดเป้าหมายและขอบเขต ศึกษาความเป็นไปได้ จัดทำตารางกำหนดเวลาโครงการ การวางแผนทรัพยากร และการบริหารความเสี่ยง

ระยะที่ 2 : การวิเคราะห์ (Analysis Phase) คือการศึกษาและทำความเข้าใจในความต้องการต่างๆ ที่ได้รวบรวมมาโดยนักวิเคราะห์ระบบจะนำมาวิเคราะห์เพื่อประเมินสิ่งที่ต้องดำเนินการ กำหนดรายละเอียดที่เกี่ยวกับความต้องการของผู้ใช้ หากประเมินความต้องการไม่ตรงวัตถุประสงค์อาจได้มาซึ่งระบบงานที่ไม่ตรงกับความต้องการของผู้ใช้อย่างแท้จริง ระยะของการวิเคราะห์จะประกอบไปด้วยกิจกรรมต่างๆ อาทิ วิเคราะห์ระบบงานปัจจุบัน รวบรวมความต้องการในด้านต่างๆ และนำมาวิเคราะห์เพื่อสรุปเป็นข้อกำหนดที่ชัดเจน การนำข้อกำหนดมาพัฒนาเป็นความต้องการของระบบใหม่ การสร้างแบบจำลองกระบวนการของระบบใหม่ และสร้างแบบจำลองข้อมูล

ระยะที่ 3 : การออกแบบ (Design Phase) จะเกี่ยวกับการออกแบบทางสถาปัตยกรรมระบบ ทั้งฮาร์ดแวร์ ซอฟต์แวร์ และเครือข่าย รวมทั้งการออกแบบจอภาพเพื่อปฏิสัมพันธ์กับผู้ใช้ ซึ่งการออกแบบนี้จะมุ่งเน้นถึงการดำเนินการแก้ไขปัญหาด้วยการนำผลลัพธ์ของแบบจำลองทางลอจิคัล (Logical Model) ที่ได้จากการวิเคราะห์มาพัฒนาเป็นแบบจำลองทางฟิสิคัล(Physical Model) ระยะของการออกแบบ จะประกอบไปด้วยกิจกรรมต่างๆ อาทิ การออกแบบฐานข้อมูล การออกแบบเอาต์พุตและอินพุต การออกแบบยูสเซอร์อินเตอร์เฟซ การจัดทำต้นแบบ และการออกแบบโปรแกรม

ระยะที่ 4 : การนำไปใช้ (Implementation Phase) คือทำให้ระบบเกิดผลขึ้นมาด้วยการสร้างระบบ ทดสอบระบบและการติดตั้งระบบ รวมไปถึงการฝึกอบรมเพื่อใช้งานระบบ ระยะของการนำไปใช้จะประกอบไปด้วยกิจกรรมต่างๆ อาทิ การเขียนโปรแกรม การตรวจสอบความถูกต้องและทดสอบระบบ การแปลงข้อมูล การติดตั้งระบบ รวมถึงฝึกอบรมผู้ใช้

ระยะที่ 5 : การบำรุงรักษา (Maintenance Phase) จะไม่นำไปรวมกับในส่วนของวงจรการพัฒนาจนกว่าระบบมีการติดตั้งเพื่อใช้งานแล้ว ระยะนี้ใช้เวลายาวนานที่สุด เนื่องจากระบบต้องได้รับการบำรุงรักษาตลอดระยะเวลาที่มีการใช้ระบบ ระยะการบำรุงรักษาประกอบไปด้วยกิจกรรมต่างๆ อาทิ การบำรุงรักษาระบบ การสนับสนุนงานของผู้ใช้ และการเพิ่มเติมคุณสมบัติใหม่ๆ

แนวคิดต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree)

แนวคิดเชิงตรรกะและโครงสร้างลำดับชั้นของต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree Logic)" สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในลักษณะของเครื่องมือจัดโครงสร้างทางความคิดและการออกแบบชุดคำสั่งคอมพิวเตอร์ (Programming Logic) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างกฎเกณฑ์ทางธุรกิจ (Business Rules) ในการดักจับข้อผิดพลาดของข้อมูลเบิกจ่าย ซึ่งมิใช่การสร้างโมเดลพยากรณ์ผลด้วยปัญญาประดิษฐ์ (Machine Learning Model) แต่เป็นการใช้สถาปัตยกรรมลำดับชั้นแบบต้นไม้เพื่อเปลี่ยนเกณฑ์การเบิกจ่ายอันซับซ้อนของกรมบัญชีกลาง ให้เป็นแผนผังทางเลือกเชิงตรรกะ (Logical Flowchart) ที่ชัดเจน แนวคิดหลักและองค์ประกอบของโครงสร้างตรรกะต้นไม้ตัดสินใจที่นำมาประยุกต์ใช้ มีดังนี้

1. โครงสร้างลำดับชั้นและการไหลของข้อมูล (Tree-Structured Logic Flow) โครงสร้างตรรกะจะเริ่มต้นจากจุดบนสุดลงมาตามลำดับชั้น เพื่อคัดกรองข้อมูลผู้ป่วยใน (IPD) ออกเป็นกลุ่มตามเงื่อนไขที่กำหนด
   - โหนดราก (Root Node): ข้อมูลดิบชุดเข้า (Input Data) ทั้งหมดของรายงานการเบิกจ่ายผู้ป่วยในก่อนส่งออก
   - โหนดการตัดสินใจภายใน (Decision Nodes): จุดตรวจสอบเงื่อนไขความสัมพันธ์เชิงลึกของข้อมูล (Data Validation)
   - โหนดใบ (Leaf Nodes): ผลลัพธ์สุดท้ายของการคัดกรอง

2. การแยกประเภทข้อมูลแบบจำเพาะเจาะจง (Deterministic Splitting) ในการพัฒนาระบบเพื่อตรวจสอบข้อมูลโดยการใช้เกณฑ์การตัดสินใจแบบเด็ดขาด โดยการอ้างอิงจากแหล่งที่มาที่ของข้อมูลที่นำมาพัฒนาระบบ เพื่อให้มั่นใจว่าข้อมูลที่ผ่านแต่ละเงื่อนไขมีความถูกต้องตามมาตรฐานของหน่วยงานที่ต้องนำส่งข้อมูล อย่างสมบูรณ์

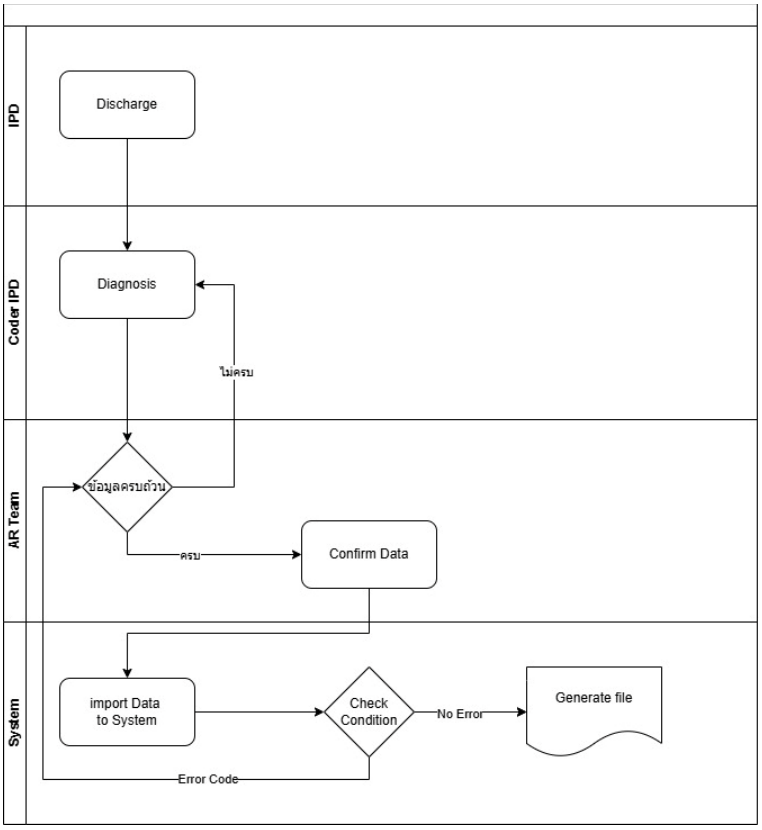
3. การแปลงตรรกะสู่กฎควบคุม "ถ้า...แล้ว..." (If-Then-Else Rules) จุดเด่นสำคัญของการใช้ตรรกะต้นไม้ตัดสินใจ คือ สามารถแปลงโครงสร้างภาพของลำดับชั้นให้กลายเป็นกฎ "If-Then-Else" ในทางคอมพิวเตอร์ได้อย่างตรงไปตรงมา การจัดเรียงชุดคำสั่งในลักษณะนี้ช่วยให้โปรแกรมสามารถประมวลผลและตรวจสอบข้อมูลเป็นขั้นเป็นตอนได้อย่างมีประสิทธิภาพสูง

ประโยชน์ของการนำต้นไม้ตัดสินใจมาใช้จะทำให้ง่ายต่อการตีความและการรปรับปรุงระบบ โดยการใช้โครงสร้างตรรกะแบบต้นไม้ทำให้สามารถเห็นลำดับความสำคัญของเงื่อนไขได้อย่างชัดเจน อีกทั้งยังมีประโยชน์ด้านความยืดหยุ่นเชิงระบบที่หากมีการแก้ไขเปลี่ยนแปลงเงื่อนไขในอนาคต จะสามารถปรับปรุงเฉพาะโหนด หรือกิ่ง ได้ทันทีโดยไม่ต้องรื้อถอนโครงสร้างหรือเขียนชุดคำสั่งในระบบใหม่ทั้งหมด ซึ่งให้ความแม่นยำสูงกว่าการใช้ตรรกะที่ซับซ้อนในอัลกอริทึมประเภทอื่น

บทวิเคราะห์

การพัฒนาระบบบริหารจัดการข้อมูลการเบิกจ่ายค่ารักษาพยาบาลผู้ป่วยในเพื่อลดอัตราการติดไม่ผ่านการเบิกจ่ายสำหรับศูนย์การแพทย์กาญจนาภิเษก เพื่อให้ระบบมาเป็นระบบตัวกลางจะดำเนินการตามแนวคิดวงจรการพัฒนาระบบ (System Development Life Cycle: SDLC) ที่นำหลักการต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree Analysis) มาเป็นพื้นฐานในการออกแบบกลไกตรวจสอบความถูกต้อง โดยจะทำการจำแนกประเภทข้อผิดพลาดผ่านลำดับชั้นของเงื่อนไข (Hierarchical Logic) ตามมาตรฐาน CIPN Version 2 สำหรับการกำหนดจุดตัดสินใจ และคัดกรองข้อมูลที่มีความเสี่ยงต่อการถูกปฏิเสธ ลดการเกิดวงจรการแก้ไขข้อมูลย้อนหลัง และเพิ่มโอกาสในการได้รับการอนุมัติการเบิกจ่ายในครั้งแรก

ระบบได้เปลี่ยนการตรวจสอบในรูปแบบเดิมผ่านการใช้ทรัพยากรบุคคลเป็นผู้ตรวจสอบ มาเป็นการใช้ระบบสนับสนุนการตัดสินใจ ด้วยขั้นตอนของแนวคิดต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree) เพื่อสร้างมาตรฐานการตรวจสอบข้อมูลที่คงเส้นคงวาและลดความเหลื่อมล้ำในการพิจารณา โดยมีกระบวนการในการดำเนินการดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 แผนภาพขั้นตอนการไหลของข้อมูลจากระบบสารสนเทศโรงพยาบาลสู่ระบบบริหารจัดการข้อมูลการเบิกจ่าย

จากรูปที่ 1 จะแสดงกระบวนการในการไหลของข้อมูลของผู้ป่วยในเมื่อการรักษาพยาบาลของผู้ป่วยในเสร็จสิ้น(IPD) ของสิทธิการรักษาเบิกจ่ายตรงกรมบัญชีกลางจากระบบสารสนเทศโรงพยาบาล และเข้าสู่การการระบุรหัสวินิจฉัยโรคโดยนักเวชสถิติ(Coder IPD) และตรวจสอบข้อมูลโดยหน่วยการเงินรับ(AR Team) หากการระบุรหัสวินิจฉัยไม่ครบถ้วนสมบูรณ์ตามเงื่อนไขของระบบจะส่งกลับไปให้นักเวชสถิติดำเนินการและส่งให้กับหน่วยการเงินรับอีกครั้ง และหากทางหน่วยการเงินรับตรวจสอบข้อมูลครบถ้วนสมบูรณ์ จะดำเนินการนำเข้าข้อมูลสู่ระบบบริการจัดการข้อมูลการเบิกจ่ายค่ารักษาพยาบาลผู้ป่วยในภายในระบบจะมีการตรวจสอบเงื่อนไขที่กำหนดไว้ภายในระบบบริหารจัดการข้อมูลการเบิกจ่ายค่ารักษาพยาบาลผู้ป่วยในและหากไม่ถูกต้องจะส่งกลับยังหน่วยการเงินรับดำเนินการ และเมื่อไม่พบข้อผิดพลาดจะดำเนินการสร้างไฟล์สำหรับการนำส่งการเบิกจ่ายค่ารักษาพยาบาลให้กับหน่วยงานภายนอก

ในการพัฒนาระบบบริหารจัดการข้อมูลการเบิกจ่ายค่ารักษาพยาบาลผู้ป่วยในนั้นดำเนินการตามขั้นตอนของวงจรการพัฒนาระบบ(System Development Life Cycle) มาใช้เป็นกรอบของการดำเนินการ ซึ่งมีระยะการดำเนินการดังนี้

ระยะที่ 1 : การวางแผนโครงการ

กำหนดเป้าหมาย : ระบบเริ่มใช้งานในปีงบประมาณ 2564 และสามารถลดอัตราการติดเงื่อนไขการเบิกจ่ายค่ารักษาพยาบาลผู้ป่วยในด้วยสิทธิการรักษาเบิกจ่ายตรงกรมบัญชีกลาง โดยภายใน 5 ปี รายการที่ติดเงื่อนไขการเบิกจ่ายจะทยอยลดลงจนถึงร้อยละ <=6

ระยะที่ 2 : การวิเคราะห์ (Analysis Phase)

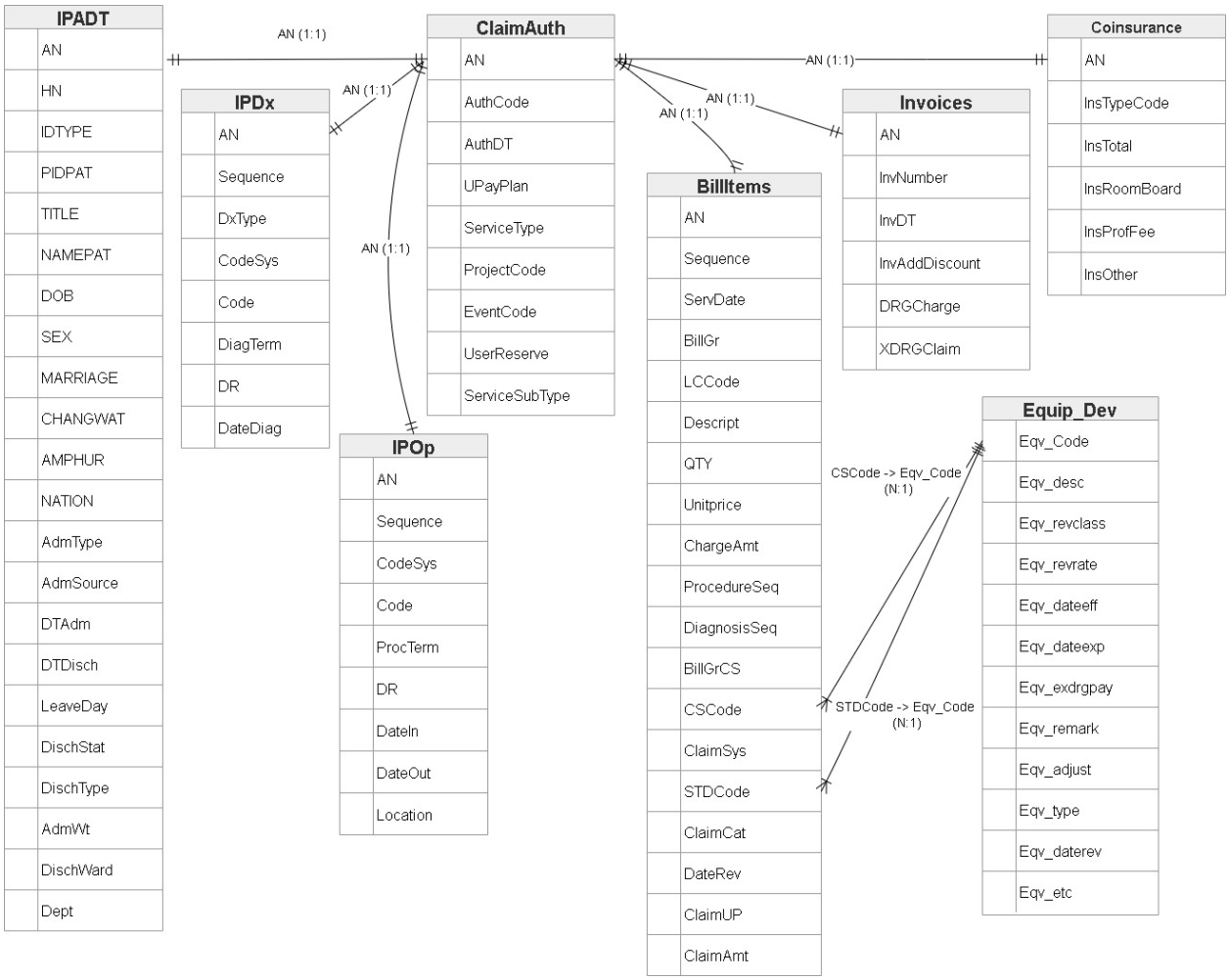
Business Requirement: ระบบสามารถสร้างไฟล์ XML รูปแบบไฟล์ (File Format): เป็นการผสมผสานระหว่าง XML Format (สำหรับโครงสร้างหลัก) และ Delimiter Separated Data Line (ใช้เครื่องหมาย | คั่นข้อมูลในแต่ละบรรทัด)

- ข้อกำหนดทางเทคนิค:
  - ใช้การเข้ารหัสอักษรแบบ windows-874 เพื่อรองรับภาษาไทย
  - มีระบบตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลด้วย HMAC (MD5 checksum) เพื่อความถูกต้องของไฟล์
  - บีบอัดไฟล์เป็น .ZIP โดยมีการกำหนดรูปแบบชื่อไฟล์ทั้ง XML และ ZIP เช่น HCode-DocType-AN-SubmDT.xml) ตัวอย่าง : 22952-CIPN-6504343-20221006144845.xml

Data Analysis: วิเคราะห์โครงสร้างข้อมูลจากระบบสารสนเทศโรงพยาบาลให้ตรงกับโครงสร้างสำหรับการนำส่งข้อมูลการเบิกจ่าย

ระยะที่ 3 : การออกแบบ (Design Phase)

Architecture Design: ออกแบบ Middleware(ระบบบริหารจัดการข้อมูลการเบิกจ่ายค่ารักษาพยาบาลผู้ป่วยใน) โดยการนำข้อมูล Data Analysis มาดำเนินการออกแบบแผนภาพที่ใช้แสดงความสัมพันธ์ของข้อมูลภายในฐานข้อมูลดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 Entity-Relationship Diagram ของระบบบริหารจัดการข้อมูลการเบิกจ่ายค่ารักษาพยาบาลผู้ป่วยใน

Logic Design: การออกแบบเงื่อนไขด้วยแนวคิดต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree) เพื่อให้ระบบ Middleware ตรวจสอบข้อมูลก่อนส่ง (Pre-audit) เราสามารถแบ่งการตัดสินใจออกเป็นลำดับชั้นดังนี้:

1. โครงสร้างข้อมูลผู้ป่วย (Patient Info)

- เงื่อนไข: ข้อมูลผู้ป่วย ถูกต้องครบถ้วนหรือไม่
- Action: ถ้าใช่ -> ผ่าน / ถ้าไม่ -> แจ้งเตือน Error "ข้อมูลไม่ครบถ้วน" กลับไปที่งานเวชระเบียน

2. โครงสร้างข้อมูลรหัสวินิจฉัยโรค (Diagnosis)

- เงื่อนไข: AN มีการระบุรหัสวินิจฉัยโรคครบถ้วนสมบูรณ์หรือไม่
- Action: ถ้าใช่ -> ผ่าน / ถ้าไม่ -> แจ้งเตือน Error "การระบุรหัสวินิจฉัยโรคไม่ครบถ้วน" กลับไปที่หน่วยเวชสถิติ งานเวชระเบียน

3. โครงสร้างหลัก (Main Classification)ระบบต้องจำแนกข้อมูลตาม หมวดค่าใช้จ่าย เพื่อเลือกกิ่ง (Branch) ในการตรวจสอบที่ถูกต้อง

- ถ้าเป็นหมวด 1 หรือ 12: ตรวจสอบความสัมพันธ์กับจำนวนวันนอนโรงพยาบาล (Admit Days)

- เงื่อนไข: ปริมาณ (ค่าห้อง+ค่าอาหาร) <=จำนวนวันนอนโรงพยาบาลหรือไม่
- Action: ถ้าใช่ -> ผ่าน / ถ้าไม่ -> แจ้งเตือน Error

- ถ้าเป็นหมวด 2: ตรวจสอบรหัสกรมบัญชีกลาง (CGD Code)
  - เงื่อนไข: CGD Code = EQV Code (Type 2) หรือไม่
  - Action:

    ถ้าตรง ->

    เงื่อนไข: ตรวจสอบตามเงื่อนไข ICD จากใน AN = ข้อมูล ICD ที่กรมบัญชีกลางกำหนด

    Action: ถ้าตรง -> นำข้อมูลเบิกนอก DRG / ถ้าไม่ตรง ->ปรับเปลี่ยนหมวดของรายการเป็นหมวด 5

    ถ้าไม่ตรง: ปรับเปลี่ยนหมวดของรายการเป็นหมวด 5
- ถ้าเป็นหมวด 3 หรือ 4 (ยา):
  - เงื่อนไข: มี TMT Code หรือไม่
  - Action:

    ถ้ามี ->

    เงื่อนไข: เป็นยาเฉพาะทาง หรือยา จ2 หรือไม่

    Action: ถ้าใช่ –>

    เงื่อนไข TMT Code = EQV Code (Type3)

    Action: ถ้าตรง -> นำข้อมูลเบิกนอก DRG /ถ้าไม่ตรง ->นำข้อมูลเบิกใน DRG

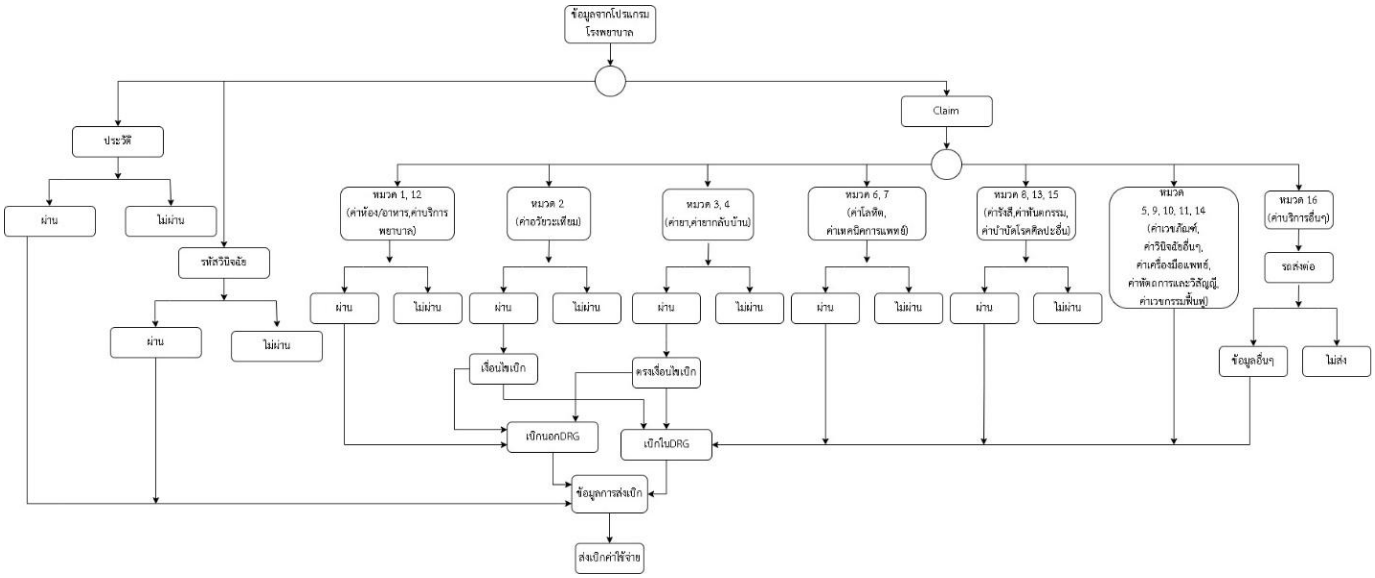
    ถ้าไม่มี -> แจ้งเตือน Error กลับไปงานเภสัชกรรม
- ถ้าเป็นหมวด 6 หรือ 7 (Lab):
  - เงื่อนไข: มี TMLT Code หรือไม่
  - Action: ถ้ามี -> ผ่าน / ถ้าไม่มี -> แสดง Error "ขึ้นทะเบียน Lab Category ก่อน"
- ถ้าเป็นหมวด 8, 13, 15:
  - เงื่อนไข: AN มี CGD Code ครบทุกรายการหรือไม่
  - Action: ถ้ามี -> / ถ้าไม่มี แจ้งเตือน Error กลับหน่วยงานรับผิดชอบ

    <u>หมายเหตุ</u> : หมวด 8 แจ้งกลับงานรังสีวินิจฉัย

    หมวด 13 แจ้งกลับโรงพยาบาลทันตกรรมมหาจักรีสิรินธร

    หมวด 15 แจ้งกลับหน่วยแพทย์ทางเลือก
- ถ้าเป็นหมวด 16:
  - เงื่อนไข: เป็นรถส่งต่อใช่หรือไม่
  - Action: ถ้าใช่->นำไปส่งในระบบอื่นเพิ่มเติม/ถ้าไม่ใช่->ส่งข้อมูลตามปกติ

จาก Logic Design สามารถนำมาแสดงในรูปแบบของต้นไม้ตัดสินใจดังรูปที่ 3

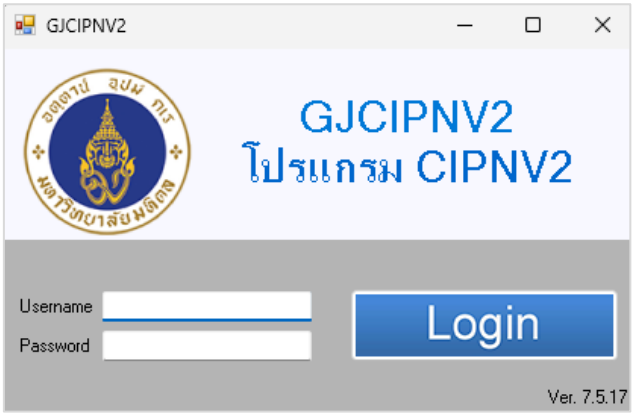


รูปที่ 3 แผนภาพต้นไม้ตัดสินใจตาม Logic Design ของระบบบริหารจัดการข้อมูลการเบิกจ่ายค่ารักษาพยาบาลผู้ป่วยใน

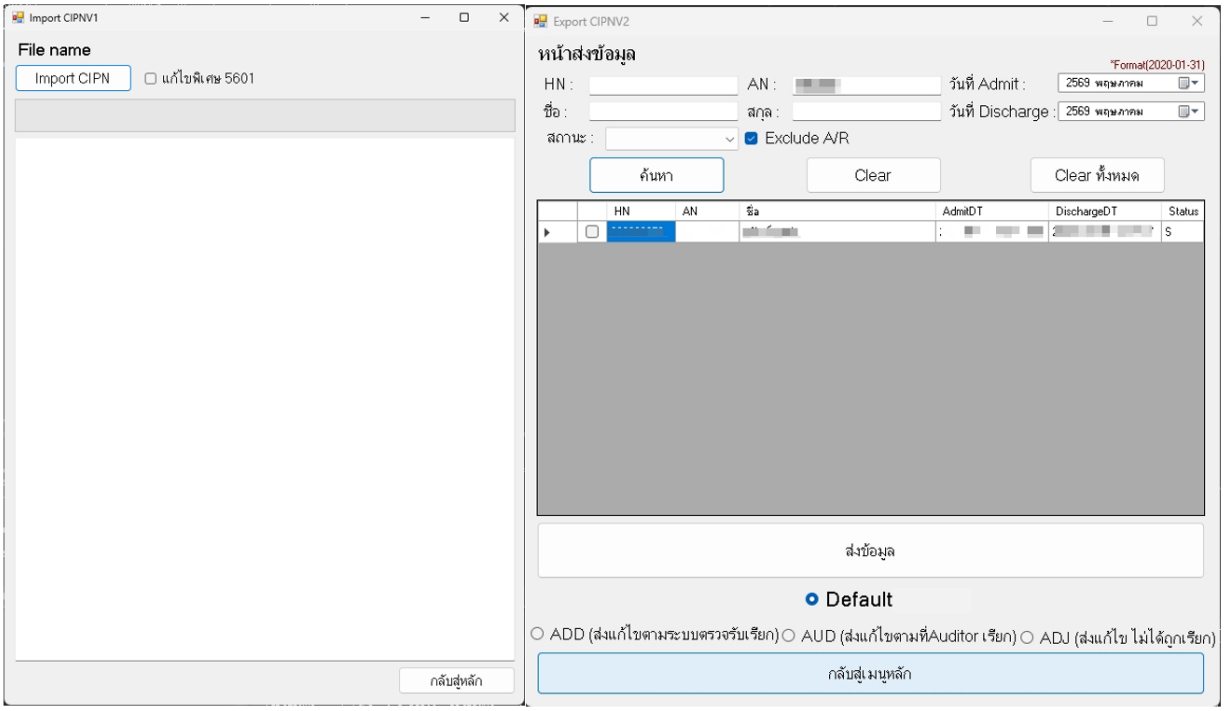
ตัวอย่างการนำแนวคิดต้นไม้ตัดสินใจ(Decision Tree) สร้างเป็นกฎการตัดสินใจ ดังนี้

IF (CATEGORY = 3) THEN
IF (TMT IS NULL) THEN Message "XXXXXXXX" RETURN
ELSE IF (TMT Code = EQVCodeType3) THEN CLAIM = XDRG
ELSE CLAIM = DRG
IF (CATEGORY = 6 || CATEGORY = 7) THEN
IF (CGDCODE IS NULL) THEN Message "XXXXXXXX" RETURN
ELSE IF (TMLT IS NULL) THEN Message "XXXXXXXX" RETURN
ELSE CLAIM = DRG

Interface Design: ออกแบบหน้าจอการใช้งานให้ครอบคลุมกระบวนการที่จะสามารถส่งเบิกจ่ายค่ารักษาพยาบาลผู้ป่วยในด้วยสิทธิการรักษาเบิกจ่ายตรงกรมบัญชีกลางตามรูปที่ 4 และ 5



รูปที่ 4 หน้าจอเข้าสู่ระบบบริหารจัดการข้อมูลการเบิกจ่าย (GJCIPN)



รูปที่ 5 หน้าจอการทำงานของระบบบริหารจัดการข้อมูลค่ารักษาพยาบาลผู้ป่วยใน

ระยะที่ 4 : การนำไปใช้ (Implementation Phase)

การนำไปใช้จะแบ่งส่วนของระยะนี้ดังนี้

Coding: พัฒนาระบบ Windows Application ด้วยภาษา C#

Testing: ทดสอบระบบจะแบ่งเป็น 2 ส่วนดังนี้

- การทดสอบ Unit Test: การทดสอบนี้ดำเนินการโดยผู้พัฒนาระบบ โดยการทดสอบฟังก์ชันการทำงานและตรวจสอบข้อผิดพลาด

- การทดสอบ UAT Test: การทดสอบนี้ดำเนินการโดยผู้ใช้งานระบบ โดยดำเนินการทดสอบโดยเสมือนการใช้งานจริง

Installation: การดำเนินการในส่วนของระยะการนำไปใช้ในส่วนของการติดตั้งแบ่งเป็น2 ส่วนดังนี้

- ขออนุมัติการขึ้นใช้งานจริง(Go live) ผ่านที่ประชุมที่ประชุมคณะกรรมการที่ปรึกษาการเปลี่ยนแปลง (Change Advisory Board)
- การติดตั้ง: ผู้ใช้งานที่ต้องทำการติดตั้งระบบ ดำเนินการเขียนแบบฟอร์มแจ้งปฏิบัติงานระบบสารสนเทศ (FM-IT-032)
- การกำหนดสิทธิ(Role-based Access)

Training: อบรมผู้ใช้งานโดยการจัดทำคู่มือการใช้งาน และ อบรมให้กับผู้ใช้งานในการใช้งานระบบ

Support: เมื่อระบบ Go Live แล้วผู้ใช้งานระบบบริหารจัดการข้อมูลการเบิกจ่ายพบค่ารักษาพยาบาลผู้ป่วยใน พบปัญหาการใช้งาน ดำเนินการแจ้งได้ผ่านระบบ GJ e-Helpdesk (ระบบ Intranet)

ระยะที่ 5 : การบำรุงรักษา

Adaptive Maintenance: ปรับปรุงระบบเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงเกณฑ์การเบิกจ่ายจากกรมบัญชีกลาง โดยผู้ใช้งานที่มีส่วนเกี่ยวข้องดำเนินการทำหนังสือส่งถึงงานเวชสารสนเทศ ผ่านระบบ e-Doc และขออนุมัติการการแก้ไขเปลี่ยนแปลงระบบผ่านที่ประชุมคณะกรรมการที่ปรึกษาการเปลี่ยนแปลง (Change Advisory Board)

System Optimization: ตรวจสอบประสิทธิภาพของระบบเมื่อมีปริมาณข้อมูลสะสมเพิ่มมากขึ้น

การนำเครื่องมือต้นไม้ตัดสินใจมาประยุกต์ใช้ในการกำหนดเงื่อนไขของชุดคำสั่งในระบบบริการจัดการข้อมูลการเบิกจ่ายค่ารักษาพยาบาลผู้ป่วยในนั้นทำให้ ผลลัพธ์ของรายการที่ติดไม่ผ่านการเบิกจ่ายมีอัตราแปรผันตามเงื่อนไขของจำนวนชุดคำสั่งที่เพิ่มขึ้น โดยเมื่อชุดคำสั่งเพิ่มขึ้นจำนวนรายการที่ติดไม่ผ่านการเบิกจ่ายจะมีร้อยละที่น้อยลง ซึ่งส่งผลต่อประสิทธิภาพการทำงานที่สามารถแสดงรายละเอียดได้ดังตาราง 1

ตารางที่ 1 ตารางแสดงสถิติรายละเอียดหลังการนำระบบบริหารจัดการข้อมูลการเบิกจ่ายมาใช้งาน

ปีงบประมาณ	จำนวนส่งเบิกทั้งหมด (ราย)	รายการที่ผ่าน (ร้อยละ)	รายการที่ติดไม่ผ่านการเบิกจ่าย(ร้อยละ)	จำนวนชุดคำสั่ง
2564	2,865	88.87	11.13	284
2565	3,875	90.27	9.73	370
2566	3,278	95.52	4.48	519
2567	4,866	93.44	6.56	553
2568	5,400	94.83	5.17	566

จากตารางที่ 1 ซึ่งแสดงให้เห็นค่าความสัมพันธ์ของร้อยละในการติดเงื่อนไขที่มีความแปรผันตามจำนวนชุดคำสั่งที่กำหนดในระบบบริหารจัดการการเบิกจ่าย แต่เนื่องจากในปี 2567 ที่ร้อยละของการติดไม่ผ่านการเบิกจ่ายเพิ่มขึ้น มาจากปัจจัยภายนอกจากการบันทึกรหัส TMLT ในระบบ TMLT Mapping(สำนักงานพัฒนามาตรฐานระบบข้อมูลสุขภาพไทย (สมสท.)) ซึ่งดำเนินการโดยศูนย์เทคนิคการแพทย์และรังสีเทคนิคนานาชาติ มหาวิทยาลัยมหิดล ที่ไม่ถูกต้องทำให้เมื่อนำส่ง

เบิกจ่ายค่ารักษาพยาบาลจึงติดเงื่อนไขไม่ผ่านการเบิกจ่าย โดยจะเห็นว่าเมื่อมีการแก้ไขข้อมูลถูกต้องแล้วนั้นการแปรผันของร้อยละรายการที่ติดไม่ผ่านการเบิกจ่ายจะยังคงสัมพันธ์กับจำนวนชุดคำสั่งที่เพิ่มขึ้น

เมื่อทำการเปรียบเทียบกับงานวิจัยต่าง ๆ ที่ผ่านมาพบว่าการศึกษาครั้งนี้มีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ Dillon Chrimes (2023) ซึ่งใช้ต้นไม้ตัดสินใจ(Decision Tree) จากการจำลองกระบวนการคิดของผู้เชี่ยวชาญเฉพาะทางมาสกัดความรู้และแปลงเป็นกฎ(Rule) ในการพัฒนาเป็นระบบ และยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Al Fryan, et al. (2022) งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการนำเทคโนโลยี Decision Tree (ต้นไม้ตัดสินใจ) ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของปัญญาประดิษฐ์ (AI) มาประยุกต์ใช้ร่วมกับเทคโนโลยี Internet of Things (IoT) เพื่อช่วยในการวิเคราะห์และตัดสินใจทางการแพทย์ เช่น การวินิจฉัยโรคและการวางแผนรักษา

อภิปรายผลการวิจัย

ผลการพัฒนาระบบตัวกลาง เพื่อบริหารจัดการข้อมูลการเบิกจ่ายค่ารักษาพยาบาลผู้ป่วยใน ของสิทธิการรักษาเบิกจ่ายตรงกรมบัญชีกลางของศูนย์การแพทย์กาญจนาภิเษก สะท้อนให้เห็นถึงประสิทธิภาพในการควบคุมคุณภาพข้อมูล (Data Quality Control) และการบริหารวงจรรายได้ของสถานพยาบาลอย่างมีนัยสำคัญ โดยมีประเด็นสำคัญที่นำมาอภิปรายดังนี้

- ขีดความสามารถในการรองรับภาระงานและความแม่นยำเชิงระบบ (Scalability and Precision)จากการศึกษาพบว่า แม้ในปี พ.ศ. 2567 และ 2568 ปริมาณรายการส่งเบิกจะเพิ่มขึ้นอย่างก้าวกระโดดกว่าร้อยละ 88 เมื่อเทียบกับปี พ.ศ. 2564 แต่อัตรารายการที่ผ่านเกณฑ์ยังคงรักษาระดับไว้ได้สูงถึงร้อยละ 93–94 ผลลัพธ์นี้ชี้ให้เห็นว่าระบบตัวกลางที่พัฒนาขึ้นด้วยภาษา C# และฐานข้อมูล SQL Server มีขีดความสามารถในการรองรับภาระงานหนัก (Scalability) ได้เป็นอย่างดี
- การบริหารวงจรรายได้และการลดภาระงานบุคลากร (Revenue Cycle Management)การที่ระบบสามารถลดอัตราการติดไม่ผ่านการเบิกจ่าย (Claim Rejection Rate) ในรหัสความผิดพลาดกลุ่ม Code C จากเดิมร้อยละ 11.13 ลงเหลือร้อยละ 5.17 นำไปสู่การลดกระบวนการแก้ไขข้อมูลย้อนหลังด้วยมือได้มากกว่ากึ่งหนึ่ง
- ประสิทธิภาพของกลไกต้นไม้ตัดสินใจและการปรับตัวต่อปัจจัยภายนอก (Decision Tree and Environmental Change) แนวโน้มการลดลงของข้อผิดพลาดในภาพรวมตลอดปี พ.ศ. 2564–2568 เป็นข้อพิสูจน์ถึงความสำเร็จของการนำกลไกการตัดสินใจเชิงตรรกะ (Logic-based Decision) บนพื้นฐานแนวคิดต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree) มาประยุกต์ใช้เป็นกฎธุรกิจ (Business Rules) เพื่อดักจับข้อผิดพลาดเชิงลึกก่อนนำส่งข้อมูลเข้าสู่ระบบ CIPN Version 2 อย่างไรก็ตาม ประเด็นที่น่าสังเกตคือในช่วงปี พ.ศ. 2567–2568 มีอัตราข้อผิดพลาดดีดตัวสูงขึ้นเล็กน้อย ซึ่งอภิปรายได้ว่าเกิดจากปัจจัยภายนอก โดยเฉพาะการที่กรมบัญชีกลางมีการปรับเปลี่ยนเงื่อนไขเกณฑ์การเบิกจ่าย ประกาศรหัสหัตถการ และระเบียบข้อบังคับใหม่แบบฉับพลัน ซึ่งเป็นปัจจัยที่ไม่สามารถควบคุมได้จากภายในระบบ

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

การวิจัยและพัฒนาระบบบริหารจัดการข้อมูลการเบิกจ่ายค่ารักษาพยาบาลผู้ป่วยใน ด้วยสิทธิการรักษาเบิกจ่ายตรงกรมบัญชีกลางของศูนย์การแพทย์กาญจนาภิเษก ประสบความสำเร็จในการเปลี่ยนผ่านกระบวนการตรวจสอบข้อมูลจากระบบดั้งเดิมที่ใช้มนุษย์ (Manual Review) ไปสู่ระบบอัตโนมัติ (Automated Pre-audit System) โดยผลการดำเนินงานเชิงประจักษ์พบว่าไม่เพียงแต่การพัฒนาซอฟต์แวร์ให้กับองค์กร แต่เป็นการพัฒนาการสร้างโครงสร้างเชิงตรรกะที่สามารถนำไปใช้เป็นต้นแบบให้กับสถานพยาบาลอื่นๆ ที่มีเงื่อนไขคล้ายๆ กันได้ อีกทั้งระบบสามารถลดอัตราการติดไม่ผ่านการเบิกจ่ายจากร้อยละ 11.13 ลงเหลือเพียงร้อยละ 5.17 ภายในปีงบประมาณ 2568 ซึ่งบรรลุเป้าหมายที่ตั้งไว้อย่างมีนัยสำคัญ สถิติดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่า ประสิทธิภาพของการคัดกรองข้อมูลแปรผันตรงตามจำนวนชุดคำสั่งตรรกะที่ได้รับการพัฒนาและปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้ศูนย์การแพทย์กาญจนาภิเษกสามารถลดขั้นตอนการทำงานซ้ำซ้อน ยกระดับความรวดเร็วในวงจรเรียกเก็บเงิน และเสริมสร้างเสถียรภาพทางการเงินได้อย่างยั่งยืน

จากการศึกษาการพัฒนาระบบบริหารจัดการข้อมูลการเบิกจ่ายเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและลดอัตราการติดไม่ผ่านการเบิกจ่ายพบข้อเสนอแนะดังนี้

- การพัฒนาคลังข้อมูลกฎเกณฑ์ (Centralized Rule Engine): ควรมีการจัดทำฐานข้อมูลกฎเกณฑ์การเบิกจ่าย (Business Rules) ที่ปรับปรุงให้เป็นปัจจุบันเสมอ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงประกาศจากกรมบัญชีกลาง ระบบบริการจัดการข้อมูลการเบิกจ่ายควรจะสามารถอัปเดตเงื่อนไขได้โดยไม่ต้องเขียนโปรแกรมใหม่ทั้งหมด (Low-code configuration)
- การขยายผลสู่สิทธิการรักษาอื่น: แม้การศึกษานี้จะเน้นที่สิทธิกรมบัญชีกลาง (CIPN V2) แต่โครงสร้างระบบบริหารจัดการข้อมูลการเบิกจ่ายนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับสิทธิประกันสังคม หรือสิทธิหลักประกันสุขภาพถ้วนหน้า (UC) ได้ โดยการปรับเปลี่ยนกิ่งของต้นไม้ตัดสินใจตามเงื่อนไขของแต่ละกองทุน

เอกสารอ้างอิง

โอภาส เอี่ยมสิริวงศ์. (2560). การวิเคราะห์และออกแบบระบบ. (ฉบับปรับปรุงเพิ่มเติม, น.50-57). ซีเอ็ดยูเคชั่น.

Al Fryan, L. H., Shomo, M. I., Alazzam, M. B., & Rahman, M. A. (2022). Processing decision tree data using Internet of Things (IoT) and artificial intelligence technologies with special reference to medical application. BioMed Research International, 2022, Article 8626234. https://doi.org/10.1155/2022/8626234

Chrimes, D. (2023). Using decision trees as an expert system for clinical decision support for COVID-19. Interactive Journal of Medical Research, 12, Article e42540. https://doi.org/10.2196/42540

Hoffer, J. A., George, J. F., & Valacich, J. S. (2011). Modern systems analysis and design (6th ed,249-252). Prentice Hall.

IBM Data Science. (n.d.). What is a Decision Tree?. IBM. https://www.ibm.com/topics/decision-trees

ระบบจัดการงานครุภัณฑ์และพัสดุ หลักสูตรวิทยาการคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต
Asset and Office Supplies Management System for Computer Science Program, Suan Dusit University

ณัฐพล ขาวบริสุทธิ์[1*] จุฑาวุฒิ จันทรมาลี[1] นิพัฒน์ มานะกิจภิญโญ[1] และปเนต หมายมั่น[1]
Nuttapon Kaoborisuit[1*], Anawin Warongrubporn[1], Juthawut Chantharamalee[1], Nipat Manakijpinyo[1] and Panate Maimun[1]

[1] สาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลันสวนดุสิต*
[1] Faculty of Science and Technology, Department of Computer Science, Suan Dusit University*
[*]Corresponding Author E-mail Address : umar.sumanont@gmail.com

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการพัฒนาระบบจัดการงานครุภัณฑ์และพัสดุ สำหรับหลักสูตรวิทยาการคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อแก้ปัญหาการจัดการข้อมูลที่ซ้ำซ้อน ความล่าช้าในการค้นหาข้อมูล และความยากลำบากในการติดตามสถานะแบบเรียลไทม์ ซึ่งระบบเดิมมักดำเนินการด้วยการบันทึกแบบแมนนวลหรือใช้เอกสารกระดาษ

ผู้วิจัยได้ออกแบบและพัฒนาระบบในรูปแบบเว็บแอปพลิเคชัน (Web-based Application) เพื่อเปลี่ยนกระบวนการจัดการให้อยู่ในรูปแบบดิจิทัล ครอบคลุมตั้งแต่วงจรการจัดซื้อ การลงทะเบียนพัสดุ การเบิกจ่าย และการตรวจสอบสถานะ โดยใช้ระบบจัดการฐานข้อมูลที่ทันสมัยเพื่อให้ข้อมูลมีความถูกต้องและเข้าถึงได้ง่าย ผลการประเมินจากผู้ใช้งานพบว่า มีความเห็นต่อประสิทธิภาพระบบอยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$ = 4.50, S.D. = 0.58) และผู้ใช้งานมีความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.50, S.D. = 0.67) ซึ่งถือเป็นต้นแบบที่มีประสิทธิภาพ ระบบสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการปฏิบัติงาน ลดขั้นตอนการใช้กระดาษ และเพิ่มความแม่นยำในการรายงานข้อมูลพัสดุคงคลัง ซึ่งถือเป็นต้นแบบที่มีประสิทธิภาพในการบริหารจัดการทรัพยากรระดับหน่วยงานภายในมหาวิทยาลัย

คำสำคัญ: การจัดการครุภัณฑ์ ระบบพัสดุคงคลัง หลักสูตรวิทยาการคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต การติดตามทรัพยากร

Abstract

This article presents the development of a Durable Articles and Supplies Management System for the Computer Science Program at Suan Dusit University. Currently, the management of educational equipment and office supplies often faces challenges such as redundant data, slow retrieval processes, and difficulties in real-time tracking. To address these issues, the system was designed and developed to digitize the inventory lifecycle, including procurement, registration, distribution, and status monitoring.

The system was developed using a Web-based architecture, utilizing modern database management to ensure data integrity and accessibility. Key features include an automated tracking system for durable articles, a requisition portal for supplies, and a reporting module for administrative decision-making. The evaluation of the system, conducted by users within the program, indicates significant improvements in operational efficiency, a reduction in paperwork, and enhanced accuracy in inventory reporting. This system serves as an effective model for departmental resource management within an academic context.

Keywords: Durable Articles Management, Inventory System, Computer Science Program, Suan Dusit University, Resource Tracking.

บทนำ

ในยุคดิจิทัลปัจจุบัน การบริหารจัดการทรัพยากรภายในองค์กรอย่างมีประสิทธิภาพเป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยขับเคลื่อนการดำเนินงานให้เป็นไปอย่างราบรื่น การจัดการวัสดุสำนักงานและครุภัณฑ์ (Asset and Supplies Management) เป็นหนึ่งในกระบวนการสำคัญที่ช่วยลดต้นทุนและเพิ่มประสิทธิภาพการทำงาน (สมชาย ชูชาติ, 2564) อย่างไรก็ตาม จากการศึกษากระบวนการทำงานเดิมของหลักสูตรวิทยาการคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต พบว่ายังคงดำเนินการด้วยระบบเอกสาร (Paper-based) หรือการใช้โปรแกรมตารางคำนวณแบบออฟไลน์ ซึ่งก่อให้เกิดปัญหาหลายประการ อาทิ ความล่าช้าในการตรวจสอบสถานะพัสดุคงเหลือ ความผิดพลาดจากการบันทึกข้อมูลซ้ำซ้อน และการสูญหายของเอกสาร

ที่ผ่านมา แม้จะมีการนำระบบสารสนเทศสำเร็จรูปหรือระบบ ERP (Enterprise Resource Planning) มาใช้ในบางหน่วยงานเพื่อแก้ไขปัญหาเหล่านี้ แต่ระบบดังกล่าวมักมีความซับซ้อนในการใช้งานและมีค่าใช้จ่ายในการลงทุนและบำรุงรักษาสูง ประกอบกับบางระบบไม่รองรับการทำงานผ่านอุปกรณ์พกพา ทำให้ขาดความคล่องตัวในการปฏิบัติงานนอกสถานที่ เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการพัฒนาระบบจัดการงานครุภัณฑ์และพัสดุ (Model Pro Stock System) ในรูปแบบเว็บแอปพลิเคชัน (Web Application) ที่ทำงานบนระบบคลาวด์ (Cloud Computing) (Mell & Grance, 2011) โดยเลือกใช้เทคโนโลยี Google Apps Script ร่วมกับ Google Sheets เนื่องจากเป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพ ปลอดภัย เข้าถึงง่าย ยืดหยุ่น และที่สำคัญคือไม่มีค่าใช้จ่ายด้านลิขสิทธิ์ซอฟต์แวร์เพิ่มเติม (Google Developers, 2024) จึงเป็นเหตุให้ผู้วิจัยต้องดำเนินการพัฒนาระบบนี้ขึ้น เพื่อเป็นทางเลือกที่เหมาะสมกับบริบทของหลักสูตร

ระบบที่พัฒนาขึ้นนี้มุ่งเน้นการแก้ปัญหา (Pain Points) ของผู้ใช้งานทุกกลุ่ม ตั้งแต่ผู้ดูแลระบบ (SuperAdmin) พนักงานจัดสต็อก (Admin) ไปจนถึงผู้ใช้งานทั่วไป (User) โดยรองรับการทำงานผ่านอุปกรณ์พกพา มีระบบสแกนบาร์โค้ดเพื่อความรวดเร็ว ระบบแจ้งเตือนอัตโนมัติ และระบบอนุมัติที่ยืดหยุ่น เพื่อให้การบริหารจัดการพัสดุเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ โปร่งใส และตรวจสอบได้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาระบบจัดการงานครุภัณฑ์และพัสดุสำหรับหลักสูตรวิทยาการคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต
2. เพื่อประเมินประสิทธิภาพของระบบโดยผู้เชี่ยวชาญ
3. เพื่อศึกษาความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อระบบจัดการงานครุภัณฑ์และพัสดุ

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยและพัฒนา (Research and Development) โดยประยุกต์ใช้กระบวนการพัฒนาซอฟต์แวร์แบบวงจรชีวิต (SDLC) (Dennis et al., 2012; Sommerville, 2015) ควบคู่กับแนวคิด 3P (Pre-Production, Production, Post-Production) (กฤษมันต์, 2554) ในการดำเนินงาน ดังนี้

1.ขอบเขตของการวิจัย

1.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง:

กลุ่มผู้เชี่ยวชาญ: ผู้เชี่ยวชาญด้านการพัฒนาระบบสารสนเทศ จำนวน 3 ท่าน (เลือกแบบเจาะจง) เพื่อประเมินประสิทธิภาพของระบบ

กลุ่มผู้ทดลองใช้งาน: ประชากรคือบุคลากรและอาจารย์ในหลักสูตรวิทยาการคอมพิวเตอร์ จำนวน 6 คน (เจ้าหน้าที่ 1 คน, อาจารย์ 5 คน) และตัวแทนนักศึกษาที่ได้รับมอบหมายให้ช่วยงานเบิกจ่าย จำนวน 24 คน รวมกลุ่มตัวอย่างทั้งสิ้น 30 คน (เลือกแบบเจาะจง)

1.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย:

ระบบจัดการงานครุภัณฑ์และพัสดุ (Web Application)

แบบประเมินประสิทธิภาพระบบสำหรับผู้เชี่ยวชาญ (มาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ ตามแนวคิดของ Likert)

แบบสอบถามความพึงพอใจสำหรับผู้ใช้งาน (มาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ) สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)

2.วัสดุและเครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนา

2.1 Google Apps Script (GAS): ใช้สำหรับเขียนโปรแกรมฝั่ง Server-side เพื่อประมวลผลข้อมูลและเชื่อมต่อ API

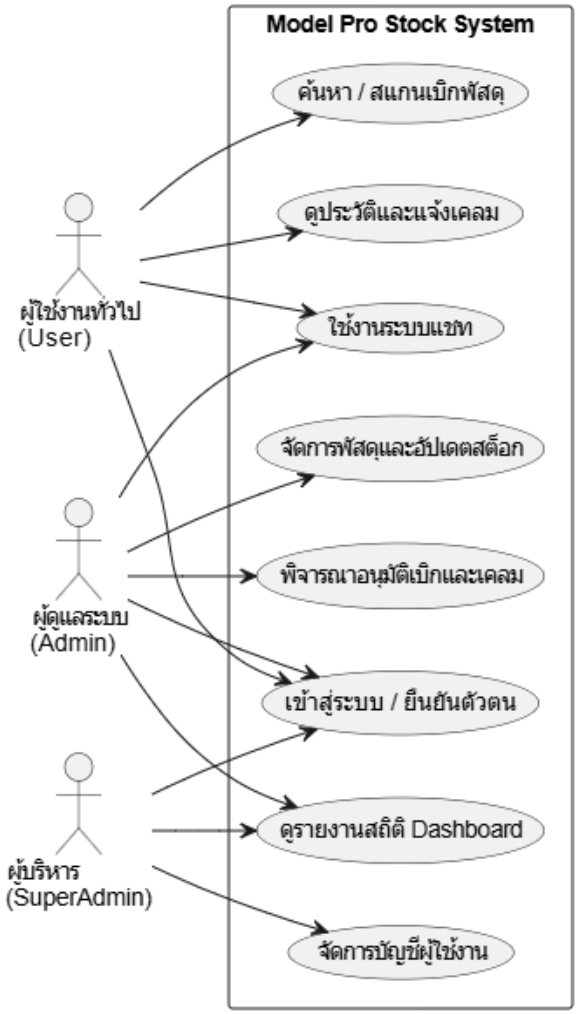
2.2 Google Sheets: ใช้เป็นฐานข้อมูล (Database) สำหรับจัดเก็บข้อมูลผู้ใช้ ข้อมูลพัสดุ และประวัติการทำรายการ

2.3 HTML5, CSS (Tailwind CSS v3.4), JavaScript: ใช้สำหรับพัฒนาส่วนติดต่อผู้ใช้งาน (User Interface) ให้มีความสวยงามและรองรับการแสดงผลแบบ Responsive

2.4 Library: ใช้ Html5Qrcode v2.3.8 สำหรับสแกนบาร์โค้ดผ่านกล้อง และ Chart.js สำหรับแสดงผลกราฟสถิติ

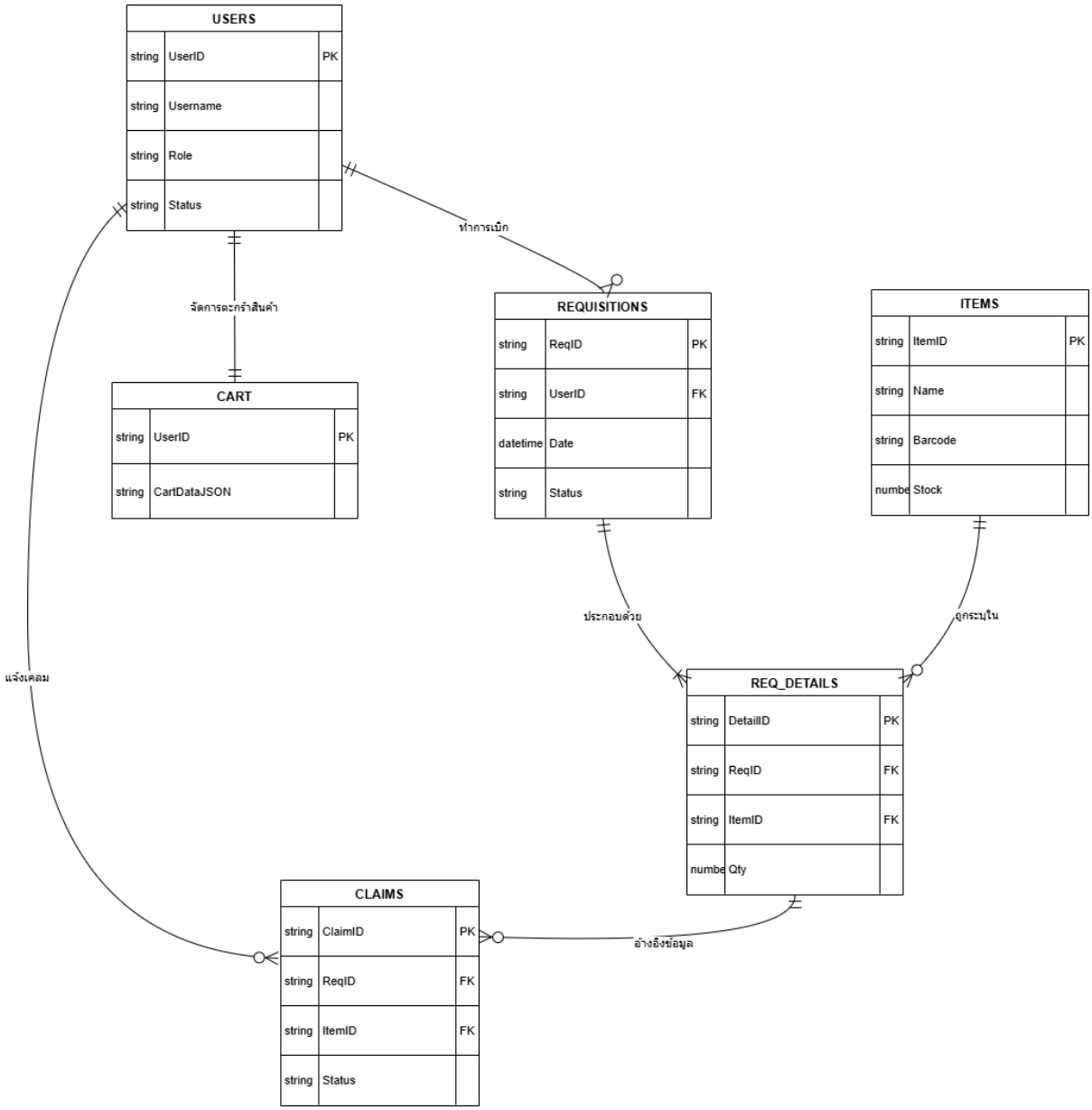
3.ขั้นตอนการดำเนินงาน

3.1 การวิเคราะห์และออกแบบระบบ (Analysis and Design): ศึกษากระบวนการทำงานเดิม รวบรวมความต้องการจากผู้ใช้งาน (User Requirement) และออกแบบแผนภาพกระแสข้อมูล (Data Flow Diagram) รวมถึงออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้ (UI Design) ให้รองรับทั้ง Desktop และ Mobile และนำมาออกแบบโครงสร้างของระบบเพื่อให้ครอบคลุมการทำงาน โดยมีการจัดทำแผนภาพและแบบจำลองเพื่อใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาดังนี้



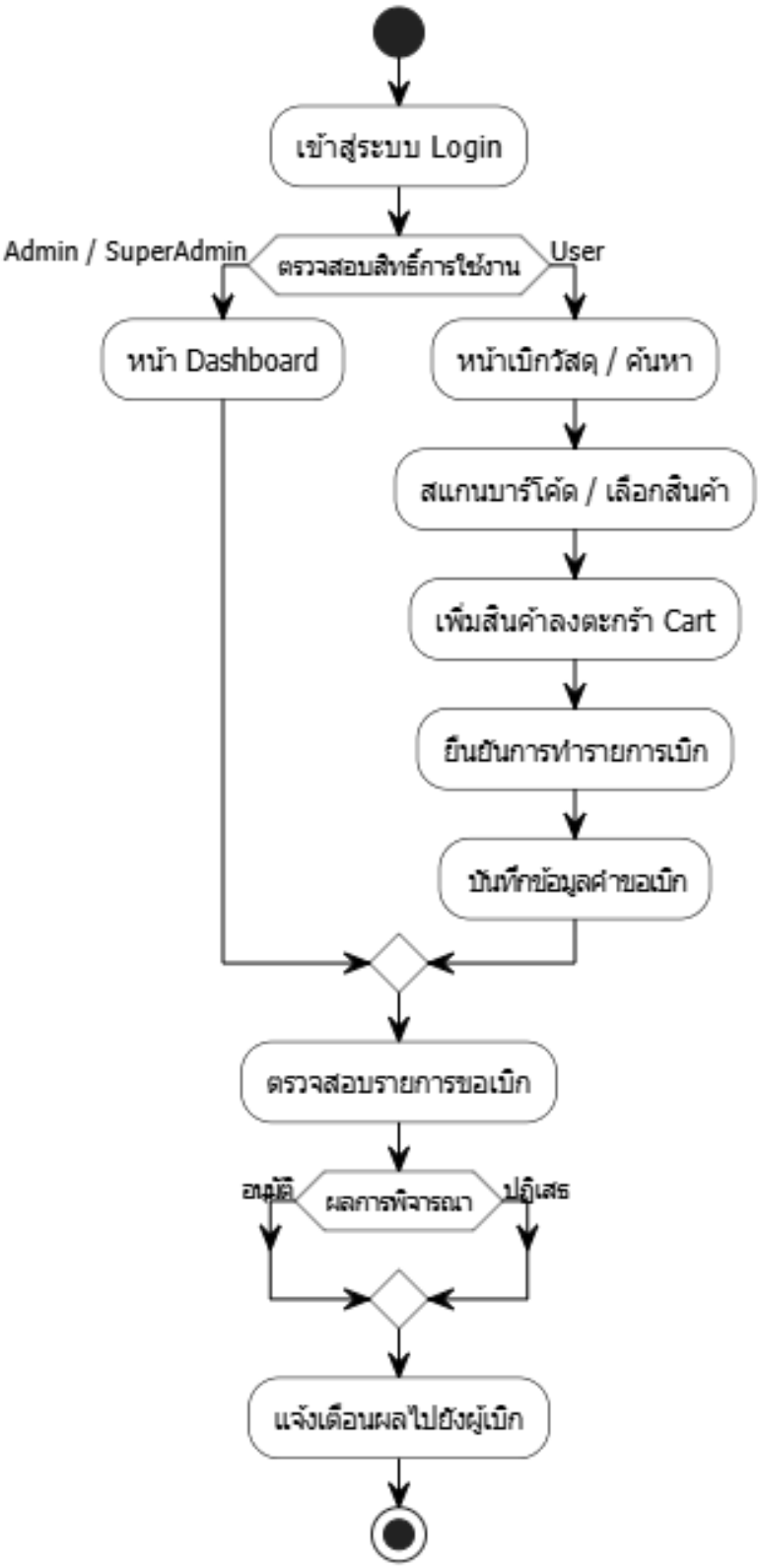
รูปที่ 1 แผนภาพยูสเคส (Use Case Diagram) แสดงการทำงานของผู้ใช้กับระบบ

3.1.1 การออกแบบการทำงานของผู้ใช้ (Use Case Diagram): ผู้วิจัยได้ออกแบบแผนภาพยูสเคสเพื่อแสดงสิทธิ์การใช้งานและปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้ใช้งานกลุ่มต่างๆ กับระบบ ได้แก่ ผู้ดูแลระบบ (SuperAdmin) พนักงานจัดสต็อก (Admin) และผู้ใช้งานทั่วไป (User) เพื่อกำหนดขอบเขตการเข้าถึงเมนูต่างๆ เช่น การเบิกวัสดุ การอนุมัติ และการจัดการพัสดุ แสดงดังรูปที่ 1



รูปที่ 2 แผนภาพความสัมพันธ์ของเอนทิตี (ER Diagram) ของระบบ

3.1.2 การออกแบบโครงสร้างฐานข้อมูล (Entity-Relationship Diagram: ER Diagram): ผู้วิจัยได้ออกแบบความสัมพันธ์ของโครงสร้างข้อมูลที่จะจัดเก็บลงในระบบ Google Sheets เพื่อลดความซ้ำซ้อนของข้อมูล โดยแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเอนทิตีที่สำคัญ เช่น ข้อมูลผู้ใช้งาน (Users) ข้อมูลรายการพัสดุ (Items) และข้อมูลการทำรายการเบิกจ่าย (Requisitions) แสดงดังรูปที่ 2



รูปที่ 3 แผนผังกระบวนการทำงาน (System Flowchart) ของระบบเบิกจ่ายพัสดุ

3.1.3 การออกแบบกระบวนการทำงานของระบบ (System Flowchart): ผู้วิจัยได้จัดทำแผนผังกระบวนการทำงานเพื่อแสดงขั้นตอนการทำงานของระบบตั้งแต่เริ่มต้นจนสิ้นสุดกระบวนการ เช่น ลำดับขั้นตอนการเข้าสู่ระบบ การค้นหาและสแกนบาร์โค้ดเพื่อเบิกวัสดุ การบันทึกลงตะกร้าสินค้า ตลอดจนขั้นตอนที่ผู้ดูแลระบบทำการตรวจสอบ อนุมัติ และการให้ระบบทำการตัดสต็อกสินค้าโดยอัตโนมัติ แสดงดังรูปที่ 3

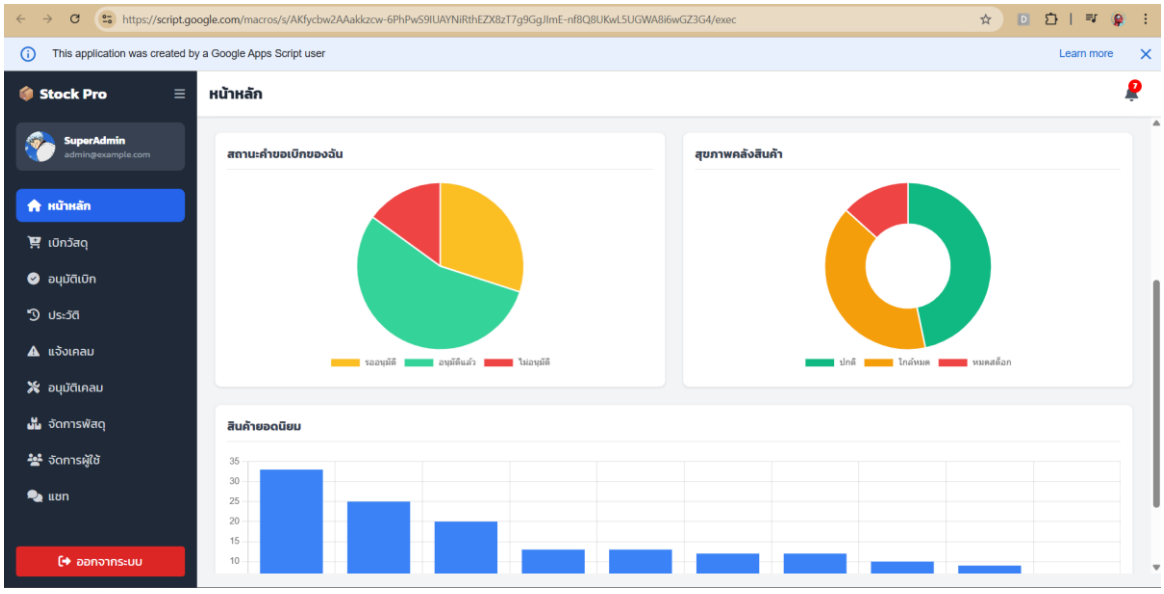
3.2 การพัฒนาระบบ (Development): ดำเนินการเขียนโปรแกรมตามที่ออกแบบไว้ โดยแบ่งเป็นโมดูลหลัก ได้แก่ ระบบสมาชิก, ระบบจัดการคลังสินค้า, ระบบเบิกจ่าย, และระบบรายงานผล

3.3 การทดสอบและปรับปรุง (Testing): ทดสอบการทำงานของระบบ (Functional Testing) และทดสอบการใช้งานจริง (Usability Testing) เพื่อหาข้อผิดพลาดและปรับปรุงแก้ไข

3.4 "การทดสอบการใช้งานจริง (Usability Testing) กับกลุ่มตัวอย่าง ประกอบด้วย นักศึกษาชั้นปีที่ 1-4 บุคลากรสายสนับสนุน และคณาจารย์ประจำ หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต จำนวน 30 คน

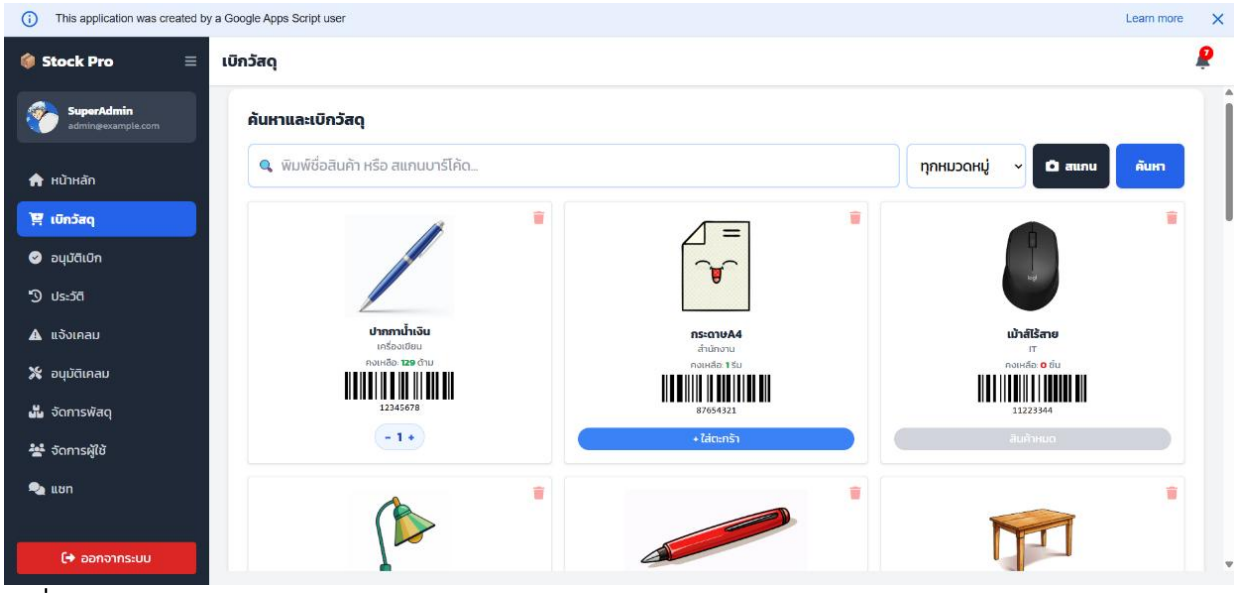
ผลการวิจัย

ระบบที่พัฒนาขึ้นเป็นเว็บแอปพลิเคชันที่สามารถทำงานได้สมบูรณ์ตามขอบเขตที่กำหนด โดยมีส่วนประกอบสำคัญดังนี้



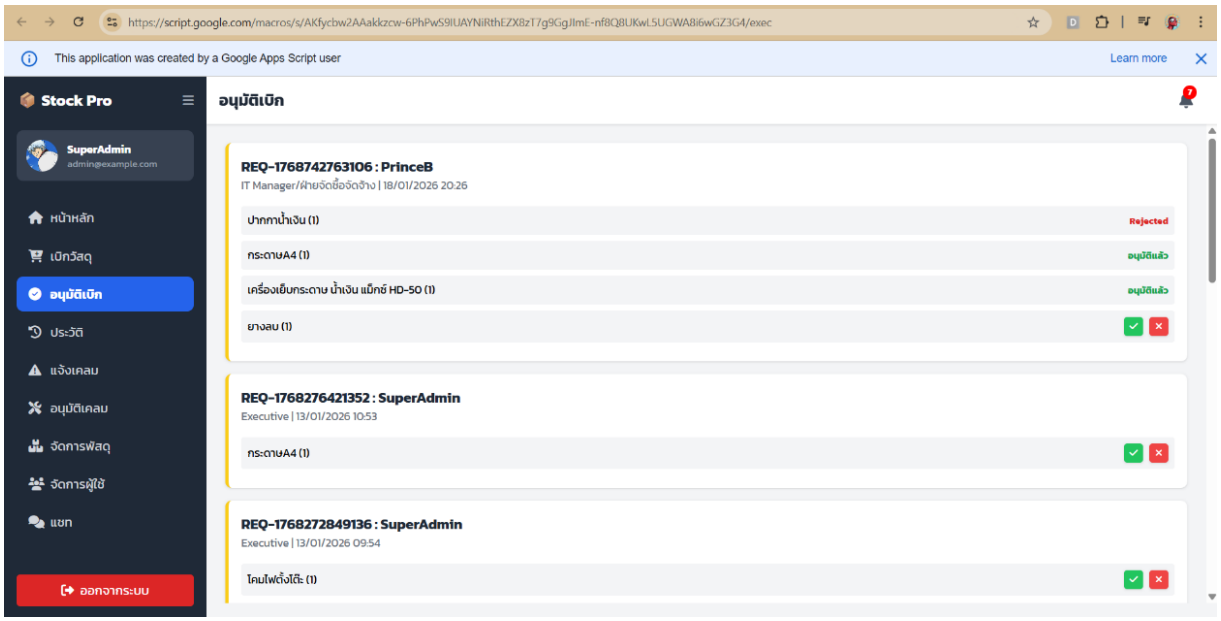
รูปที่ 4 หน้าจอแสดงผลหลัก (Dashboard) สำหรับผู้ดูแลระบบ

จากรูปที่4 จะเป็นส่วนการเข้าใช้งานและหน้าหลัก (Dashboard)เมื่อผู้ใช้งานเข้าสู่ระบบด้วย Username และ Password ระบบจะแสดงหน้า Dashboard ที่สรุปข้อมูลภาพรวม เช่น จำนวนรายการรออนุมัติ สินค้าใกล้หมดอายุ และสถิติการเบิกจ่าย



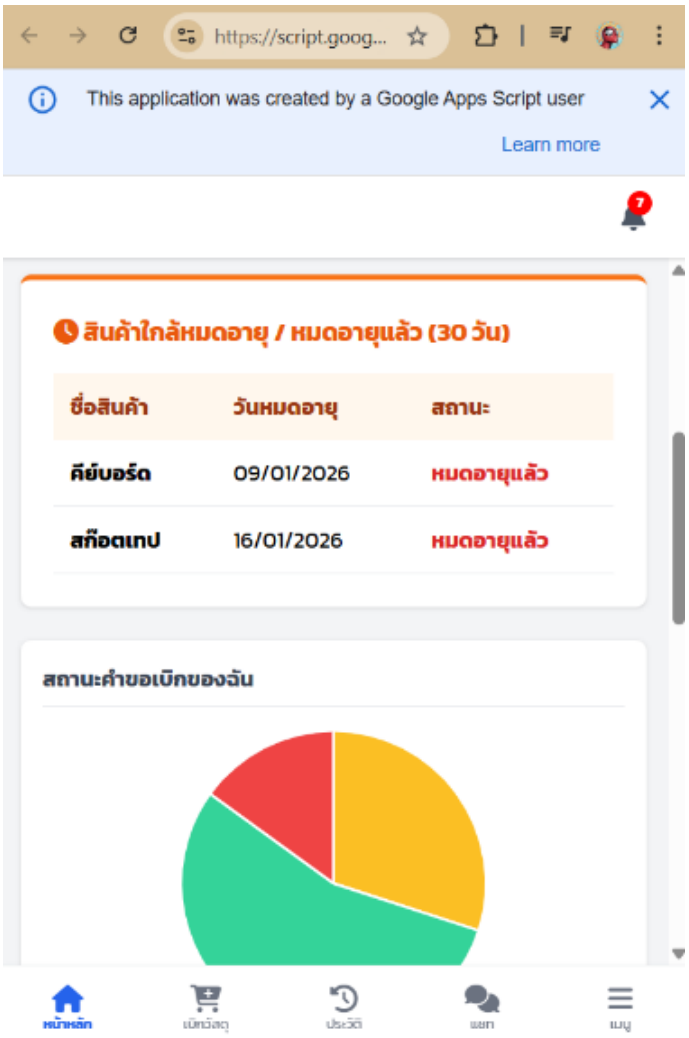
รูปที่ 5 หน้าจอการค้นหาและเบิกวัสดุพร้อมฟังก์ชันสแกนบาร์โค้ด

จากรูปที่ 5 จะเป็นส่วนของการเบิกวัสดุและสแกนบาร์โค้ด ระบบรองรับการค้นหาพัสดุด้วยการพิมพ์ชื่อและการสแกนบาร์โค้ดผ่านกล้องของอุปกรณ์ ผู้ใช้งานสามารถเลือกสินค้าลงตะกร้า (Cart) และยืนยันการเบิกได้ทันที ระบบจะมีการแจ้งเตือนหากสินค้าหมดสต็อกหรือหมดอายุ



รูปที่ 6 หน้าจอการอนุมัติรายการเบิกสำหรับผู้ดูแลระบบ

จากรูปที่ 6 จะเป็นส่วนการอนุมัติรายการ (Approval) ผู้ดูแลระบบ (Admin) สามารถตรวจสอบรายการขอเบิก และเลือกอนุมัติหรือปฏิเสธรายการได้ทั้งแบบรายบิลและรายชิ้น (Partial Approval) ช่วยให้เกิดความยืดหยุ่นในการบริหารจัดการ



รูปที่ 7 การแสดงผลระบบบนหน้าจอสมาร์ทโฟน

จากรูปที่7 จะเป็นส่วนการใช้งานบนอุปกรณ์เคลื่อนที่ (Mobile Interface) ระบบได้รับการออกแบบแบบ Responsive Design ทำให้สามารถแสดงผลและใช้งานบนสมาร์ทโฟนได้อย่างมีประสิทธิภาพ มีแถบเมนูนำทางด้านล่าง (Bottom Navigation) เพื่อความสะดวกในการใช้งานมือเดียว

ผลการประเมินประสิทธิภาพและความพึงพอใจ

ผู้วิจัยได้นำระบบไปให้กลุ่มตัวอย่างทดลองใช้งาน ประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน และผู้ใช้งานทั่วไปจำนวน 30 คน และทำการประเมินความพึงพอใจ ผลการประเมินแสดงดังตารางที่ 1 และ 2

ตารางที่ 1 ผลการประเมินประสิทธิภาพระบบโดยผู้เชี่ยวชาญ

ลำดับ	รายการประเมิน	$\bar{x}$	S.D.	ระดับความเหมาะสม
1	ด้านความถูกต้องของฟังก์ชันการทำงาน (Functional Requirement)	4.67	0.58	มากที่สุด
2	ด้านความปลอดภัยของระบบ (Security)	4.33	0.58	มาก
3	ด้านประสิทธิภาพการประมวลผล (Performance)	4.33	0.58	มาก
4	ด้านความง่ายในการดูแลรักษา (Maintainability)	4.67	0.58	มากที่สุด
	ค่าเฉลี่ยรวม	4.50	0.58	มาก

จากตารางที่ 1 พบว่าผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นว่าระบบมีประสิทธิภาพโดยรวมอยู่ในระดับ มาก ($\bar{x}$ = 4.50) โดยด้านที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุดคือ ด้านความถูกต้องของฟังก์ชันการทำงาน และด้านความง่ายในการดูแลรักษา

ตารางที่ 2 ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานทั่วไป

ลำดับ	รายการประเมิน	$\bar{x}$	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
1	ระบบมีความสวยงามและน่าใช้งาน	4.53	0.63	มากที่สุด
2	ความสะดวกในการใช้งานเมนูต่างๆ	4.47	0.68	มาก
3	ความรวดเร็วในการค้นหาและทำรายการ	4.40	0.72	มาก
4	ความถูกต้องของข้อมูลที่แสดงผล	4.50	0.68	มาก
5	ประโยชน์ที่ได้รับจากการใช้งานระบบ	4.60	0.62	มากที่สุด
	ค่าเฉลี่ยรวม	4.50	0.67	มาก

จากตารางที่ 2 พบว่าผู้ใช้งานมีความพึงพอใจต่อระบบโดยรวมอยู่ในระดับ มาก ($\bar{x}$ = 4.50) โดยผู้ใช้งานพึงพอใจในด้านประโยชน์ที่ได้รับและด้านความสวยงามของระบบมากที่สุด

การอภิปรายผล

จากการพัฒนาระบบจัดการงานครุภัณฑ์และพัสดุ พบว่าระบบสามารถแก้ปัญหาการทำงานแบบเดิมได้อย่างเป็นรูปธรรม สอดคล้องกับงานวิจัยของ เยาวภา จรัสสันติจิต (2564) และของ ธงชัย ศิริวิไล (2565) ที่พบว่าการนำระบบสารสนเทศมาใช้ในงานบริหารพัสดุช่วยลดความผิดพลาดของข้อมูลและลดระยะเวลาในการปฏิบัติงานได้จริง

จุดเด่นของระบบนี้คือการเลือกใช้ Google Apps Script ซึ่งเป็น Serverless Architecture ทำให้ไม่ต้องกังวลเรื่องการดูแลรักษา Server และไม่มีค่าใช้จ่ายรายเดือน อีกทั้งฟีเจอร์การสแกนบาร์โค้ดผ่าน Web Browser โดยไม่ต้องติดตั้งแอปพลิเคชันเพิ่มเติม ช่วยให้ผู้ใช้งานเข้าถึงระบบได้ง่ายและรวดเร็ว

อย่างไรก็ตาม ในด้านความปลอดภัย ผู้วิจัยได้กำหนดสิทธิ์การเข้าถึงข้อมูลตามบทบาทของผู้ใช้ (Role-based Access Control) เพื่อป้องกันการเข้าถึงข้อมูลโดยไม่ได้รับอนุญาตทั้งนี้ระบบยังมีข้อจำกัดในด้านการประมวลผลกรณีที่มีข้อมูลจำนวนมหาศาล (Big Data) เนื่องจากข้อจำกัดของ Google Sheets ซึ่งในอนาคตอาจต้องพิจารณาเปลี่ยนฐานข้อมูลเป็น Google Cloud SQL หรือ Firebase หากมีการขยายตัวของข้อมูลมากขึ้น

บทสรุป

การพัฒนาระบบจัดการงานครุภัณฑ์และพัสดุ หลักสูตรวิทยาการคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต บรรลุตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ ระบบที่พัฒนาขึ้นด้วย Google Apps Script และ Google Sheets มีจุดเด่นด้านการลดค่าใช้จ่ายในการลงทุน (Zero-cost Development) ความสามารถในการตรวจสอบข้อมูลแบบเรียลไทม์ และการใช้งานผ่านอุปกรณ์เคลื่อนที่ได้โดยไม่ต้องติดตั้งแอปพลิเคชันเพิ่มเติม ซึ่งแตกต่างจากระบบ ERP ทั่วไปที่มีความซับซ้อนและราคาสูง ผลการประเมินยืนยันว่าระบบมีประสิทธิภาพระดับมาก ($\bar{x} = 4.50$) และผู้ใช้งานมีความพึงพอใจระดับมากที่สุด ($\bar{x} = 4.50$) ระบบนี้สามารถช่วยลดขั้นตอนการทำงานที่ซ้ำซ้อน ลดการใช้กระดาษ และเพิ่มความโปร่งใสในการตรวจสอบสถานะพัสดุได้อย่างเป็นรูปธรรม

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณหลักสูตรวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต ที่ให้การสนับสนุนอุปกรณ์และสถานที่ในการดำเนินงานวิจัย และขอขอบคุณผู้เชี่ยวชาญทุกท่านที่กรุณาให้คำแนะนำอันเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาระบบนี้

เอกสารอ้างอิง

กฤษมันต์ วัฒนาณรงค์. (2554). เทคโนโลยีการศึกษาวิชาชีพ. ศูนย์ส่งเสริมวิชาการ: กรุงเทพฯ.

ธงชัย ศิริวิไล. (2565). การพัฒนาระบบบริหารจัดการพัสดุด้วย QR Code บนเว็บแอปพลิเคชัน. วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม, 18(1), 45-56.

เยาวภา จรัสสันติจิต. (2564). การประยุกต์ใช้เทคโนโลยี WebRTC กับโปรแกรมตรวจนับครุภัณฑ์ในรูปแบบโมบาย แอพพลิเคชัน. วารสารวิชาการปทุมวัน, 11(32), 93-108.

สมชาย ชูชาติ. (2564). การพัฒนาระบบบริหารจัดการพัสดุคงคลัง. วารสารเทคโนโลยีสารสนเทศ, 7(2), 15-28.

Dennis A., Wixom B. H., & Roth R. M. (2012). Systems Analysis and Design 5th Edition.

Sommerville, I. (2015). Software Engineering (10th ed.). Pearson.

Mell, P., & Grance, T. (2011). The NIST definition of cloud computing. National Institute of Standards and Technology.

John Wiley & Sons. Google Developers. (2024). Apps Script Reference. [Online]. Access: https://developers.google.com/apps-script.

การพัฒนาระบบตรวจจับ บันทึกภาพ และแจ้งเตือนการไม่สวมหมวกนิรภัยของผู้ขับขี่โดยใช้เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์

AI-Based Helmet Detection, Image Recording, and Alert System for Non-Compliant Riders

พุฒิพร บุญมา[1*] อนิตา วันนะ[1] กฤษฎา สมิทธิวิโรจน์[1] และณรงค์ฤทธิ์ ภิรมย์นก[1]
Anita Wanna[1*], Puttiporn Boonma[1], Kritsada Samitthiwirod[1] and Narongrit Piromnok[1]

[1]คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต กรุงเทพมหานคร)*
[1]Faculty of Science and Technology, Suan Dusit University, Bangkok*
[*]Corresponding Author E-mail Address : phutthiphonbunma@gmail.com

บทคัดย่อ

ปัญหาการไม่สวมหมวกนิรภัยนับเป็นหนึ่งในปัจจัยสำคัญที่นำไปสู่อุบัติเหตุทางถนน ซึ่งส่งผลกระทบต่อสังคมในหลายมิติ ทั้งด้านชีวิตความเป็นอยู่ สุขภาพ เศรษฐกิจ และความปลอดภัยของประชาชน ความเสี่ยงจากการเกิดอุบัติเหตุสามารถเกิดขึ้นได้อย่างกะทันหัน ทำให้ผู้ขับขี่และผู้โดยสารได้รับบาดเจ็บรุนแรง สูญเสียทรัพย์สิน หรือในบางกรณีอาจนำไปสู่การเสียชีวิต ด้วยเหตุนี้ การป้องกันและการตรวจสอบพฤติกรรมการสวมหมวกนิรภัยจึงมีความสำคัญ ระบบตรวจจับและแจ้งเตือนการสวมหมวกนิรภัยจึงถือเป็นเครื่องมือที่ช่วยลดความเสี่ยงจากอุบัติเหตุ ทำให้ผู้ใช้รถจักรยานยนต์ตระหนักถึงความปลอดภัย

งานวิจัยฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา ออกแบบ และพัฒนาระบบตรวจจับการสวมหมวกกันนิรภัยที่เหมาะสมกับบริบทของชุมชนหรือพื้นที่ปฏิบัติงานจริง โดยใช้เทคโนโลยีด้านปัญญาประดิษฐ์และการประมวลผลภาพที่สามารถนำไปใช้งานได้จริง มีความคุ้มค่า ระบบดังกล่าวถูกออกแบบให้ทำงานร่วมกับกล้องตรวจจับและเครือข่ายสื่อสาร เพื่อส่งข้อมูลการตรวจพบไปยังผู้รับผิดชอบได้อย่างรวดเร็วและแม่นยำ อีกทั้งยังเน้นความร่วมมือของชุมชนในการมีส่วนร่วม ตั้งแต่การให้ข้อมูล การสังเกตการณ์ ไปจนถึงการปฏิบัติตามมาตรการความปลอดภัยบนท้องถนน

ผลการศึกษาและพัฒนาระบบจากการวิจัย พบว่าสามารถพัฒนาระบบตรวจจับผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์ที่ไม่สวมหมวกนิรภัย โดยประยุกต์ใช้เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ร่วมกับการประมวลผลภาพ ระบบสามารถตรวจจับ บันทึก และจัดเก็บข้อมูลอย่างเป็นระบบ พร้อมทั้งแสดงผลผ่าน Dashboard เพื่อการตรวจสอบและการวิเคราะห์ข้อมูลได้อย่างสะดวก

คำสำคัญ: เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ คอมพิวเตอร์วิทัศน์ ระบบตรวจจับหมวกกันน็อค การประมวลผลภาพ

Abstract

The problem of not wearing helmets is one of the major factors contributing to road accidents, affecting society in terms of quality of life, health, economy, and public safety. Traffic accidents can occur unexpectedly and may result in severe injuries, property damage, or even loss of life. Therefore, prevention and monitoring of helmet-wearing behavior are essential. A helmet detection and warning system can help reduce accident risks and encourage motorcycle riders to become more aware of road safety.

This research aimed to study, design, and develop a helmet detection system suitable for community and real operational environments by applying Artificial Intelligence (AI) and image processing technology. The developed system was designed to operate with surveillance cameras and communication networks in order to transmit detection data accurately and efficiently. In addition, the research emphasized community participation in providing information, monitoring, and promoting compliance with road safety measures.

The results of the study showed that the developed system was able to effectively detect motorcycle riders who were not wearing helmets by integrating Artificial Intelligence with image processing techniques. The system could detect, record, and systematically store related data, as well as display information through a dashboard for convenient monitoring and data analysis.

Keywords: Artificial Intelligence, Computer Vision, Helmet Detection System, Image Processing

บทนำ

ปัจจุบัน อุบัติเหตุบนท้องถนนในประเทศไทยถือเป็นปัญหาสำคัญด้านความปลอดภัยสาธารณะ โดยเฉพาะอุบัติเหตุที่เกิดกับผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์ ซึ่งมีความเสี่ยงสูงต่อการบาดเจ็บรุนแรงบริเวณศีรษะและสมอง โดยพบว่ามีโอกาสเสียชีวิตสูงถึง 92.8% สำหรับผู้ขับขี่ และ 96.8% สำหรับผู้โดยสาร เมื่อเทียบกับยานพาหนะประเภทอื่น ปัจจัยสำคัญที่ก่อให้เกิดความสูญเสียดังกล่าวคือการไม่สวมหมวกนิรภัย แม้ว่าจะมีการรณรงค์และบังคับใช้กฎหมายอย่างต่อเนื่อง (เพ็ญพิชชา เขียวพอ, 2022)

อุบัติเหตุทางถนนส่งผลกระทบอย่างรุนแรงทั้งในระดับบุคคล ชุมชน และประเทศ ไม่ว่าจะเป็นการสูญเสียชีวิต การบาดเจ็บ ค่าใช้จ่ายด้านการรักษาพยาบาล รวมถึงผลกระทบทางเศรษฐกิจและสังคม โดยข้อมูลจากกรมควบคุมโรคระบุว่าในช่วงปี พ.ศ. 2563–2567 มีผู้เสียชีวิตจากอุบัติเหตุทางถนนรวม 87,142 ราย หรือเฉลี่ยปีละ 17,428 ราย และมากกว่าร้อยละ 80 เกี่ยวข้องกับรถจักรยานยนต์ (ภาณุมาศ ญาณเวทย์สกุล, 2025)

นอกจากนี้ ยังพบว่าผู้ใช้รถจักรยานยนต์ที่เข้ารับการรักษาในโรงพยาบาลไม่สวมหมวกนิรภัยสูงถึงร้อยละ 84 และมีโอกาสบาดเจ็บที่ศีรษะมากกว่าผู้ที่สวมหมวกถึง 8 เท่า (เอนก มุ่งอ้อมกลาง, 2024) ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าการสวมหมวกนิรภัยเป็นปัจจัยสำคัญในการลดความรุนแรงของอุบัติเหตุ

ในบริบทของมหาวิทยาลัย ปัญหาการไม่สวมหมวกนิรภัยยังคงพบได้บ่อยในกลุ่มนักศึกษา ซึ่งส่งผลต่อความปลอดภัยทั้งต่อตนเองและผู้อื่น อย่างไรก็ตาม การตรวจสอบและควบคุมพฤติกรรมดังกล่าวยังมีข้อจำกัด เนื่องจากไม่สามารถตรวจสอบได้อย่างทั่วถึงในทุกพื้นที่

ด้วยเหตุนี้ จึงเกิดแนวคิดในการนำเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence: AI) และอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things: IoT) มาประยุกต์ใช้ร่วมกับกล้องวงจรปิด เพื่อพัฒนาระบบตรวจจับผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์ที่ไม่สวมหมวกนิรภัย โดยระบบสามารถบันทึกภาพ ระบุข้อมูล และส่งการแจ้งเตือนแบบเรียลไทม์ไปยังผู้ดูแลระบบ ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการเฝ้าระวัง ลดภาระงานของเจ้าหน้าที่ และเพิ่มความครอบคลุมในการตรวจสอบ

นอกจากนี้ ระบบยังสามารถจัดเก็บข้อมูลเพื่อนำไปวิเคราะห์พฤติกรรมและใช้เป็นแนวทางในการวางแผนมาตรการด้านความปลอดภัยในอนาคตได้อย่างมีประสิทธิภาพ ส่งผลให้สามารถลดอัตราการเกิดอุบัติเหตุ และยกระดับคุณภาพชีวิตของประชาชนได้อย่างยั่งยืน

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นการพัฒนาระบบตรวจจับ บันทึกภาพ และแจ้งเตือนการไม่สวมหมวกนิรภัยโดยใช้เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ เพื่อเป็นเครื่องมือสนับสนุนการจัดการด้านความปลอดภัยทางถนน และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในพื้นที่อื่นได้ต่อไป

วัตถุประสงค์

1. เพื่อพัฒนาระบบตรวจจับการไม่สวมหมวกนิรภัยของผู้ขับขี่โดยใช้เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์
2. เพื่อสร้างระบบเชื่อมโยงฐานข้อมูลทะเบียนรถ บันทึกภาพ และแจ้งเตือนเมื่อมีการกระทำผิด
3. เพื่อประเมินประสิทธิภาพของโมเดล AI ในการตรวจจับหมวกนิรภัย

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

วัสดุและอุปกรณ์

1. ด้านฮาร์ดแวร์

1. กล้อง Webcam หรือกล้อง CCTV ความละเอียดระดับ 1080p สำหรับรับภาพแบบเรียลไทม์
2. คอมพิวเตอร์หรือโน้ตบุ๊กที่มีหน่วยความจำ (RAM) อย่างน้อย 8 GB สำหรับประมวลผล
3. อุปกรณ์เครือข่าย เช่น Router, Wi-Fi หรือโมดูล 4G/5G สำหรับเชื่อมต่อและส่งข้อมูล

2. ด้านซอฟต์แวร์

1. ระบบปฏิบัติการ Windows 11
2. ภาษาโปรแกรม Python และโปรแกรม Visual Studio Code สำหรับพัฒนาและทดสอบระบบ
3. ไลบรารีสำหรับปัญญาประดิษฐ์และการประมวลผลภาพ ได้แก่ OpenCV และ YOLO
4. แพลตฟอร์ม Roboflow สำหรับจัดการและเตรียมชุดข้อมูล (Dataset)
5. ระบบฐานข้อมูล MySQL สำหรับจัดเก็บข้อมูลการตรวจจับ
6. ระบบแสดงผลและแจ้งเตือนผ่าน Web Dashboard พัฒนาด้วย Flask ร่วมกับ HTML/JavaScript

วิธีการดำเนินงาน

การพัฒนาระบบตรวจจับการไม่สวมหมวกนิรภัยดำเนินงานตามขั้นตอนดังนี้

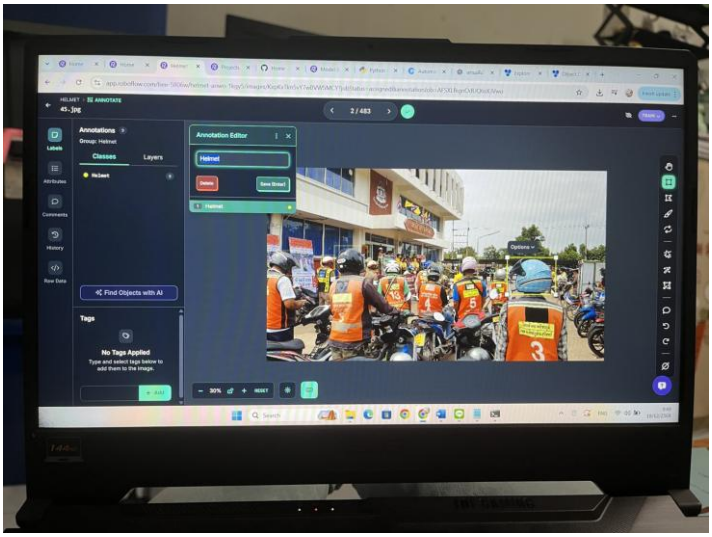
1. การออกแบบโครงสร้างระบบ

ระบบถูกออกแบบให้ทำงานเป็นลำดับขั้น โดยแบ่งออกเป็น 5 ส่วนหลัก ได้แก่

1. การรับข้อมูลภาพจากกล้อง (Input)
2. การประมวลผลภาพด้วยโมเดล AI (Processing)
3. การตัดสินใจว่าสวมหมวกหรือไม่ (Decision)
4. การแสดงผลและจัดเก็บข้อมูล (Output & Storage)
5. การใช้งานผ่านผู้ใช้ (User Interaction)

2. การจัดเตรียมข้อมูล (Dataset Preparation)

1. นำเข้าภาพหรือวิดีโอที่เกี่ยวข้องกับรถจักรยานยนต์เข้าสู่ระบบ
2. กำหนดป้ายกำกับ (Annotation) โดยระบุวัตถุ เช่น หมวกกันน็อค
3. ปรับปรุงข้อมูลด้วยเทคนิค Data Augmentation เพื่อเพิ่มความหลากหลาย
4. แบ่งข้อมูลเป็นชุดฝึก (Training) และชุดทดสอบ (Testing)



รูปที่ 1 กำหนดป้ายกำกับ (Annotation)

3. การพัฒนาโมเดลปัญญาประดิษฐ์

ใช้โมเดล YOLO ในการตรวจจับวัตถุ ได้แก่

1. ผู้ขับขี่
2. รถจักรยานยนต์
3. หมวกนิรภัย

โดยระบบจะวิเคราะห์ภาพเพื่อจำแนกว่ามีการสวมหมวกหรือไม่

4. การทำงานของระบบ

1. รับภาพจากกล้องแบบเรียลไทม์
   ตรวจจับผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์
2. ตรวจสอบสถานะการสวมหมวกนิรภัย
3. หากไม่สวมหมวก ระบบจะดำเนินการ ดังนี้
   - บันทึกภาพผู้ขับขี่และป้ายทะเบียน
   - จัดเก็บข้อมูลลงฐานข้อมูล
   - ส่งการแจ้งเตือนไปยัง Dashboard แบบทันที



รูปที่ 2 การทดสอบโมเดล

5. การทดสอบและปรับปรุงระบบ

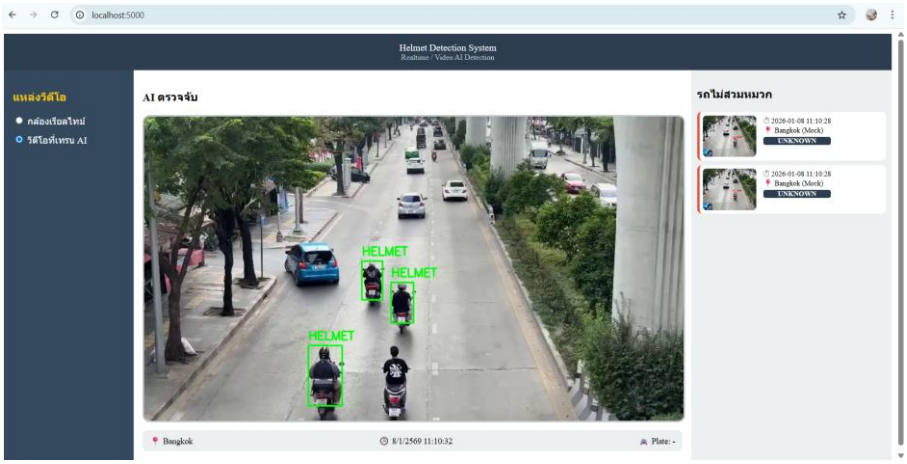
ดำเนินการทดสอบระบบในสภาพแวดล้อมจริง วิเคราะห์ผลลัพธ์ และปรับปรุงระบบให้มีความแม่นยำและเสถียรมากยิ่งขึ้น



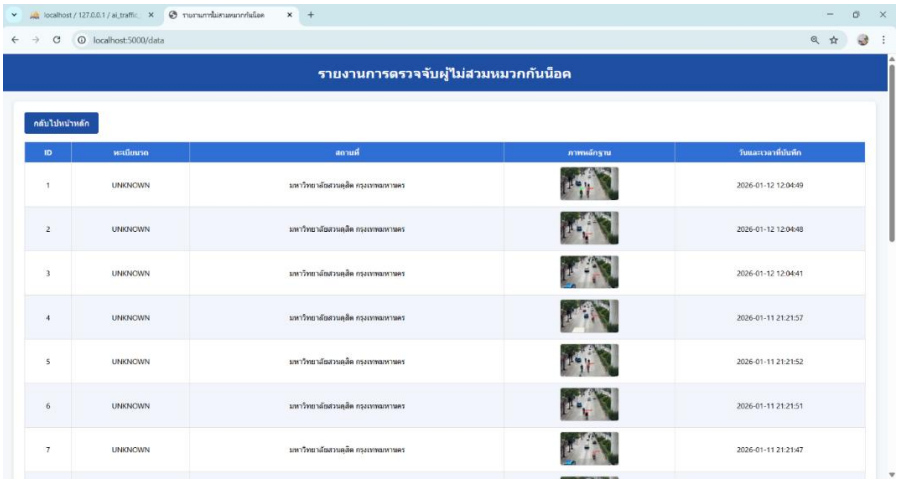
รูปที่ 3 ทดสอบระบบในพื้นที่จริง

ผลการวิจัย

จากการพัฒนาระบบตรวจจับการไม่สวมหมวกนิรภัยโดยใช้เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ ภายหลังการฝึกสอนโมเดล (Training) ได้มีการประเมินประสิทธิภาพของโมเดลโดยใช้ค่าตัวชี้วัดมาตรฐาน (Model Evaluation) เพื่อวิเคราะห์ความสามารถของระบบในการตรวจจับและจำแนกวัตถุ ผลการประเมินพบว่า โมเดลมีค่าความแม่นยำ (Precision) เท่ากับ 0.8837 หรือ 88.37% ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเมื่อระบบตรวจจับวัตถุว่าเป็นการไม่สวมหมวกนิรภัยแล้ว มีความถูกต้องในระดับสูง ขณะเดียวกัน ค่า Recall มีค่า 0.8580 หรือ 85.80% สะท้อนให้เห็นว่าโมเดลสามารถตรวจจับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นจริงได้ค่อนข้างครบถ้วน



รูปที่ 4 หน้า Dashboard



รูปที่ 5 ฐานข้อมูลบันทึกเหตุการณ์ MySQL

ตารางที่ 1 การประเมินผลการฝึกสอน (Model Evaluation)

ตัวชี้วัด	ค่าที่ได้
Precision	0.8837 (88.37%)
Recall	0.8580 (85.80%)
Mean Average Precision (mAP)	0.9041 (90.41%)
mAP@0.5:0.95	0.5981 (59.81%)

นอกจากนี้ ค่า Mean Average Precision (mAP) ซึ่งเป็นตัวชี้วัดภาพรวมของประสิทธิภาพในการตรวจจับวัตถุ มีค่า 0.9041 หรือ 90.41% แสดงให้เห็นว่าโมเดลมีประสิทธิภาพโดยรวมอยู่ในระดับสูง และสามารถนำไปใช้งานจริงได้อย่างเหมาะสม อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาค่า mAP@0.5:0.95 ซึ่งเป็นเกณฑ์ที่เข้มงวดมากขึ้น พบว่ามีค่า 0.5981 หรือ 59.81% ซึ่งบ่งชี้ว่ายังมีโอกาสในการพัฒนาโมเดลให้มีความแม่นยำมากขึ้นในสภาพแวดล้อมที่หลากหลาย จากค่าตัวชี้วัดดังกล่าว สามารถสรุปได้ว่าโมเดลที่พัฒนาขึ้นมีความสามารถในการตรวจจับและจำแนกการสวมหมวกนิรภัยได้อย่างมีประสิทธิภาพในระดับที่น่าพอใจ โดยเฉพาะในด้านความแม่นยำและความสามารถในการตรวจจับวัตถุในภาพจริง ส่งผลให้ระบบสามารถทำงานร่วมกับกล้องและแจ้งเตือนแบบเรียลไทม์ได้อย่างมีประสิทธิผล และมีศักยภาพในการนำไปประยุกต์ใช้เพื่อเพิ่มความปลอดภัยในพื้นที่จริงได้ต่อไป

การอภิปรายผล

จากผลการวิจัยพบว่า ระบบตรวจจับการไม่สวมหมวกนิรภัยที่พัฒนาขึ้นสามารถทำงานได้ตามวัตถุประสงค์ โดยมีประสิทธิภาพของโมเดลอยู่ในระดับที่น่าพอใจ ซึ่งสะท้อนผ่านค่าตัวชี้วัดที่สำคัญ ได้แก่ ค่า Precision เท่ากับ 88.37% และค่า Recall เท่ากับ 85.80% แสดงให้เห็นว่าโมเดลมีความสามารถในการตรวจจับวัตถุได้อย่างแม่นยำ และสามารถตรวจจับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นจริงได้ในระดับที่ค่อนข้างครบถ้วน

เมื่อพิจารณาค่า Mean Average Precision (mAP) ที่มีค่า 90.41% พบว่าโมเดลมีประสิทธิภาพโดยรวมอยู่ในระดับสูง ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของการใช้เทคนิคการตรวจจับวัตถุแบบ Deep Learning เช่น YOLO ที่เหมาะสำหรับงานตรวจจับแบบเรียลไทม์ อย่างไรก็ตาม ค่า mAP@0.5:0.95 ซึ่งมีค่า 59.81% แสดงให้เห็นว่าภายใต้เงื่อนไขการประเมินที่เข้มงวดมากขึ้น โมเดลยังมีข้อจำกัดในด้านความแม่นยำในบางกรณี เช่น สภาพแสงที่ไม่เหมาะสม มุมกล้อง หรือความหลากหลายของข้อมูลภาพ

นอกจากนี้ เมื่อเปรียบเทียบค่า Precision และ Recall พบว่า Precision มีค่าสูงกว่า Recall เล็กน้อย ซึ่งหมายความว่าโมเดลมีแนวโน้มที่จะ “ตรวจจับแล้วถูกต้อง” มากกว่าการ “ตรวจจับให้ครบทุกกรณี” กล่าวคือ ระบบมีโอกาสเกิด False Negative (ตรวจไม่เจอ) มากกว่า False Positive (ตรวจผิด) ซึ่งเป็นลักษณะที่เหมาะสมในบริบทของระบบแจ้งเตือน เนื่องจากช่วยลดการแจ้งเตือนผิดพลาดที่อาจสร้างความรำคาญให้กับผู้ใช้งาน

ผลการวิจัยยังแสดงให้เห็นว่าระบบสามารถทำงานแบบเรียลไทม์ร่วมกับกล้องตรวจจับ และสามารถบันทึกข้อมูลพร้อมแจ้งเตือนได้ทันที ซึ่งเป็นจุดเด่นที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการเฝ้าระวังและลดภาระงานของเจ้าหน้าที่ อย่างไรก็ตาม ประสิทธิภาพของระบบยังขึ้นอยู่กับคุณภาพของชุดข้อมูลที่ใช้ฝึกสอน รวมถึงปัจจัยด้านสภาพแวดล้อม เช่น แสง ความคมชัดของภาพ และมุมมองของกล้อง

ดังนั้น แม้ว่าระบบจะมีประสิทธิภาพในระดับที่สามารถนำไปใช้งานจริงได้ แต่ยังมีแนวทางในการพัฒนาเพิ่มเติม เช่น การเพิ่มปริมาณและความหลากหลายของชุดข้อมูล การปรับปรุงโมเดลให้รองรับสภาพแวดล้อมที่ซับซ้อนมากขึ้น และการเพิ่มความแม่นยำในเกณฑ์การประเมินที่เข้มงวด เพื่อให้ระบบมีประสิทธิภาพสูงขึ้นในอนาคต

บทสรุป

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบตรวจจับ บันทึกภาพ และแจ้งเตือนการไม่สวมหมวกนิรภัยของผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์ โดยใช้เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์และการประมวลผลภาพ ซึ่งระบบสามารถทำงานร่วมกับกล้องตรวจจับและเครือข่ายสื่อสาร เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลและแจ้งเตือนแบบเรียลไทม์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ผลการพัฒนาพบว่า ระบบสามารถตรวจจับผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์และจำแนกสถานะการสวมหมวกนิรภัยได้อย่างถูกต้อง โดยมีค่าความแม่นยำ (Precision) เท่ากับ 88.37% และค่าความครอบคลุม (Recall) เท่ากับ 85.80% ขณะที่ค่า Mean Average Precision (mAP) อยู่ที่ 90.41% ซึ่งสะท้อนถึงประสิทธิภาพโดยรวมของโมเดลในระดับสูง อย่างไรก็ตาม ค่า mAP@0.5:0.95 เท่ากับ 59.81% แสดงให้เห็นว่ายังมีข้อจำกัดในบางสภาพแวดล้อมที่ต้องการการปรับปรุงเพิ่มเติม

นอกจากนี้ ระบบยังสามารถบันทึกภาพผู้กระทำผิด จัดเก็บข้อมูลลงฐานข้อมูล และแสดงผลผ่าน Dashboard ได้แบบเรียลไทม์ ซึ่งช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการเฝ้าระวัง ลดภาระงานของเจ้าหน้าที่ และสามารถนำข้อมูลไปใช้ในการวิเคราะห์เพื่อพัฒนามาตรการด้านความปลอดภัยในอนาคต

ระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้จริงในพื้นที่มหาวิทยาลัยหรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เพื่อช่วยลดพฤติกรรมเสี่ยงจากการไม่สวมหมวกนิรภัย เพิ่มความตระหนักด้านความปลอดภัย และสนับสนุนการจัดการด้านความปลอดภัยทางถนนอย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งนี้ยังสามารถต่อยอดและพัฒนาให้มีความแม่นยำสูงขึ้นและรองรับการใช้งานในบริบทที่หลากหลายได้ในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานเรื่อง “การพัฒนาระบบตรวจจับ บันทึกภาพ และแจ้งเตือนการไม่สวมหมวกนิรภัยของผู้ขับขี่โดยใช้เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์” ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความกรุณาและการสนับสนุนจากหลายฝ่ายขอขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน ที่ได้ให้คำแนะนำ ข้อเสนอแนะ และตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ตลอดระยะเวลาในการดำเนินโครงการ ขอขอบคุณผู้เชี่ยวชาญและแหล่งความรู้ต่าง ๆ ที่เผยแพร่เนื้อหาทางวิชาการ ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการศึกษาและพัฒนาระบบในครั้งนี้ รวมถึงเพื่อน ๆ ทุกคนที่คอยให้กำลังใจ ให้คำปรึกษา และให้ความช่วยเหลือจนทำให้โครงงานสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี คุณค่าและประโยชน์อันเกิดจากโครงงานฉบับนี้ ผู้จัดทำขอมอบเป็นส่วนหนึ่งของความกตัญญูต่อผู้มีพระคุณทุกท่าน และขอขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

เกรียงศักดิ์ เพาะโภชน์, ภาณุมาศ ญาณเวทย์สกุล, อเนก มุ่งอ้อมกลาง. (2025). สำนักสื่อสารความเสี่ยงกรมควบคุมโรค: สถิติอุบัติเหตุทางถนน แนวทางการขับขี่ปลอดภัยในผู้สูงอายุ เลี่ยงขับขี่ทางไกล และการขับขี่กลางคืน ค้นเมื่อ 1 5

ขอบภพ ซาเสน, ฐิติเดช สมศรี, และ เปรม อิงคเวชชากุล. (2024). การพัฒนาระบบตรวจจับการสวมหมวกนิรภัยโดยใช้เทคโนโลยี. วารสารวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ

แคทรียา แสงใส. (2016). ปัญญาประดิษฐ์กับการพัฒนาทางการศึกษา. วารสารการศึกษาและพัฒนาชุมชน. สืบค้นจาก https://so16.tci-thaijo.org/index.php/JAE/article/download/264/202/715

ธวัชชัย แซ่ลี้, & วราภรณ์ วิยานนท์. (2024). การตรวจจับการสวมหมวกนิรภัยของผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์ภายในพื้นที่โรงพยาบาลศิริราชด้วยวิธีการเรียนรู้เชิงลึก. รายงานการวิจัย. หลักสูตรวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิทยาการข้อมูล คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ธันวาคม 2025. https://www.ddc.moph.go.th/brc/news.php?news=54273&deptcode=brc

บุญญากร ท่องมนต์วิทย์ , จิรายุส ดีผาด และเกรียงศักดิ์เตมีย์. (2022). การเพิ่มประสิทธิภาพในการตรวจจับหมวกกันนิรภัยด้วยการเพิ่มข้อมูล. วารสารวิทยาศาสตร์ KKU. 50 (2): 93–101.

บุญญากร ท่องมนต์วิทย์, จิรายุส ดีผาด, และ เกรียงศักดิ์ เตมีย์. (2022). การเพิ่มประสิทธิภาพการเรียนรู้เชิงลึกเพื่อตรวจจับการสวมใส่หมวกกันน็อกของผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์ด้วยเทคนิคการเพิ่มข้อมูล. วารสารวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 50(2): 93–101.

พรพานม นันทเสน และ พานอมขุน ริยามงคล. (2023). ระบบตรวจจับและแจ้งเตือนอุบัติเหตุโดยใช้เทคนิคการเรียนรู้เชิงลึก. วารสารวิทยาศาสตร์ชีวภาพและสิ่งแวดล้อม. 24(2): 338–351.

พสิษฐ์ วงษ์หาบุศย์, รุจชัย อึ้งอารุณยะวี, ธเนศ เสถียรนาม, วาธิส ลีลาภัทร, ปิยณัฐ จันโทสุทธิ์ และ เจษฎา คำผอง. (2019). การพัฒนาโปรแกรมตรวจจับการฝ่าฝืนสัญญาณไฟแดงและการสวมหมวกนิรภัยโดยใช้กล้องวงจรปิด. วารสารวิจัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น (ฉบับบัณฑิตศึกษา). 19(2).

เพ็ญพิชชา เขียวพอ. (2022). หมวกกันน็อกล็อกชีวิต :เรื่องควรรู้ของหมวกกันน็อค ค้นเมื่อ 5 ธันวาคม 2025. https://safedrivedlt.com/%E0%B8%AB%E0%B8%A1%E0%B8%A7%E0%B8%81%E0%B8%81%E0%B8%B1%E0%B8%99%E0%B8%99%E0%B9%87%E0%B8%AD%E0%B8%81-%E0%B8%A5%E0%B9%87%E0%B8%AD%E0%B8%84%E0%B8%8A%E0%B8%B5%E0%B8%A7%E0%B8%B4%E0%B8%95/

ระบบรักษาความปลอดภัยอัจฉริยะสำหรับการตรวจจับอาวุธในพื้นที่สาธารณะ
An Intelligent Surveillance System for Detecting Weapons in Public Areas.

นภาพร อามาตมนตรี[1*] บัญจรัตน์ ศิลาแก้ว[1] อัครภพ สุขันทอง[1] และณรงค์ฤทธิ์ ภิรมย์นก[1]
Napaporn Armatmontree[1*], Banjarat Silakaew[1], Akaraphop sukuntong[1] and Narongrit Piromnok[1]

[1]คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต กรุงเทพมหานคร*
[1]Faculty of Science and Technology, Suan Dusit University, Bangkok*
[*]Corresponding Author E-mail Address : benznapaorn0808@gmail.com

บทคัดย่อ

โครงงานนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบรักษาความปลอดภัยอัจฉริยะสำหรับการตรวจจับอาวุธในพื้นที่สาธารณะ โดยใช้เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ร่วมกับการประมวลผลภาพจากกล้องวงจรปิดเพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการเฝ้าระวังและลดความเสี่ยงจากเหตุอาชญากรรมระบบถูกพัฒนาผ่านกระบวนการออกแบบโครงสร้าง การฝึกสอนโมเดลด้วย YOLO v11 เทคนิคการเรียนรู้เชิง ลึกจากชุดข้อมูลภาพอาวุธใช่ภาพเทรนทั้งหมด 8,500 ภาพ และทดสอบการทำงานกับภาพและวิดีโอในสถานการณ์จำลอง ผลการทดสอบพบว่าค่า mAP@50 89.9%, Precision 91.3%, Recall 82.8% ระบบสามารถตรวจจับอาวุธได้อย่างถูกต้องในพื้นที่แสงปกติถ้าเป็นที่แสงน้อยอาจมีการจับผิดบ้างและทำงานได้แบบเรียลไทม์ หลักการทำงานของระบบ เมื่อกล้องวงจรปิดจับภาพอาวุธ มีด หรือปืน ได้ จะทำการแคปภาพอาวุธและจะส่งเสียงแจ้งเตือนเป็นชื่ออาวุธชิ้นนั้น ๆ ให้คนบริเวณใกล้เคียงได้ยินจากนั้นระบบจะส่งภาพและลักษณะของอาวุธไปให้เจ้าหน้าที่ผ่านแอปพลิเคชัน Telegram

ผลการดำเนินงานแสดงให้เห็นว่าระบบมีความแม่นยำเฉลี่ย 80-90% ที่พัฒนาขึ้นสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในพื้นที่สาธารณะ เช่น สถานศึกษา ห้างสรรพสินค้า และสถานีขนส่ง เพื่อสนับสนุนการรักษาความปลอดภัยและการป้องกันเหตุรุนแรงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: ระบบรักษาความปลอดภัยอัจฉริยะ การตรวจจับอาวุธ ปัญญาประดิษฐ์ การประมวลผลภาพ การเรียนรู้เชิงลึก

Abstract

This project aims to develop an intelligent security system for detecting weapons in public areas by utilizing artificial intelligence technology combined with image processing from CCTV cameras. The system is designed to enhance surveillance efficiency and reduce the risk of criminal incidents. The system was developed through a structured design process and model training using YOLO v11, a deep learning–based object detection technique. The model was trained on a dataset of 8,500 weapon images and tested with both images and videos in simulated scenarios. The test results showed mAP@50 of 89.9%, Precision

of 91.3%, and Recall of 82.8%. The system can accurately detect weapons under normal lighting conditions; however, detection errors may occur in low-light environments. The system operates in real time.

The working principle of the system is as follows: when the CCTV camera detects a weapon such as a knife or a gun, it captures an image of the detected weapon and generates an audio alert announcing the name of the weapon so that nearby people can

Keywords: Intelligent Security System, Weapon Detection, Artificial Intelligence (AI), Image Processing, Deep Learning

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญ

ปัจจุบันปัญหาอาชญากรรมและเหตุความรุนแรงในพื้นที่สาธารณะมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ไม่ว่าจะเป็นเหตุทะเลาะวิวาท การทำร้ายร่างกาย หรือการใช้อาวุธในสถานที่ที่มีประชาชนจำนวนมาก เช่น สถานศึกษา ห้างสรรพสินค้า สถานีขนส่ง และพื้นที่ชุมชน เหตุการณ์ดังกล่าวส่งผลกระทบโดยตรงต่อความปลอดภัยในชีวิตและทรัพย์สินของประชาชน รวมถึงสร้างความหวาดกลัวและลดความเชื่อมั่นต่อระบบรักษาความปลอดภัยในสังคม (United Nations Office on Drugs and Crime, 2023)

แม้ว่าปัจจุบันหลายพื้นที่จะมีการติดตั้งระบบกล้องวงจรปิด (Closed-Circuit Television: CCTV) เพื่อใช้ในการเฝ้าระวังและบันทึกเหตุการณ์ต่าง ๆ แต่การตรวจสอบภาพจากกล้องส่วนใหญ่มักอาศัยเจ้าหน้าที่ในการเฝ้าดูตลอดเวลา ซึ่งอาจเกิดข้อจำกัดด้านกำลังคน ความล่าช้าในการตอบสนองต่อเหตุการณ์ และความผิดพลาดจากมนุษย์ งานวิจัยเกี่ยวกับประสิทธิภาพของ CCTV ระบุว่า แม้กล้องวงจรปิดจะช่วยลดอาชญากรรมได้ในบางบริบท แต่ประสิทธิผลขึ้นอยู่กับการบริหารจัดการและการตอบสนองที่รวดเร็วต่อเหตุการณ์ (College of Policing, 2019)

ด้วยความก้าวหน้าของเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence: AI) และการเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning) ทำให้สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับงานด้านการประมวลผลภาพและการวิเคราะห์วิดีโอได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะเทคโนโลยีโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน (Convolutional Neural Networks: CNN) ซึ่งได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวางในงานด้านการตรวจจับวัตถุ (Object Detection) และการจำแนกภาพ (Image Classification) (Yann LeCun et al., 2015)

นอกจากนี้ อัลกอริทึมการตรวจจับวัตถุแบบเรียลไทม์ เช่น YOLO (You Only Look Once) ได้รับการพัฒนาให้สามารถตรวจจับวัตถุในภาพหรือวิดีโอได้อย่างรวดเร็วและแม่นยำ เหมาะสำหรับงานเฝ้าระวังความปลอดภัยที่ต้องการการตอบสนองทันที (Joseph Redmon et al., 2016)

เทคโนโลยีดังกล่าวสามารถช่วยตรวจจับวัตถุต้องสงสัย เช่น อาวุธปืนหรือมีด จากภาพหรือวิดีโอได้โดยอัตโนมัติ และแจ้งเตือนผู้ดูแลระบบได้แบบเรียลไทม์ ซึ่งช่วยลดภาระของเจ้าหน้าที่ เพิ่มความรวดเร็วในการรับมือกับสถานการณ์ และลดความเสี่ยงจากเหตุอาชญากรรมในพื้นที่สาธารณะ

ดังนั้น โครงงานวิจัยเรื่อง “ระบบรักษาความปลอดภัยอัจฉริยะสำหรับการตรวจจับอาวุธในพื้นที่สาธารณะ” จึงถูกพัฒนาขึ้นเพื่อศึกษา ออกแบบ และสร้างระบบที่สามารถตรวจจับอาวุธจากภาพหรือวิดีโอได้อย่างอัตโนมัติ โดยใช้เทคโนโลยี

ปัญญาประดิษฐ์และการประมวลผลภาพ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการเฝ้าระวัง ป้องกันเหตุรุนแรง และสนับสนุนการทำงานของระบบรักษาความปลอดภัยในพื้นที่สาธารณะ

โครงการนี้มีความสำคัญเนื่องจากสามารถนำองค์ความรู้ด้านเทคโนโลยีสารสนเทศมาประยุกต์ใช้แก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นจริงในสังคม อีกทั้งยังสามารถต่อยอดไปสู่การพัฒนาระบบรักษาความปลอดภัยอัจฉริยะในอนาคต เพื่อสร้างความปลอดภัยและความเชื่อมั่นให้แก่ประชาชนได้อย่างยั่งยืน

วัตถุประสงค์

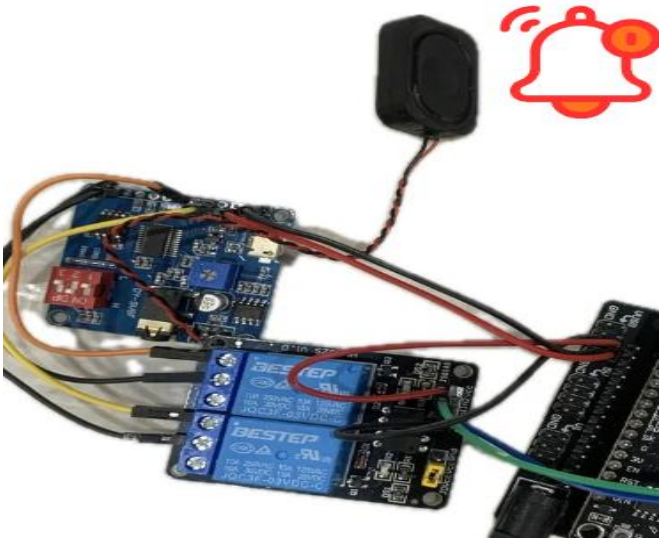
1. เพื่อศึกษาแนวคิด หลักการ และเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับระบบรักษาความปลอดภัยอัจฉริยะ
2. เพื่อออกแบบและพัฒนาระบบตรวจจับอาวุธในพื้นที่สาธารณะโดยใช้เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์
3. เพื่อทดสอบและประเมินประสิทธิภาพการทำงานของระบบที่พัฒนาขึ้น

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

การพัฒนาระบบรักษาความปลอดภัยอัจฉริยะสำหรับการตรวจจับอาวุธในพื้นที่สาธารณะ ใช้อุปกรณ์และเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องทั้งด้านฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ ดังนี้

1. ด้านฮาร์ดแวร์

ระบบใช้กล้องวงจรปิด (CCTV) เป็นอุปกรณ์หลักในการรับภาพวิดีโอจากพื้นที่สาธารณะ เพื่อนำข้อมูลเข้าสู่กระบวนการวิเคราะห์ นอกจากนี้ยังมีการใช้อุปกรณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์ เช่น NodeMCU ESP8266 สำหรับเชื่อมต่อระบบกับเครือข่ายอินเทอร์เน็ตและควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ รวมถึงอุปกรณ์เสริม เช่น Relay Module สำหรับควบคุมการเปิด–ปิดระบบเสียง และโมดูลเสียง Mini DY-SV8F MP3 พร้อมลำโพงขนาด 3 วัตต์ สำหรับใช้ในการแจ้งเตือนเมื่อระบบตรวจพบอาวุธ



รูปที่ 1 NodeMCU ESP8266 และโมดูลเสียง Mini DY-SV8F MP3

2. ด้านซอฟต์แวร์และเทคโนโลยี

ระบบถูกพัฒนาด้วยภาษา Python โดยใช้เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์และการเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning) ผ่านอัลกอริทึม YOLO สำหรับการตรวจจับวัตถุในภาพแบบเรียลไทม์ ร่วมกับไลบรารีประมวลผลภาพ เช่น OpenCV (cv2) ในการจัดการภาพและวิดีโอ นอกจากนี้ยังมีการใช้แอปพลิเคชัน Telegram เป็นช่องทางในการแจ้งเตือนและส่งข้อมูลไปยังผู้ใช้งาน

วิธีการดำเนินงาน

การพัฒนาระบบดำเนินการตามขั้นตอนอย่างเป็นระบบ ดังนี้

1. การวางแผนและศึกษาข้อมูล

เริ่มต้นจากการกำหนดหัวข้อโครงงาน ศึกษาข้อมูลและเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง รวมถึงวิเคราะห์ปัญหาและความต้องการของระบบ เพื่อกำหนดแนวทางในการพัฒนาให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของโครงงาน

2. การวิเคราะห์และออกแบบระบบ

ออกแบบโครงสร้างของระบบโดยแบ่งออกเป็น 3 ส่วนหลัก ได้แก่

- ส่วนรับข้อมูล (Input): รับภาพจากกล้อง CCTV
- ส่วนประมวลผล (Processing): วิเคราะห์ภาพด้วยโมเดล AI
- ส่วนแสดงผล (Output): แสดงผลและแจ้งเตือนผู้ใช้งาน

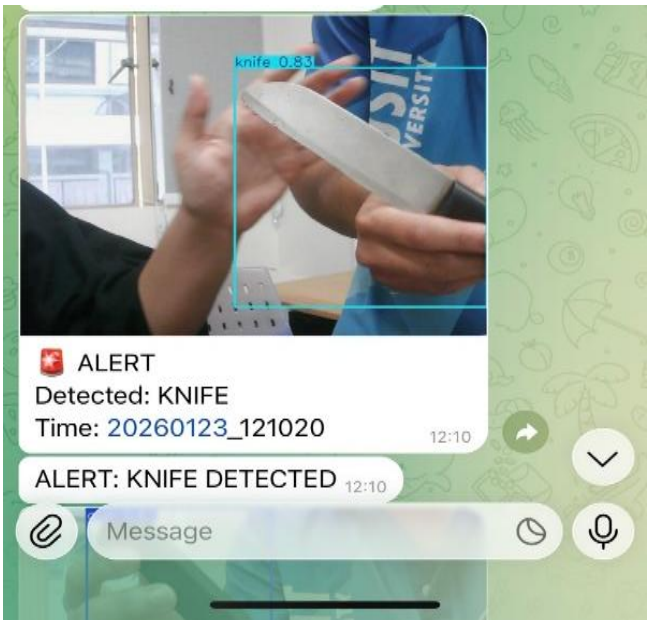
โดยระบบถูกออกแบบให้สามารถตรวจจับอาวุธ เช่น ปืนและมีด และแจ้งเตือนผู้ดูแลระบบได้แบบเรียลไทม์

3. การพัฒนาโมเดลปัญญาประดิษฐ์

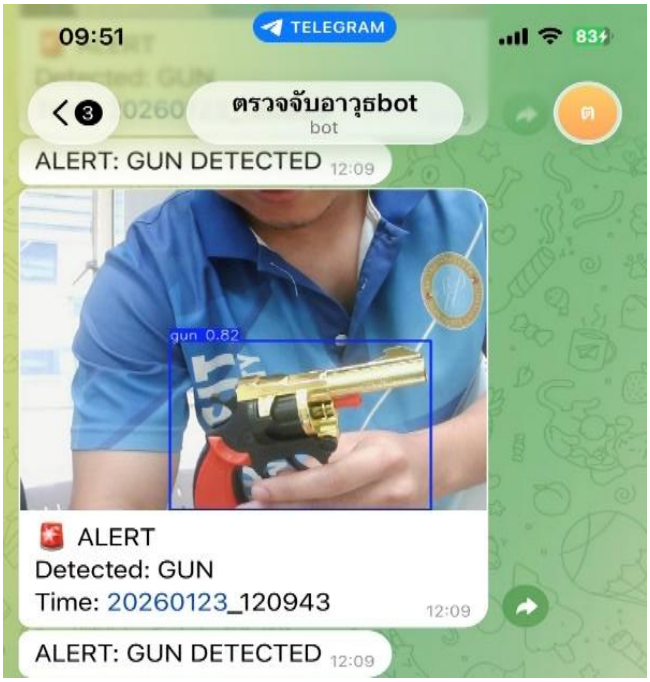
ใช้เทคนิคการเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning) โดยอาศัยอัลกอริทึม YOLO ในการฝึกสอนโมเดลจากชุดข้อมูลภาพที่มีการระบุประเภทของอาวุธ (Labeled Dataset) เพื่อให้ระบบสามารถจำแนกและตรวจจับอาวุธได้อย่างแม่นยำ

4. การพัฒนาระบบและเชื่อมต่ออุปกรณ์

พัฒนาโปรแกรมเพื่อเชื่อมต่อระหว่างกล้อง ระบบประมวลผล และอุปกรณ์แจ้งเตือน เมื่อระบบตรวจพบอาวุธจะทำการแคปภาพ ส่งเสียงแจ้งเตือนผ่านลำโพง และส่งข้อมูลไปยังผู้ใช้งานผ่านแอปพลิเคชัน Telegram



รูปที่ 2 การทดสอบการทำงานของระบบ (ตรวจพบอาวุธมีด)



รูปที่ 3 การทดสอบการทำงานของระบบ (ตรวจพบอาวุธปืน)

5. การทดสอบระบบ

ทำการทดสอบระบบโดยจำลองสถานการณ์ในพื้นที่สาธารณะ เพื่อประเมินความสามารถในการตรวจจับอาวุธ ความรวดเร็วในการแจ้งเตือน และความเสถียรของระบบ

6. การประเมินผลและปรับปรุงระบบ

นำผลการทดสอบมาวิเคราะห์และประเมินประสิทธิภาพของระบบ เพื่อปรับปรุงให้มีความแม่นยำและเหมาะสมต่อการใช้งานจริงมากยิ่งขึ้น

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการในงานวิจัยนี้มุ่งเน้นการบูรณาการเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ การประมวลผลภาพ และอุปกรณ์ IoT เพื่อพัฒนาระบบตรวจจับอาวุธที่สามารถทำงานได้แบบเรียลไทม์ และมีศักยภาพในการนำไปประยุกต์ใช้ในพื้นที่สาธารณะได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ผลการวิจัย

จากการพัฒนาระบบรักษาความปลอดภัยอัจฉริยะสำหรับการตรวจจับอาวุธในพื้นที่สาธารณะ โดยใช้เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ร่วมกับการประมวลผลภาพจากกล้องวงจรปิด พบว่าระบบสามารถทำงานได้ตามวัตถุประสงค์ที่กำหนด และมีประสิทธิภาพในระดับที่น่าพอใจ

ผลการประเมินประสิทธิภาพของโมเดลจากการฝึกสอนด้วยอัลกอริทึม YOLO v11 โดยใช้ชุดข้อมูลภาพอาวุธจำนวน 8,500 ภาพ พบว่าโมเดลมีค่า Precision เท่ากับ 91.3%, ค่า Recall เท่ากับ 82.8% และค่า mAP@50 เท่ากับ 89.9% ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าโมเดลมีความสามารถในการตรวจจับอาวุธได้อย่างแม่นยำและมีประสิทธิภาพในการใช้งานจริง โดยเฉพาะในสภาพแวดล้อมที่มีแสงปกติ

นอกจากนี้ จากการทดสอบระบบในสถานการณ์จำลอง พบว่าระบบสามารถตรวจจับอาวุธ เช่น ปืนและมีด จากภาพและวิดีโอได้แบบเรียลไทม์ พร้อมทั้งสามารถดำเนินการแจ้งเตือนโดยอัตโนมัติ เมื่อระบบตรวจพบอาวุธ กล้องจะทำการบันทึกภาพ และระบบจะส่งเสียงแจ้งเตือนระบุชนิดของอาวุธให้ผู้ที่อยู่บริเวณใกล้เคียงรับทราบ พร้อมทั้งส่งข้อมูลและภาพไปยังผู้ดูแลระบบผ่านแอปพลิเคชัน Telegram ได้อย่างรวดเร็ว

อย่างไรก็ตาม จากผลการทดลองยังพบว่าประสิทธิภาพของระบบอาจลดลงในสภาพแวดล้อมที่มีแสงน้อย ซึ่งอาจทำให้เกิดการตรวจจับผิดพลาดได้บ้าง ทั้งนี้โดยรวมระบบมีความแม่นยำเฉลี่ยอยู่ในช่วงประมาณ 80–90% ซึ่งถือว่าอยู่ในระดับที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานจริงในพื้นที่สาธารณะได้

สรุปได้ว่า ระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถตรวจจับอาวุธได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทำงานได้แบบเรียลไทม์ และสามารถแจ้งเตือนผู้ใช้งานได้ทันที ซึ่งช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการเฝ้าระวังและลดความเสี่ยงจากเหตุการณ์รุนแรงในพื้นที่สาธารณะได้อย่างมีนัยสำคัญ

การอภิปรายผล

จากผลการวิจัยพบว่า ระบบรักษาความปลอดภัยอัจฉริยะสำหรับการตรวจจับอาวุธในพื้นที่สาธารณะสามารถทำงานได้ตามวัตถุประสงค์ที่กำหนด โดยมีประสิทธิภาพของโมเดลอยู่ในระดับที่ดี ซึ่งสะท้อนจากค่าตัวชี้วัด ได้แก่ Precision เท่ากับ 91.3%, Recall เท่ากับ 82.8% และค่า mAP@50 เท่ากับ 89.9% แสดงให้เห็นว่าโมเดลมีความสามารถในการตรวจจับอาวุธได้อย่างแม่นยำ และสามารถนำไปใช้งานจริงได้ โดยเฉพาะในสภาพแวดล้อมที่มีแสงปกติ

เมื่อพิจารณาค่า Precision ที่สูงกว่า Recall พบว่า ระบบมีแนวโน้มในการตรวจจับแล้ว “ถูกต้อง” มากกว่าการ “ตรวจจับให้ครบทุกกรณี” กล่าวคือ ระบบมีโอกาสพลาดการตรวจจับบางเหตุการณ์ (False Negative) มากกว่าการแจ้งเตือน

ผิดพลาด (False Positive) ซึ่งถือว่าเหมาะสมในบริบทของระบบรักษาความปลอดภัย เนื่องจากช่วยลดการแจ้งเตือนที่ไม่จำเป็นและเพิ่มความน่าเชื่อถือของระบบ

ผลการวิจัยยังสอดคล้องกับแนวคิดและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องซึ่งระบุว่าเทคโนโลยีการเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning) และอัลกอริทึมตรวจจับวัตถุ เช่น YOLO มีความเหมาะสมสำหรับการใช้งานแบบเรียลไทม์ และสามารถให้ความแม่นยำในระดับสูงในการตรวจจับวัตถุจากภาพและวิดีโอ (Yann LeCun et al., 2015; Joseph Redmon et al., 2016)

อย่างไรก็ตาม จากการทดสอบระบบในสถานการณ์จำลอง พบว่าประสิทธิภาพของระบบอาจลดลงในสภาพแวดล้อมที่มีแสงน้อย ซึ่งอาจทำให้เกิดการตรวจจับผิดพลาดได้บ้าง สาเหตุสำคัญมาจากข้อจำกัดของข้อมูลฝึกสอนและคุณภาพของภาพจากกล้องวงจรปิด ซึ่งส่งผลต่อความสามารถของโมเดลในการแยกแยะลักษณะของวัตถุ

นอกจากนี้ ปัจจัยด้านอุปกรณ์ เช่น ความละเอียดของกล้อง และความเสถียรของเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ยังมีผลต่อความแม่นยำและความรวดเร็วในการแจ้งเตือนของระบบ ซึ่งเป็นข้อจำกัดที่ควรนำไปพัฒนาเพิ่มเติมในอนาคต

ดังนั้น แม้ว่าระบบที่พัฒนาขึ้นจะมีประสิทธิภาพในระดับที่สามารถใช้งานได้จริง แต่ยังสามารถปรับปรุงให้ดียิ่งขึ้นได้ โดยการเพิ่มความหลากหลายของชุดข้อมูล การปรับปรุงโมเดลให้รองรับสภาพแวดล้อมที่ซับซ้อนมากขึ้น และการพัฒนาอุปกรณ์ให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น เพื่อเพิ่มความแม่นยำและความน่าเชื่อถือของระบบในระยะยาว

บทสรุป

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบรักษาความปลอดภัยอัจฉริยะสำหรับการตรวจจับอาวุธในพื้นที่สาธารณะ โดยใช้เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ร่วมกับการประมวลผลภาพจากกล้องวงจรปิด เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการเฝ้าระวังและลดความเสี่ยงจากเหตุอาชญากรรม

จากผลการดำเนินงานพบว่า ระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถตรวจจับอาวุธ เช่น ปืนและมีด ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยอาศัยโมเดล YOLO v11 ที่ผ่านการฝึกสอนด้วยชุดข้อมูลจำนวน 8,500 ภาพ ซึ่งให้ค่าประสิทธิภาพอยู่ในระดับที่ดี ได้แก่ ค่า Precision เท่ากับ 91.3%, ค่า Recall เท่ากับ 82.8% และค่า mAP@50 เท่ากับ 89.9% อีกทั้งยังมีความแม่นยำโดยรวมอยู่ในช่วงประมาณ 80–90% ระบบสามารถทำงานแบบเรียลไทม์ โดยเมื่อกล้องตรวจพบอาวุธ ระบบจะทำการบันทึกภาพ ส่งเสียงแจ้งเตือนระบุชนิดของอาวุธ และส่งข้อมูลไปยังผู้ดูแลผ่านแอปพลิเคชัน Telegram ได้ทันที ซึ่งช่วยเพิ่มความรวดเร็วในการตอบสนองต่อเหตุการณ์ และลดภาระของเจ้าหน้าที่ในการเฝ้าระวัง

อย่างไรก็ตาม ระบบยังมีข้อจำกัดในสภาพแวดล้อมที่มีแสงน้อย ซึ่งอาจส่งผลต่อความแม่นยำในการตรวจจับ ดังนั้น การพัฒนาระบบในอนาคตควรมุ่งเน้นการเพิ่มความหลากหลายของชุดข้อมูล ปรับปรุงโมเดลให้รองรับสภาพแวดล้อมที่แตกต่าง และพัฒนาอุปกรณ์ให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

ระบบรักษาความปลอดภัยอัจฉริยะที่พัฒนาขึ้นสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในพื้นที่สาธารณะ เช่น สถานศึกษา ห้างสรรพสินค้า และสถานีขนส่ง เพื่อช่วยป้องกันเหตุรุนแรง เพิ่มความปลอดภัย และสร้างความเชื่อมั่นให้แก่ประชาชนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานเรื่อง “ระบบรักษาความปลอดภัยอัจฉริยะสำหรับการตรวจจับอาวุธในพื้นที่สาธารณะ” ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาและการสนับสนุนจากหลายฝ่าย ผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน เป็นอย่างสูง ที่ได้ให้คำแนะนำ อธิบายแนวทาง และถ่ายทอดความรู้ที่เป็นประโยชน์ตลอดระยะเวลาการดำเนินงาน ทำให้โครงงานฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ขอขอบพระคุณคณาจารย์และบุคลากรทุกท่านของมหาวิทยาลัยสวนดุสิต ที่ได้ให้โอกาสในการเรียนรู้ สนับสนุนทรัพยากร และสร้างสภาพแวดล้อมที่เอื้อต่อการพัฒนาองค์ความรู้และทักษะของผู้จัดทำ

นอกจากนี้ ผู้จัดทำขอขอบคุณเพื่อน ๆ และครอบครัวที่ให้กำลังใจ คำแนะนำ และความช่วยเหลือในด้านต่าง ๆ อย่างต่อเนื่อง จนทำให้โครงงานฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ หากโครงงานฉบับนี้มีข้อบกพร่องประการใด ผู้จัดทำขอน้อมรับไว้และจะนำไปปรับปรุงพัฒนาให้ดียิ่งขึ้นในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

กมลวรรณ พงษ์ศิริ. (2565). การพัฒนาระบบตรวจจับอาวุธปืนและมีดในพื้นที่สาธารณะโดยใช้เทคนิค Deep Learning ร่วมกับกล้อง CCTV. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

พีรพล แก้วคำ. (2565). การพัฒนาระบบตรวจจับอาวุธปืนจากกล้องวงจรปิดในพื้นที่สาธารณะโดยใช้โมเดล YOLOv4. โครงงานวิศวกรรมคอมพิวเตอร์, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

ศิริพร ชัยมงคล. (2566). การพัฒนาระบบรักษาความปลอดภัยอัจฉริยะด้วย AI สำหรับตรวจจับอาวุธปืนและมีดในสถานที่สาธารณะ. วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม: มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา.

ศุภชัย อินทรา. (2566). การพัฒนาระบบตรวจจับอาวุธจากกล้องวงจรปิดในสถานศึกษาโดยใช้เทคนิค YOLOv7. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร

Garg, R., et al. (2021). Handgun detection using YOLOv3 and YOLOv4 for intelligent surveillance systems. IEEE Xplore Digital Library.

Jacob Solawetz and Francesco, “โมเดล YOLOv8,” Roboflow [online]. https://blog.roboflow.com/whats-new-in-yolov8/ (Accessed: Oct. 3, 2023).

Rahman, A., Rahman, M. A., & Hasan, M. M. (2020). Intelligent surveillance system for weapon detection using deep learning and YOLOv3.

Rahul Agarwal, “การจำแนกวัตถุ,” mlwhiz [Online]. https://mlwhiz.com/blog/2018/09/22/object_detection/ (Accessed: Oct. 3, 2023).

Redmon, J. และ Farhadi, A. (2017). YOLO9000: Better, Faster, Stronger. รายงานการประชุมวิชาการ IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), หน้า 6517–6525.

การออกแบบและพัฒนาระบบพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ร้านโฮมเบเกอรี่
Design and Development of an E-commerce System for a Home Bakery

วรรณวดี วงค์สุทธิ[1] อารียา จอมศรีลา[1] ธีรชานนท์ เอี่ยมอ่อน[1] ภูริพจน์ แก้วย่อง[1] อัฐเดช วรรณสินธีรกร[1] และทินกร ชุณหภัทรกุล[1*]

Wanwadee Wongsuthi[1], Areeya Jomsrila[1] ,Teerachanon Aeaimon[1] ,
Phuripoj Kaewyong[1], Autthadej Wannasinteerakorn[1] and Thinnagorn Chunhapataragul[1*]

[1]คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต กรุงเทพมหานคร
[1]Faculty of Science and Technology, Suan Dusit University, Bangkok
[*]Corresponding Author E-mail Address : thinnagorn_chu@dusit.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยและพัฒนา โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อการออกแบบและพัฒนาระบบพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ร้านโฮมเบเกอรี่ และประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อระบบที่พัฒนาขึ้น ซึ่งในการพัฒนาระบบพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ร้านโฮมเบเกอรี่ ใช้ภาษา HTML, CSS และ JavaScript พัฒนาหน้าเว็บไซต์ส่วนหน้าร้าน ภาษา PHP ใช้พัฒนาส่วนของโปรแกรมฝั่งเครื่องแม่ข่าย โดยเชื่อมต่อฐานข้อมูล MariaDB และใช้ Apache เป็นเครื่องมือจำลองเว็บเซิร์ฟเวอร์ จากการสัมภาษณ์พนักงานที่รับผิดชอบการขายของร้านโฮมเบเกอรี่พบว่ามีความต้องการระบบประกอบด้วยขอบเขตดังนี้ การเข้าสู่ระบบ การแสดงสินค้า การเลือกซื้อสินค้า การจัดการตะกร้าสินค้า การกรอกข้อมูลการจัดส่ง การชำระเงิน การยืนยันคำสั่งซื้อ และการติดตามสถานะการจัดส่งสินค้า ทั้งนี้ได้ทำการประเมินความพึงพอใจจากกลุ่มตัวอย่างผู้ใช้งานทั่วไปจำนวน 20 คน ผลการวิจัยพบว่าผู้ใช้งานมีความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.76, S.D. = 0.478) โดยเมื่อพิจารณารายด้านพบว่าความพึงพอใจด้านประสิทธิภาพมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.84, S.D. = 0.355) รองลงมาคือด้านการใช้งาน ($\bar{X}$ = 4.77, S.D. = 0.486) และด้านการออกแบบ ($\bar{X}$ = 4.68, S.D. = 0.593) แสดงให้เห็นว่าระบบที่พัฒนาขึ้นมีความเหมาะสม มีความสะดวกในการใช้งาน และสามารถทำงานได้อย่างถูกต้องมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: ระบบพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ เว็บแอปพลิเคชัน ระบบสั่งซื้อสินค้า โฮมเบเกอรี่

Abstract

This research is a research and development project aimed at designing and developing an e-commerce system for a home bakery shop and evaluating user satisfaction with the developed system. The e-commerce system for the home bakery shop was developed using HTML, CSS, and JavaScript for the shop front page, and PHP for the server-side program, connecting to a MariaDB database and using Apache as a web server emulator. Interviews with sales staff at the home bakery revealed system requirements including: login, product display, product selection, shopping cart management, shipping

information entry, payment, order confirmation, and shipping status tracking. User satisfaction was assessed using a sample group of 20 general users. The research results showed that overall user satisfaction was at the highest level. ($\bar{X}$ = 4.76, S.D. = 0.478). Considering individual aspects, satisfaction with performance was the highest ($\bar{X}$ = 4.84, S.D. = 0.355), followed by usability ($\bar{X}$ = 4.77, S.D. = 0.486), and design ($\bar{X}$ = 4.68, S.D. = 0.593). This indicates that the developed system is suitable, user-friendly, and operates correctly and efficiently.

Keywords: E-commerce System, Web Application, Ordering System, Home Bakery

บทนำ

ในปัจจุบัน การดำเนินธุรกิจในยุคดิจิทัลมีการนำเทคโนโลยีสารสนเทศเข้ามาประยุกต์ใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการดำเนินงานและขยายโอกาสทางการตลาด โดยเฉพาะระบบพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Commerce) ซึ่งเป็นกลไกสำคัญในการสนับสนุนการจำหน่ายสินค้าและบริการผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต อย่างไรก็ตาม ร้านโฮมเบเกอรี่ของมหาวิทยาลัยสวนดุสิตยังคงพึ่งพาการจำหน่ายสินค้าและประชาสัมพันธ์ผ่านแพลตฟอร์มภายนอก เช่น Shopee และ Lazada แม้ว่าจะช่วยเพิ่มการเข้าถึงกลุ่มลูกค้าได้สะดวกยิ่งขึ้น แต่ก่อให้เกิดภาระต้นทุนเพิ่มเติมจากค่าธรรมเนียมและภาษีตามเงื่อนไขของแพลตฟอร์ม ส่งผลให้รายได้จากการจำหน่ายสินค้าไม่สะท้อนมูลค่าที่แท้จริงของสินค้าอย่างเต็มที่ นอกจากนี้ การใช้สื่อสังคมออนไลน์ เช่น Facebook เป็นช่องทางหลักในการประชาสัมพันธ์สินค้า ยังมีข้อจำกัดในด้านการจัดการข้อมูล เนื่องจากไม่มีระบบแคตตาล็อก (Catalog) สำหรับแสดงรายการสินค้าอย่างเป็นระบบ ทำให้ลูกค้าต้องค้นหาข้อมูลจากโพสต์ย้อนหลังจำนวนมาก ซึ่งส่งผลต่อความสะดวกในการใช้งานและอาจกระทบต่อการตัดสินใจซื้อสินค้า จากข้อจำกัดดังกล่าว จึงมีความจำเป็นในการพัฒนาระบบพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับร้านโฮมเบเกอรี่ เพื่อใช้เป็นหน้าร้านออนไลน์หลักในการนำเสนอสินค้าอย่างเป็นระบบ ลดการพึ่งพาแพลตฟอร์มภายนอก และเพิ่มประสิทธิภาพในการให้บริการลูกค้า โดยระบบสามารถแสดงรายการสินค้าในรูปแบบแคตตาล็อกออนไลน์ พร้อมรายละเอียดสินค้าอย่างครบถ้วน รวมถึงรองรับกระบวนการสั่งซื้อสินค้า การบันทึกข้อมูลคำสั่งซื้อ และการจัดการสถานะการชำระเงินได้อย่างอัตโนมัติ ซึ่งช่วยลดความผิดพลาดจากการรับคำสั่งซื้อผ่านช่องทางแชท และเพิ่มความสะดวกในการใช้งานให้แก่ผู้บริโภค อีกทั้งการมีเว็บไซต์เป็นของตนเองยังช่วยให้ร้านสามารถจำหน่ายสินค้าได้โดยตรง ทำให้รายได้สะท้อนมูลค่าที่แท้จริงของสินค้า และเพิ่มความคุ้มค่าในการดำเนินธุรกิจในระยะยาว

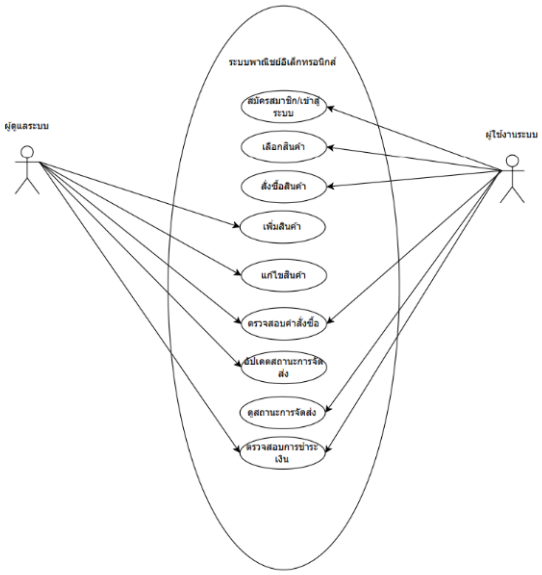
วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อการออกแบบและพัฒนาระบบพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ร้านโฮมเบเกอรี่
2. เพื่อประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อระบบที่พัฒนาขึ้น

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรของการศึกษาครั้งนี้คือ ผู้ใช้งานทั่วไป ซึ่งคัดเลือกโดยวิธีการสุ่มแบบเจาะจงจากนักศึกษามหาวิทยาลัยสวนดุสิต จำนวน 20 คน

ขอบเขตของระบบ



รูปที่ 1 Use Case Diagram

จากการสัมภาษณ์พนักงานฝ่ายดูแลการขายร้านโฮมเบเกอรี่เพื่อกำหนดขอบเขตของระบบซึ่งแสดงให้เห็นจากรูปที่ 1 Use Case Diagram แผนภาพประกอบด้วยผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง (Actors) จำนวน 2 ประเภท ได้แก่ ผู้ดูแลระบบ และผู้ใช้งานระบบ ซึ่งอยู่ภายนอกขอบเขตของระบบ และมีการเชื่อมโยงกับกรณีการใช้งาน (Use Case) ที่อยู่ภายในขอบเขตของระบบพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ผู้ดูแลระบบมีหน้าที่จัดการข้อมูลภายในระบบ เช่น การเพิ่มสินค้า การแก้ไขสินค้า การตรวจสอบคำสั่งซื้อ การตรวจสอบการชำระเงิน และการอัปเดตสถานะการจัดส่ง ส่วนผู้ใช้งานระบบสามารถดำเนินกิจกรรมต่าง ๆ ได้แก่ การสมัครสมาชิกหรือเข้าสู่ระบบ การเลือกสินค้า การสั่งซื้อสินค้า และการติดตามสถานการณ์จัดส่ง เส้นเชื่อมระหว่างผู้มีส่วนเกี่ยวข้องกับกรณีการใช้งาน แสดงถึงการโต้ตอบหรือการเรียกใช้งานฟังก์ชันของระบบ โดยวงรีแต่ละวงแสดงถึงกระบวนการทำงานหนึ่งรายการที่ระบบสามารถดำเนินการได้

การทบทวนวรรณกรรม

1. กระบวนการพัฒนาซอฟต์แวร์ V-Model (Pressman, R. S., & Maxim, B. R., 2020)

แบบจำลองวีโมเดล (V-Model) หรือที่รู้จักในชื่อ Verification and Validation Model เป็นแนวคิดในกระบวนการพัฒนาซอฟต์แวร์ (SDLC) ที่พัฒนาต่อยอดมาจากแบบจำลองน้ำตก (Waterfall Model) โดยมุ่งเน้นการยกระดับคุณภาพของระบบผ่านการเชื่อมโยงอย่างเป็นระบบระหว่างขั้นตอนการออกแบบและการทดสอบ จุดเด่นที่ทำให้วีโมเดลแตกต่างจากแบบจำลองดั้งเดิมคือ การกำหนดให้กิจกรรมการทดสอบระบบ (Testing) ดำเนินควบคู่ไปกับกิจกรรมการวิเคราะห์และออกแบบระบบ (Design) ในทุกระดับขั้นทันที โดยไม่ต้องรอให้กระบวนการเขียนโค้ดเสร็จสิ้น ส่งผลให้โครงสร้างโดยรวมของแบบจำลองนี้มีลักษณะคล้ายตัวอักษร V ที่มีความสอดคล้องสลับซ้ายขวาอย่างชัดเจน โครงสร้างของวีโมเดลสามารถแบ่งออกเป็นสองฝั่งหลักที่ทำงานสัมพันธ์กัน ฝั่งซ้ายคือ กระบวนการตรวจสอบความถูกต้องของการออกแบบ (Verification Phase) เริ่มต้นจากบนลงล่าง ประกอบด้วยการวิเคราะห์ความต้องการ (Requirement Analysis)

การออกแบบสถาปัตยกรรมระบบในภาพรวม (System Design) การออกแบบโครงสร้างโมดูล (Architecture Design) และการออกแบบรายละเอียดเชิงลึกในระดับย่อย (Component Design) ซึ่งในทุก ๆ ขั้นตอนของฝั่งซ้ายนี้ ทีมพัฒนาจะทำการวางแผนและสร้างกรณีทดสอบ (Test Cases) เตรียมพร้อมไว้ทันที เมื่อกระบวนการฝั่งซ้ายดำเนินมาถึงจุดต่ำสุดซึ่งคือขั้นตอนการเขียนโปรแกรม (Coding Phase) โค้ดจะถูกส่งต่อไปยังฝั่งขวา คือ กระบวนการตรวจสอบความถูกต้องของระบบหลังการพัฒนา (Validation Phase) จากล่างขึ้นบน ซึ่งประกอบด้วยการทดสอบระดับหน่วย (Unit Testing) การทดสอบการทำงานร่วมกันของโมดูล (Integration Testing) การทดสอบระบบในภาพรวม (System Testing) และจบด้วยการทดสอบเพื่อการยอมรับจากผู้ใช้ (Acceptance Testing) ตามลำดับ โดยแต่ละขั้นตอนของการทดสอบในฝั่งขวา จะถูกนำมาจับคู่เพื่อตรวจสอบกับผลลัพธ์การออกแบบในฝั่งซ้ายที่มีระดับความลึกเท่ากันเสมอ

2. แนวคิดระบบพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์

ณัฐปภัสร์ ฤทธิ์วัฒนวาณิช จิระวดี เตียประพงษ์ และพรพิมล ขำเพชร (2567) ได้เสนอแนวคิดเกี่ยวกับแบบจำลองการพัฒนาระบบพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ที่ครอบคลุมกระบวนการดำเนินงานของธุรกิจออนไลน์อย่างครบวงจร ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าระบบพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ มิได้จำกัดขอบเขตเพียงการนำเสนอสินค้าและรับคำสั่งซื้อผ่านเว็บไซต์เท่านั้น แต่ยังครอบคลุมถึงการจัดการคำสั่งซื้อ การควบคุมสินค้าคงคลัง การบริหารจัดการด้านโลจิสติกส์ และการเชื่อมโยงห่วงโซ่อุปทานเข้าด้วยกันอย่างเป็นระบบ ดังนั้น โครงงานพัฒนาระบบพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ร้านโฮมเบเกอรี่จึงได้นำแนวคิดเกี่ยวกับการออกแบบระบบแบบครบวงจรมาประยุกต์ใช้ โดยให้ความสำคัญกับการจัดการคำสั่งซื้อและการติดตามสถานะการจัดส่งสินค้า เพื่อให้สอดคล้องกับขอบเขตของระบบพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ตามหลักแนวคิดทางทฤษฎี

ธวัลรัตน์ ศรีวิพัฒน์ พิชญ์ชญา นาสองสี และสงกรานต์ จอนขุน (2566) ได้นำเสนอแนวคิดการออกแบบและพัฒนาระบบพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ในรูปแบบเว็บไซต์สำหรับธุรกิจค้าปลีก ซึ่งสะท้อนให้เห็น ว่า การพัฒนาระบบ E-Commerce ควรดำเนินการอย่างเป็นขั้นตอน ตั้งแต่การวิเคราะห์ความต้องการของผู้ใช้งาน การออกแบบโครงสร้างระบบ การพัฒนาและทดสอบการทำงาน ไปจนถึงการประเมินประสิทธิภาพของระบบก่อนนำไปใช้งานจริง แนวคิดดังกล่าวแสดงให้เห็นถึงกระบวนการพัฒนาระบบสารสนเทศที่เป็นระบบ และเน้นให้เว็บไซต์สามารถรองรับการสั่งซื้อสินค้าออนไลน์ได้อย่างครบถ้วนและมีเสถียรภาพ ดังนั้น โครงงานระบบพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ร้านโฮมเบเกอรี่จึงได้นำแนวคิดเกี่ยวกับกระบวนการพัฒนาระบบและการประเมินประสิทธิภาพมาประยุกต์ใช้ เพื่อให้ระบบมีความสมบูรณ์ สามารถรองรับการสั่งซื้อสินค้าออนไลน์ได้อย่างเป็นระบบ และสอดคล้องกับหลักการของการพัฒนาระบบ พาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์

เกษณี พรหมมีเนตร (2566) ได้ศึกษาแนวทางการพัฒนาเว็บไซต์ร้านค้าปลีกออนไลน์เพื่อรองรับการสั่งซื้อผ่านระบบอินเทอร์เน็ต โดยแนวคิดสำคัญที่สะท้อนจากงานวิจัยคือ การพัฒนาระบบพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ ควรออกแบบให้รองรับกระบวนการซื้อขายอย่างครบวงจร ตั้งแต่การเลือกสินค้า การแสดงรายละเอียดข้อมูลสินค้า การสั่งซื้อ ไปจนถึงการเข้าถึงระบบได้ตลอด 24 ชั่วโมง ซึ่งเป็นคุณลักษณะสำคัญของระบบออนไลน์ที่แตกต่างจากการค้าปลีกแบบดั้งเดิม ดังนั้น โครงงานระบบพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ร้านโฮมเบเกอรี่จึงได้นำแนวคิดเกี่ยวกับการพัฒนาเว็บไซต์ที่รองรับการสั่งซื้ออย่างครบถ้วนและเข้าถึงได้ตลอดเวลา มาประยุกต์ใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการให้บริการและขยายโอกาสทางธุรกิจ

พุฒิพงศ์ เอี่ยมสินธร ฐิติมาศ จันทราภิรมย์ และสุดาพร ทิมฤกษ์ (2566) ได้ศึกษากลยุทธ์การตลาดออนไลน์สำหรับร้านอาหารขนาดเล็กในชุมชน โดยเน้นการใช้สื่อสังคมออนไลน์ การทำ SEO (Search Engine Optimization) และการจัดโปรโมชั่นออนไลน์ เพื่อเพิ่มการเข้าถึงลูกค้าและเสริมสร้างความสามารถในการแข่งขัน ผลการศึกษาสะท้อนให้เห็นว่าการประยุกต์ใช้กลยุทธ์การตลาดดิจิทัลอย่างเป็นระบบ สามารถช่วยเพิ่มยอดขายและเสริมสร้างภาพลักษณ์ของธุรกิจได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้น โครงงานระบบพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ร้านโฮมเบเกอรี่จึงควรนำแนวคิดเกี่ยวกับการใช้สื่อสังคมออนไลน์

การปรับแต่งข้อมูลให้ค้นหาได้ง่าย และการจัดกิจกรรมส่งเสริมการขายออนไลน์มาประยุกต์ใช้ร่วมกับระบบ เพื่อเพิ่มศักยภาพทางการแข่งขันและสร้างความยั่งยืนให้ธุรกิจ

Siti Solehah Othman, A. Noraziah และ Roslina Mohd Sidek (2025) ได้นำเสนอแนวคิดการประเมินคุณภาพของระบบพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ โดยอาศัยกรอบการประเมินคุณภาพซอฟต์แวร์ในการวิเคราะห์แพลตฟอร์ม E-Commerce ที่ได้รับความนิยม ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่า ระบบพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ที่มีประสิทธิภาพควรประกอบด้วยองค์ประกอบด้านความถูกต้องของการทำงาน (Correctness) ความเชื่อถือได้ของระบบ (Reliability) ประสิทธิภาพในการประมวลผล (Efficiency) และความปลอดภัยรวมถึงความครบถ้วนของข้อมูล (Integrity) แนวคิดดังกล่าวชี้ให้เห็นว่า คุณภาพของระบบไม่ได้พิจารณาเพียงด้านการใช้งานเท่านั้น แต่ต้องครอบคลุมถึงความมั่นคงของระบบและความน่าเชื่อถือของข้อมูลด้วย

สรุปการศึกษาหลักการ แนวคิด และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง สามารถสรุปแนวคิดสำคัญที่ใช้เป็นกรอบ ในการพัฒนาระบบพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ร้านโฮมเบเกอรี่ได้ 4 แนวคิดหลัก ได้แก่ แนวคิดระบบพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ แนวคิดการจำหน่ายสินค้าออนไลน์ แนวคิดการเปิดร้านค้าออนไลน์ผ่านเว็บไซต์ และแนวคิดการตลาดดิจิทัลสำหรับธุรกิจอาหาร ซึ่งแต่ละแนวคิดมีความสัมพันธ์และสนับสนุนซึ่งกันและกัน

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

1. วัสดุ อุปกรณ์

ในการพัฒนาและศึกษาระบบพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับร้านโฮมเบเกอรี่ของมหาวิทยาลัยสวนดุสิต ได้กำหนดวัสดุ อุปกรณ์ เครื่องมือ และวิธีการดำเนินงาน โดยมีรายละเอียดดังนี้

1.1 คอมพิวเตอร์พกพา (Notebook) ใช้สำหรับการออกแบบ พัฒนา และทดสอบระบบ โดยใช้อุปกรณ์ ได้แก่ MacBook Air รุ่น M1 และ MacBook Air รุ่น M2 ซึ่งรองรับการทำงานบนระบบปฏิบัติการ macOS รวมถึงเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้ระบบปฏิบัติการ Microsoft Windows สำหรับการทดสอบความเข้ากันได้ของระบบ

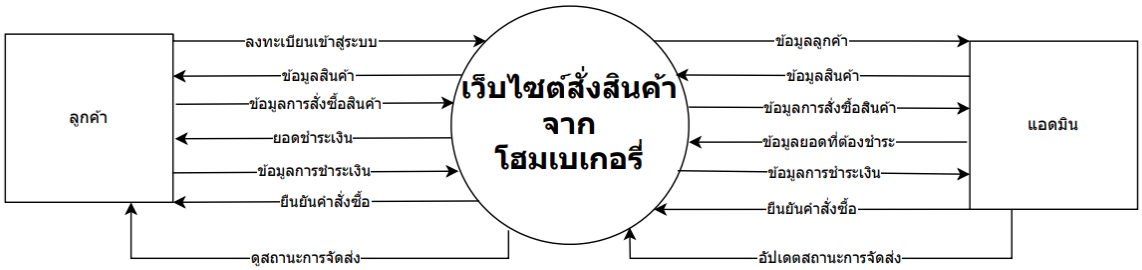
1.2 ซอฟต์แวร์

1) PHP ภาษาคอมพิวเตอร์ใช้พัฒนาโปรแกรมฝั่งเซิร์ฟเวอร์ (Back-end)
2) HTML และ CSS ภาษาคอมพิวเตอร์ใช้พัฒนาโครงสร้างและรูปแบบการแสดงผลของเว็บไซต์ (Front-end)
3) JavaScript ภาษาคอมพิวเตอร์ใช้ควบคุมการทำงานและการโต้ตอบของผู้ใช้งานบนหน้าเว็บไซต์
4) MariaDB ฐานข้อมูลสำหรับจัดเก็บข้อมูลสินค้า ข้อมูลผู้ใช้งานและข้อมูลคำสั่งซื้อ
5) Apache และ AppServ ใช้สำหรับจำลองเว็บเซิร์ฟเวอร์และสภาพแวดล้อมในการพัฒนาและทดสอบระบบ
6) Figma ใช้ในการออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้งาน (UI) และประสบการณ์ผู้ใช้งาน (UX)
7) เว็บเบราว์เซอร์ Google Chrome, Microsoft Edge โปรแกรมแสดงผลเว็บไซต์เพื่อทดสอบระบบ

2. วิธีการดำเนินการวิจัย

การดำเนินงานวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยและพัฒนา (Research and Development) โดยเริ่มจากการศึกษาปัญหาและความต้องการของผู้ใช้งาน จากนั้นออกแบบระบบพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ให้สอดคล้องกับกระบวนการจำหน่ายสินค้าของร้านโฮมเบเกอรี่ ดำเนินการพัฒนาระบบตามที่ออกแบบไว้ และทำการทดสอบการทำงานของระบบในสภาพแวดล้อมจำลอง เมื่อพัฒนาระบบเสร็จสิ้น ได้มีการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานทั่วไปจำนวน 20 คน ด้วยแบบสอบถามในด้าน

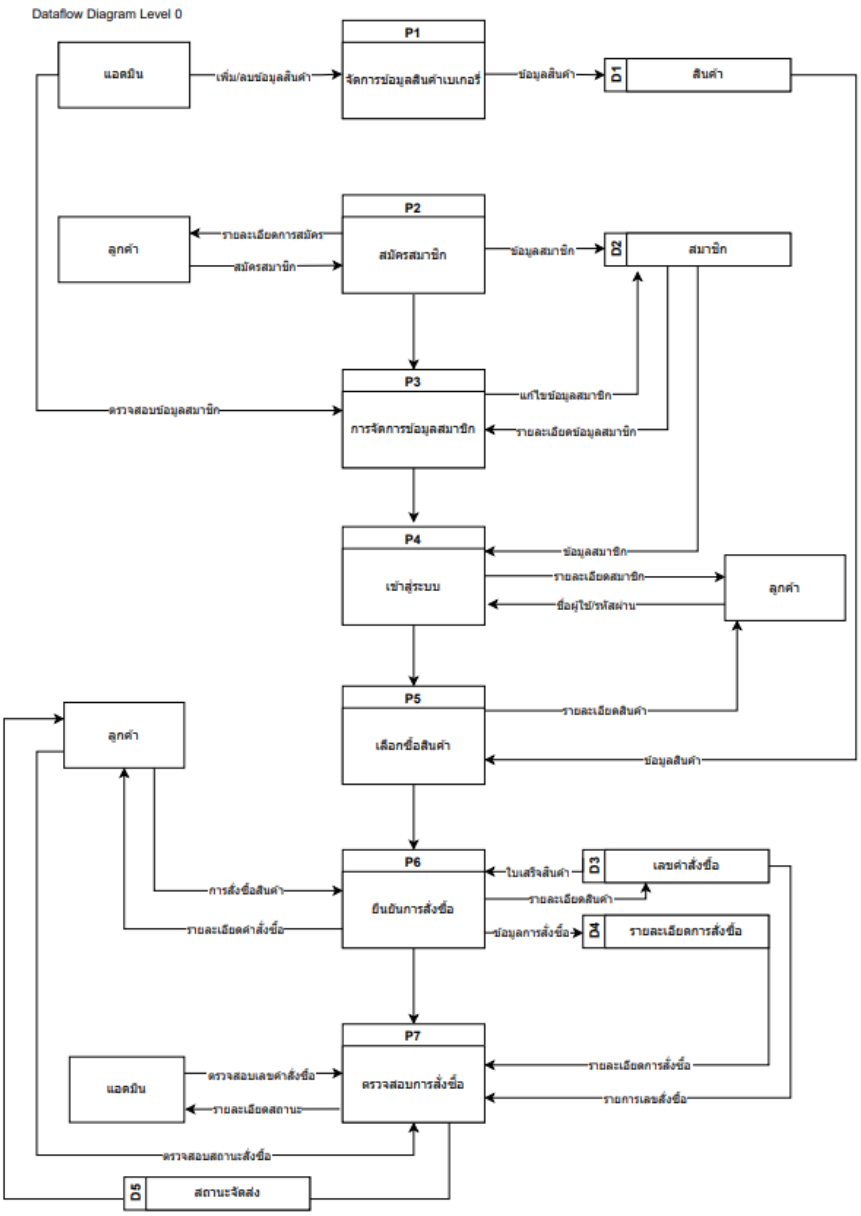
การออกแบบ การใช้งาน และประสิทธิภาพของระบบ เพื่อนำผลการประเมินมาวิเคราะห์และสรุปผลการวิจัยต่อไป โดยรูปแบบการทำงานของระบบดังนี้



รูปที่ 2 Context Diagram

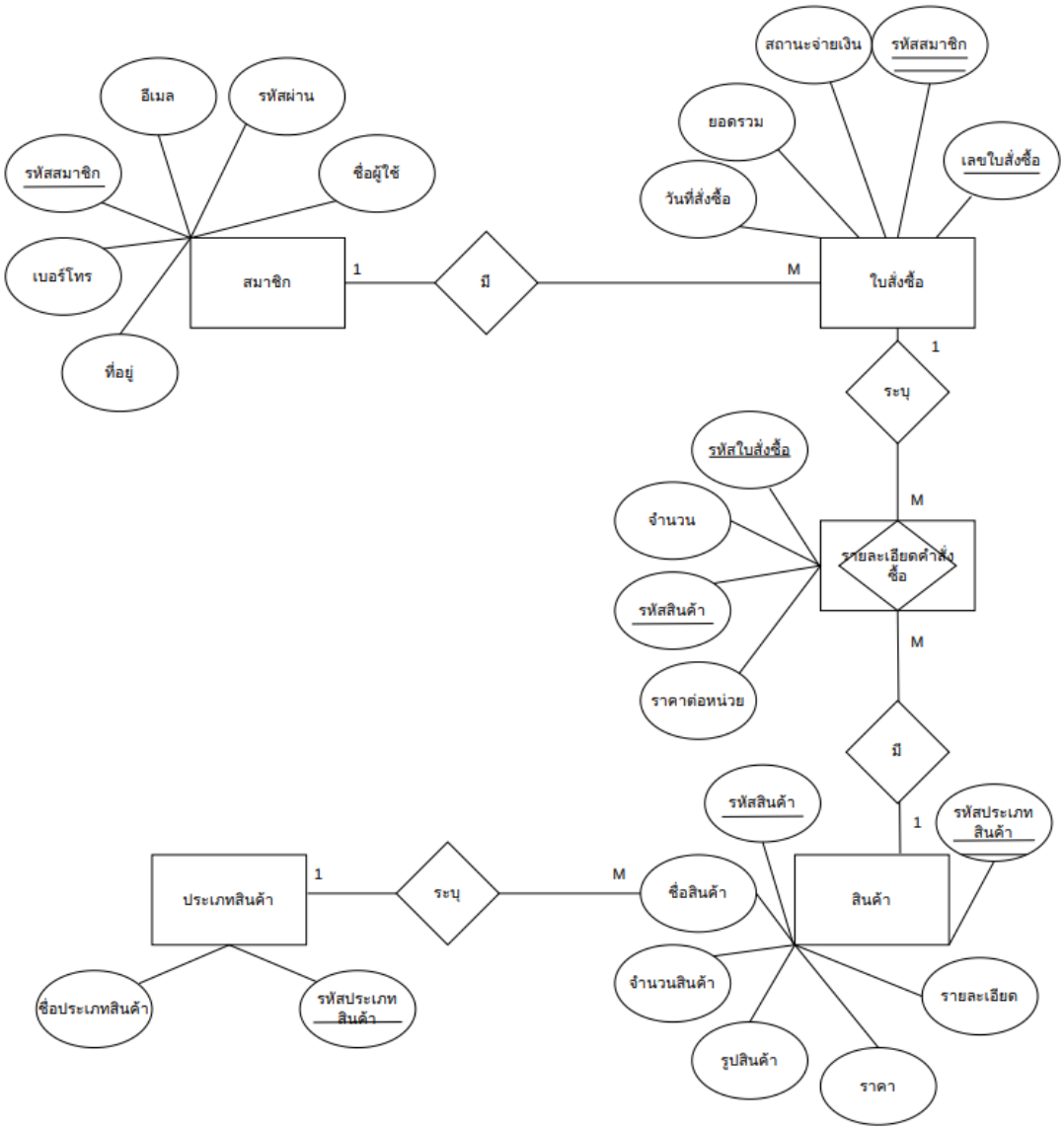
จากรูปที่ 2 แสดงการไหลของข้อมูลของระบบพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ร้านโฮมเบเกอรี่ ซึ่งเป็นระบบเว็บไซต์ที่ทำหน้าที่เป็นศูนย์กลางในการรับและส่งข้อมูลระหว่างผู้ใช้งานกับระบบ โดยผู้ใช้งานหลักของระบบประกอบด้วยลูกค้าทั่วไปและผู้ดูแลระบบ ในภาพแสดงให้เห็นว่าลูกค้าทั่วไปสามารถติดต่อกับระบบเว็บไซต์เพื่อดำเนินกิจกรรมต่าง ๆ ได้แก่ การลงทะเบียนเข้าสู่ระบบ การรับข้อมูลสินค้า การเลือกและสั่งซื้อสินค้า การแจ้งข้อมูลการชำระเงิน และการติดตามสถานะคำสั่งซื้อและการจัดส่งสินค้า โดยข้อมูลดังกล่าวจะถูกส่งเข้าสู่ระบบเว็บไซต์เพื่อทำการประมวลผลและส่งผลลัพธ์กลับไปยังลูกค้า ในขณะเดียวกันผู้ดูแลระบบสามารถติดต่อกับระบบเว็บไซต์เพื่อจัดการข้อมูลภายในระบบ เช่น การจัดการข้อมูลสินค้า การตรวจสอบข้อมูลการสั่งซื้อ การตรวจสอบข้อมูลการชำระเงิน และการอัปเดตสถานะคำสั่งซื้อและการจัดส่งสินค้า ซึ่งช่วยให้ข้อมูลที่แสดงบนเว็บไซต์มีความถูกต้องและเป็นปัจจุบัน

เพื่อแสดงภาพการไหลของข้อมูลทั้งหมดระบบพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ร้านโฮมเบเกอรี่ ดังรูปที่ 3 Dataflow Diagram Level 0 แสดงให้เห็นว่าระบบมีผู้ใช้งานภายนอกหลัก 2 กลุ่ม ได้แก่ ลูกค้า และแอดมิน ซึ่งมีการติดต่อสื่อสารกับระบบผ่านกระบวนการทำงานต่าง ๆ ภายในเว็บไซต์ โดยระบบแบ่งการทำงานออกเป็นหลายกระบวนการหลัก ได้แก่ การจัดการข้อมูลสินค้า การสมัครสมาชิก การจัดการข้อมูลสมาชิก การเข้าสู่ระบบ การเลือกสินค้า การยืนยันการสั่งซื้อ และการตรวจสอบคำสั่งซื้อ



รูปที่ 3 Dataflow Diagram Level 0

จากรูปที่ 4 ER Diagram แสดงความสัมพันธ์ของตารางข้อมูลเชิงสัมพันธ์ ของระบบพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ร้านโฮมเบเกอรี่ แสดงให้เห็นโครงสร้างข้อมูลหลักและความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลที่ใช้ภายในระบบเว็บไซต์ โดยระบบประกอบด้วยเอนทิตี้หลัก ได้แก่ สมาชิก ใบสั่งซื้อ รายละเอียดคำสั่งซื้อ สินค้า และประเภทสินค้า ซึ่งแต่ละเอนทิตีมีคุณลักษณะของข้อมูลที่แตกต่างกัน และมีความเชื่อมโยงกันตามกระบวนการทำงานของระบบ

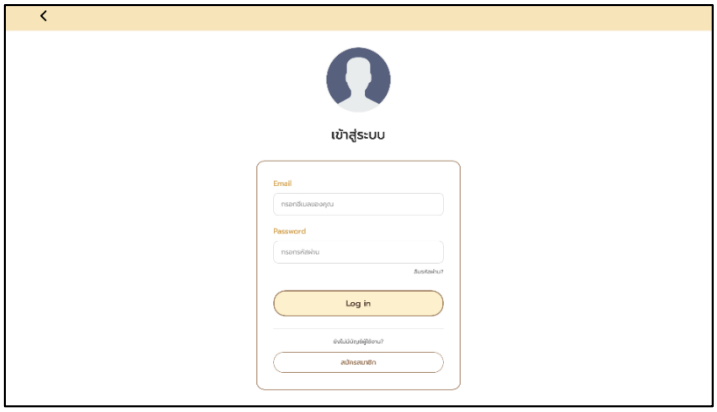


รูปที่ 4 ER Diagram

ผลการวิจัย

1. ระบบพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ร้านโฮมเบเกอรี่

1.1 ระบบผู้ใช้งาน (ลูกค้า)



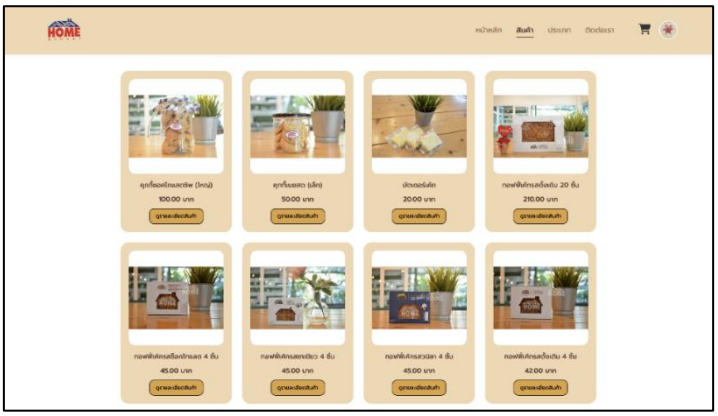
รูปที่ 5 หน้าเข้าสู่ระบบ

รูปที่ 5 หน้าเข้าสู่ระบบเป็นหน้าที่ใช้สำหรับให้ผู้ใช้งานและผู้ดูแลระบบเข้าสู่ระบบด้วยบัญชีของตนเอง โดยผู้ใช้งานจะต้องกรอกข้อมูลอีเมลและรหัสผ่านที่ได้ลงทะเบียนไว้



รูปที่ 6 หน้าหลักเว็บไซต์ฝั่งผู้ใช้งาน

รูปที่ 6 หน้าหลักของเว็บไซต์โฮมเบเกอรี่ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต



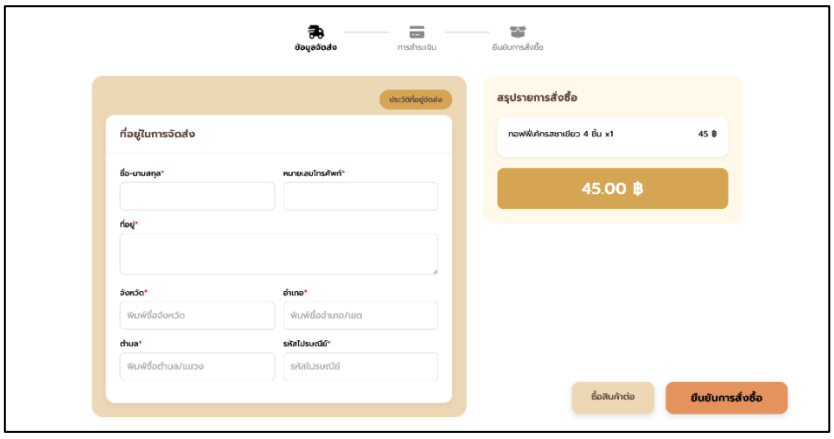
รูปที่ 7 หน้าเมนูสินค้า

รูปที่ 7 หน้าเมนูสินค้าเป็นหน้าที่ใช้สำหรับแสดงรายการสินค้าทั้งหมดภายในร้าน โดยแสดงสินค้าในรูปแบบการ์ด ซึ่งประกอบด้วยรูปภาพสินค้า ชื่อสินค้า และราคาสินค้า เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถเลือกชมสินค้าได้อย่างสะดวก



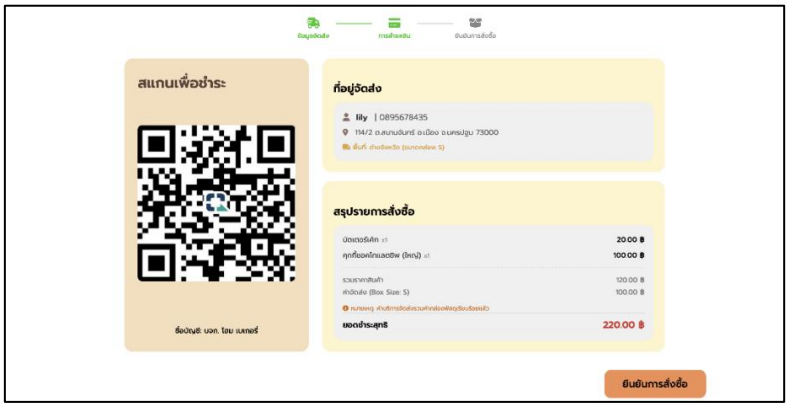
รูปที่ 8 หน้าตะกร้าสินค้า

รูปที่ 8 หน้าตะกร้าสินค้าเป็นหน้าที่ใช้สำหรับแสดงรายการสินค้าที่ผู้ใช้งานได้เลือกไว้ก่อนดำเนินการสั่งซื้อ



รูปที่ 9 หน้าที่อยู่จัดส่ง

รูปที่ 9 หน้ากรอกข้อมูลการจัดส่งเป็นหน้าที่ใช้สำหรับให้ผู้ใช้งานระบุรายละเอียดที่จำเป็นในการจัดส่งสินค้า



รูปที่ 10 หน้าการชำระเงิน

รูปที่ 10 หน้าการชำระเงินเป็นหน้าที่ใช้สำหรับแสดงรายละเอียดสุดท้ายก่อนดำเนินการชำระเงิน พร้อมทั้งแสดงคิวอาร์โค้ด สำหรับใช้ในการสแกนชำระเงินผ่านระบบการชำระเงินอิเล็กทรอนิกส์



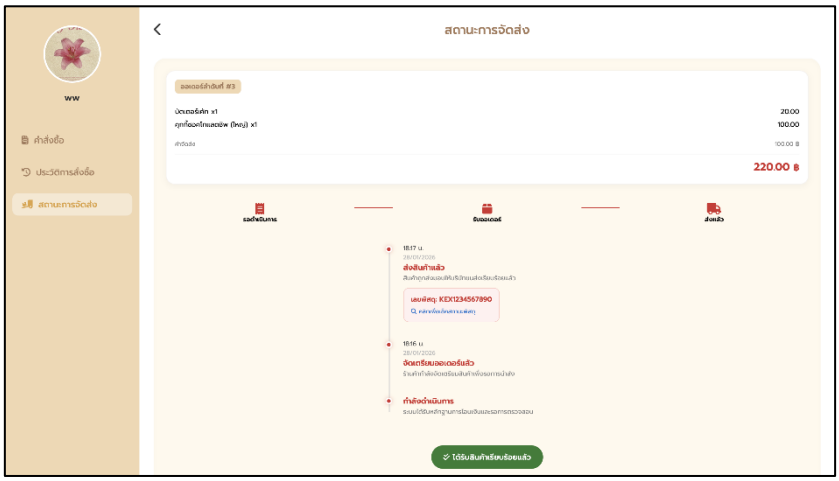
รูปที่ 11 หน้ายืนยันคำสั่งซื้อ

รูปที่ 11 หน้ายืนยันคำสั่งซื้อเป็นหน้าสุดท้ายของกระบวนการสั่งซื้อสินค้า โดยระบบจะแสดงข้อความแจ้งให้ผู้ใช้งานทราบว่าได้ดำเนินการยืนยันคำสั่งซื้อเรียบร้อยแล้ว



รูปที่ 12 หน้าคำสั่งซื้อ

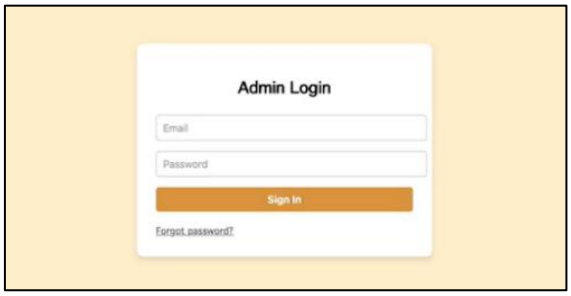
รูปที่ 12 หน้าดูประวัติการสั่งซื้อเป็นหน้าที่ผู้ใช้งานสามารถเข้าถึงได้ผ่านเมนูโปรไฟล์ของตนเอง โดยหน้านี้เป็นหน้าโปรไฟล์ของลูกค้า ซึ่งใช้สำหรับแสดงและจัดการข้อมูลส่วนตัวของผู้ใช้งาน



รูปที่ 13 หน้าสถานะการจัดส่ง

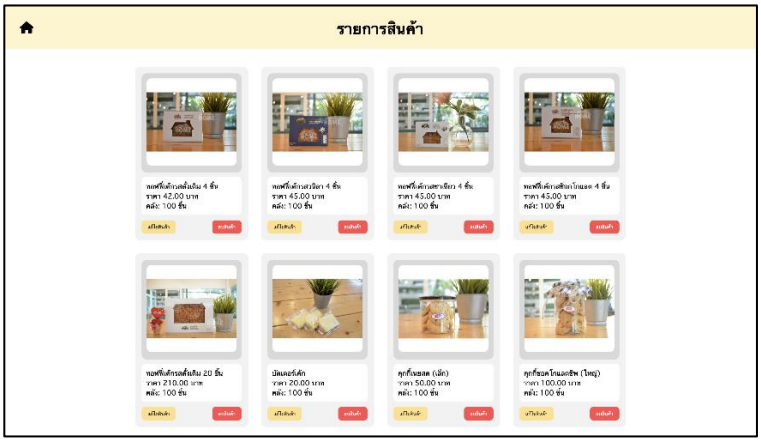
รูปที่ 13 แสดงสถานะการดำเนินการของคำสั่งซื้อของลูกค้า เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถตรวจสอบได้ว่าสินค้าที่สั่งซื้ออยู่ในขั้นตอนใดของกระบวนการจัดส่ง

1.2 ระบบแอดมิน (ผู้ดูแลระบบ)



รูปที่ 14 ระบบ Login ของแอดมิน

รูปที่ 14 หน้าเข้าสู่ระบบสำหรับแอดมินถูกออกแบบมาเพื่อใช้สำหรับการเข้าถึงระบบในส่วนของแอดมินโดยเฉพาะ



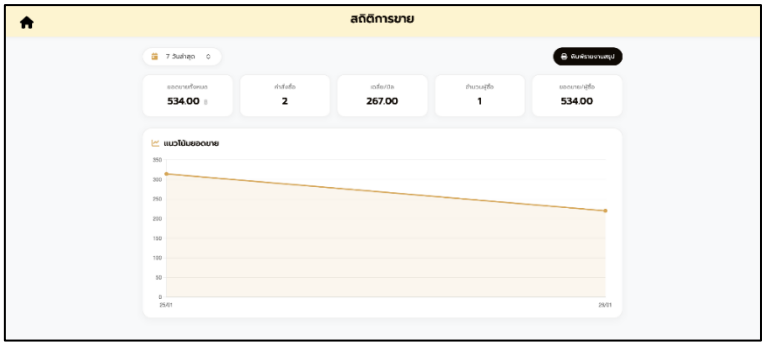
รูปที่ 15 หน้ารายการสินค้าฝั่งผู้ดูแลระบบ

รูปที่ 15 หน้ารายการสินค้าของแอดมินเป็นหน้าที่ใช้สำหรับแสดงข้อมูลสินค้าทั้งหมดที่มีอยู่ภายในร้านโฮมเบเกอรี่



รูปที่ 16 หน้าเพิ่มสินค้า

รูปที่ 16 หน้าเพิ่มสินค้าใช้ในการจัดการและแก้ไขข้อมูลสินค้า โดยแอดมินสามารถเพิ่มหรือปรับปรุงรายละเอียดของสินค้าในระบบได้



รูปที่ 17 หน้าสถิติการขาย

รูปที่ 17 หน้าสถิติการขายเป็นหน้าที่ใช้สำหรับแสดงข้อมูลยอดการขายสินค้าภายในระบบพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ร้านโฮมเบเกอรี่ เพื่อให้แอดมินสามารถติดตามผลการดำเนินงานของร้านได้อย่างชัดเจน



รูปที่ 18 หน้าคำสั่งซื้อ

รูปที่ 18 หน้าจัดการคำสั่งซื้อเป็นหน้าที่ใช้สำหรับให้แอดมินตรวจสอบและบริหารจัดการคำสั่งซื้อที่ได้รับจากลูกค้าผ่านระบบพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ร้านโฮมเบเกอรี่

2. ผลประเมินประสิทธิภาพและความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อระบบที่พัฒนาขึ้น

2.1 ด้านประสิทธิภาพของระบบ

ตารางที่ 1 ผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ร้านโฮมเบเกอรี่

ข้อ	รายการ	$\bar{x}$	$S.D.$	ระดับ	ระดับที่
1	หน้าเข้าสู่ระบบ (Login) สามารถใช้งานได้ถูกต้อง ไม่มีข้อผิดพลาด	4.95	0.218	มากที่สุด	5
2	หน้าหลักของเว็บไซต์สามารถแสดงผลและใช้งานได้อย่างถูกต้อง	4.95	0.218	มากที่สุด	5
3	หน้าการเลือกซื้อสินค้าไม่มีข้อผิดพลาดในการแสดงข้อมูลสินค้า	4.90	0.300	มากที่สุด	5
4	หน้าตะกร้าสินค้าสามารถเพิ่ม ลบ และแก้ไขจำนวนสินค้าได้ถูกต้อง	4.70	0.557	มากที่สุด	5
5	หน้าข้อมูลผู้จัดส่งสามารถกรอกและบันทึกข้อมูลได้อย่างถูกต้อง	4.95	0.218	มากที่สุด	5
6	หน้าการชำระเงินสามารถทำรายการได้อย่างถูกต้องและครบถ้วน	4.90	0.300	มากที่สุด	5
7	หน้ายืนยันการสั่งซื้อแสดงข้อมูลการสั่งซื้อได้อย่างถูกต้อง	4.90	0.300	มากที่สุด	5
8	หน้าคำสั่งซื้อสามารถแสดงรายละเอียดคำสั่งซื้อได้ถูกต้อง	4.90	0.300	มากที่สุด	5
9	หน้าสถานะการจัดส่งแสดงสถานะสินค้าได้ถูกต้อง และปุ่มยืนยันการรับสินค้าใช้งานได้	4.60	0.490	มากที่สุด	5
10	ระบบโดยรวมของเว็บไซต์มีความเสถียร และไม่พบ	4.65	0.653	มากที่สุด	5
	รวม	**4.84**	**0.355**	**มากที่สุด**	**5**

จากตารางที่ 1 แสดงผลการประเมินความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างจำนวน 20 คน ด้านประสิทธิภาพของระบบ พบว่า ระบบพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ร้านโฮมเบเกอรี่ได้รับการประเมินในระดับมากที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.84 และมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.355 แสดงให้เห็นว่าระบบมีความถูกต้อง เสถียร และสามารถทำงานได้ตามกระบวนการที่ออกแบบไว้ เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า ฟังก์ชันหลักของระบบในแต่ละหน้า เช่น หน้าเข้าสู่ระบบ หน้าหลักของเว็บไซต์ และหน้าข้อมูลผู้จัดส่ง ได้รับคะแนนเฉลี่ยสูง อยู่ในระดับมากที่สุด สะท้อนให้เห็นว่าระบบสามารถแสดงผลและบันทึกข้อมูลได้อย่างถูกต้องโดยไม่พบข้อผิดพลาดที่ส่งผลกระทบต่อการใช้งาน นอกจากนี้ ฟังก์ชันที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสั่งซื้อสินค้า ได้แก่ หน้าการเลือกซื้อสินค้า หน้าตะกร้าสินค้า หน้าการชำระเงิน และหน้ายืนยันการสั่งซื้อ ได้รับการประเมินในระดับสูงเช่นเดียวกัน แสดงให้เห็นว่าระบบสามารถรองรับกระบวนการสั่งซื้อได้อย่างครบถ้วนและต่อเนื่อง ในส่วนของหน้าสถานะการจัดส่งและภาพรวมความเสถียรของระบบ แม้จะมีค่าเฉลี่ยต่ำกว่ารายการอื่นเล็กน้อย แต่ยังคงอยู่ในระดับมากที่สุด สะท้อนให้เห็นว่าระบบมีความพร้อมสำหรับการใช้งาน และไม่พบข้อผิดพลาดที่รบกวนการทำงานของผู้ใช้งาน

2.2 ผลประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อระบบพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ร้านโฮมเบเกอรี่

ตารางที่ 2 ผลประเมินความพึงพอใจด้านการออกแบบ

ข้อ	รายการ	$\bar{x}$	$S.D.$	ระดับ	ระดับที่
1	หน้าเว็บไซต์มีความสวยงามและดึงดูดความสนใจ	4.40	0.917	มาก	4
2	การจัดวางองค์ประกอบบนหน้าเว็บมีความเป็นระเบียบ	4.65	0.654	มากที่สุด	5
3	สีที่ใช้บนเว็บไซต์มีความเหมาะสมและสบายตา	4.75	0.536	มากที่สุด	5
4	ขนาดตัวอักษรอ่านง่ายและเหมาะสม	4.50	0.806	มากที่สุด	5
5	รูปภาพและสื่อบนเว็บไซต์มีความคมชัดและสอดคล้องกับเนื้อหา	4.90	0.300	มากที่สุด	5
6	รูปแบบเว็บไซต์มีความทันสมัย	4.75	0.536	มากที่สุด	5
7	รูปแบบเว็บไซต์มีความสม่ำเสมอในแต่ละหน้า	4.80	0.400	มากที่สุด	5
	รวม	**4.68**	**0.593**	**มากที่สุด**	**5**

จากตารางที่ 2 แสดงผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานตัวอย่างจำนวน 20 คน ด้านการออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้งาน (Interface) พบว่า ผู้ใช้งานมีความพึงพอใจต่อระบบโดยภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.68 และมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.593 เมื่อพิจารณารายข้อ พบว่า รายการที่ได้รับคะแนนเฉลี่ยสูงที่สุด ได้แก่ รูปภาพและสื่อบนเว็บไซต์มีความคมชัดและสอดคล้องกับเนื้อหา ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.90 อยู่ในระดับมากที่สุด แสดงให้เห็นว่าผู้ใช้งานมีความพึงพอใจต่อคุณภาพของสื่อที่ใช้บนเว็บไซต์เป็นอย่างมาก รองลงมา ได้แก่ รูปแบบเว็บไซต์มีความสม่ำเสมอในแต่ละหน้า และสีที่ใช้บนเว็บไซต์มีความเหมาะสมและสบายตา ซึ่งมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมากที่สุดเช่นกัน ในขณะที่รายการหน้าเว็บไซต์มีความสวยงามและดึงดูดความสนใจ ได้รับค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.40 อยู่ในระดับมาก

ตารางที่ 3 ผลประเมินความพึงพอใจด้านการใช้งาน

ข้อ	รายการ	$\bar{x}$	$S.D.$	ระดับ	ระดับที่
1	ผู้ใช้งานสามารถเรียนรู้วิธีใช้งานเว็บไซต์ได้ง่าย	4.85	0.477	มากที่สุด	5
2	เมนูและปุ่มต่าง ๆ ใช้งานได้สะดวก	4.70	0.557	มากที่สุด	5
3	เว็บไซต์ตอบสนองต่อการคลิกหรือการสั่งงานได้ดี	4.90	0.436	มากที่สุด	5
4	โครงสร้างเว็บไซต์ช่วยให้เข้าถึงข้อมูลได้รวดเร็ว	4.80	0.400	มากที่สุด	5
5	เว็บไซต์สามารถใช้งานได้ดีทั้งบนคอมพิวเตอร์และมือถือ	4.75	0.623	มากที่สุด	5
6	ลิงก์ต่าง ๆ บนเว็บไซต์ทำงานถูกต้อง	4.70	0.456	มากที่สุด	5
7	โดยรวมแล้วเว็บไซต์ช่วยให้ผู้ใช้งานทำสิ่งที่ต้องการได้อย่างมีประสิทธิภาพ	4.70	0.456	มากที่สุด	5
	รวม	**4.77**	**0.486**	**มากที่สุด**	**5**

จากตารางที่ 3 แสดงผลการประเมินความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างจำนวน 20 คน ด้านการใช้งาน พบว่า ผู้ใช้งานมีความพึงพอใจต่อการใช้งานระบบโดยภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.77 และมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.486 ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าระบบมีความง่ายต่อการใช้งานและสามารถตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า รายการเว็บไซต์ตอบสนองต่อการคลิกหรือการสั่งงานได้ดี มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับ 4.90 อยู่ในระดับมากที่สุด แสดงให้เห็นว่าระบบมีความรวดเร็วและมีเสถียรภาพในการทำงาน รองลงมา ได้แก่ ผู้ใช้งานสามารถเรียนรู้วิธีใช้งานเว็บไซต์ได้ง่าย และโครงสร้างเว็บไซต์ช่วยให้เข้าถึงข้อมูลได้รวดเร็ว ซึ่งล้วนได้รับการประเมินอยู่ในระดับมากที่สุดเช่นกัน นอกจากนี้ รายการด้านความสะดวกในการใช้งานเมนูและปุ่มต่าง ๆ ความถูกต้องของลิงก์บนเว็บไซต์ และความสามารถในการใช้งานได้ทั้งบนคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์เคลื่อนที่ ได้รับคะแนนในระดับสูง สะท้อนให้เห็นว่าระบบถูกออกแบบให้รองรับการใช้งานที่หลากหลายและเหมาะสมกับผู้ใช้งานในปัจจุบัน

การอภิปรายผล

จากผลการดำเนินโครงการพัฒนาระบบพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับร้านโฮมเบเกอรี่ของมหาวิทยาลัยสวนดุสิต พบว่าระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถตอบสนองต่อวัตถุประสงค์ของโครงการ และช่วยแก้ไขข้อจำกัดของรูปแบบการจำหน่ายสินค้าออนไลน์เดิมได้อย่างเป็นรูปธรรม ทั้งในด้านการนำเสนอข้อมูลสินค้า การจัดการคำสั่งซื้อ และการยกระดับความเป็นทางการของร้านค้า ระบบที่พัฒนาขึ้นช่วยให้กระบวนการสั่งซื้อสินค้าเป็นไปอย่างมีขั้นตอนและเป็นระบบมากยิ่งขึ้น โดยผู้ใช้งานสามารถเลือกสินค้า เพิ่มสินค้าในตะกร้า ดำเนินการสั่งซื้อ และตรวจสอบสถานะคำสั่งซื้อได้ด้วยตนเองผ่านหน้าเว็บไซต์ ลดการพึ่งพาการสื่อสารแบบรายบุคคลผ่านสื่อสังคมออนไลน์ ผลการประเมินด้านการใช้งานที่อยู่ในระดับมากที่สุดสะท้อนให้เห็นว่าระบบมีความง่ายต่อการใช้งาน และผู้ใช้งานสามารถเข้าใจลำดับขั้นตอนการทำงานได้อย่างชัดเจน ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดด้านประสบการณ์ผู้ใช้ (User Experience) ที่ชี้ให้เห็นว่าการออกแบบระบบที่มีโครงสร้างชัดเจนและลดความซับซ้อน จะช่วยเพิ่มความพึงพอใจและประสิทธิภาพในการใช้งานของผู้ใช้ ในด้านการนำเสนอข้อมูลสินค้า ระบบแคตตาล็อกออนไลน์ที่พัฒนาขึ้นสามารถจัดแสดงรายการสินค้า รายละเอียด ราคา และภาพประกอบได้อย่างเป็นระเบียบภายใต้โครงสร้างเดียวกัน ช่วยแก้ไขข้อจำกัดของการนำเสนอข้อมูลผ่าน Facebook ที่มีลักษณะเป็นโพสต์ต่อเนื่องและยากต่อการค้นหา ทำให้ผู้ใช้งานสามารถเข้าถึงข้อมูลได้สะดวก รวดเร็ว และครบถ้วนมากยิ่งขึ้น ผลดังกล่าวสอดคล้องกับแนวคิดด้านคุณภาพสารสนเทศ (Information Quality) ของ Jin Young Hwang (2025) ที่ระบุว่าความครบถ้วนและความเป็นระบบของข้อมูลมีผลต่อความตั้งใจซื้อสินค้าออนไลน์ รวมถึงสอดคล้องกับงานวิจัยของ นราธิป ปุณเกษม และ จันทร์จนา ศิริพันธ์วัฒนา (2563) ที่ชี้ให้เห็นว่าการจัดการข้อมูลผลิตภัณฑ์อย่างเป็นระบบช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการบริหารจัดการและความเชื่อมั่นของผู้บริโภค

นอกจากนี้ ระบบยังช่วยลดความผิดพลาดจากการรับคำสั่งซื้อผ่านการสนทนา โดยสามารถบันทึกข้อมูลคำสั่งซื้อ การชำระเงิน และสถานะการจัดส่งได้อย่างเป็นระบบ ทำให้ผู้ดูแลระบบสามารถตรวจสอบข้อมูลย้อนหลังได้สะดวกและถูกต้องมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดด้านประสิทธิภาพของระบบสารสนเทศ (System Efficiency) และงานวิจัยของ ณัฐปภัสร์ ฤทธิ์วัฒนวาณิช และคณะ (2567) ที่ระบุว่าระบบพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ที่มีการจัดการข้อมูลอย่างเป็นระบบสามารถลดข้อผิดพลาดและเพิ่มประสิทธิภาพในการดำเนินงานของธุรกิจได้ ในด้านเทคโนโลยี ระบบพัฒนาด้วยภาษา PHP และฐานข้อมูล MySQL ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่เหมาะสมสำหรับการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันที่ต้องการความยืดหยุ่นและประสิทธิภาพในการประมวลผล โดยสอดคล้องกับงานวิจัยของ อมีนา ฉายสุวรรณ และ ชุมพล จันทร์ฉลอง (2566) และ วรจักร สิริวิเศษวรกุล (2557) ที่แสดงให้เห็นถึงความเหมาะสมของเทคโนโลยีดังกล่าวในการพัฒนาระบบสารสนเทศที่เข้าถึงได้ง่ายและมี

ประสิทธิภาพ แม้ว่าผลการประเมินโดยรวมจะอยู่ในระดับมากที่สุด แต่ยังมีข้อเสนอแนะในการพัฒนาระบบเพิ่มเติม เช่น การเพิ่มระบบแจ้งเตือนสถานะคำสั่งซื้อ และการจัดทำรายงานสรุปข้อมูลการขาย เพื่อสนับสนุนการตัดสินใจของผู้ดูแลระบบในอนาคต ดังนั้น การพัฒนาต่อยอดในประเด็นดังกล่าวจะช่วยเพิ่มศักยภาพของระบบให้สามารถรองรับการใช้งานได้ครอบคลุมและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ทั้งนี้ ระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับธุรกิจขนาดเล็กในลักษณะเดียวกัน เพื่อยกระดับการดำเนินงานให้สอดคล้องกับบริบทของเศรษฐกิจดิจิทัลได้อย่างเหมาะสม

บทสรุป

การดำเนินการวิจัยออกแบบและพัฒนาระบบพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ร้านโฮมเบเกอรี่ของมหาวิทยาลัยสวนดุสิต เป็นการวิจัยเชิงทดลองด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบสำหรับใช้เป็นช่องทางหลักในการจำหน่ายสินค้าออนไลน์ โดยมุ่งเน้นการออกแบบให้ใช้งานง่าย มีโครงสร้างชัดเจน และสามารถบริหารจัดการข้อมูลสินค้า คำสั่งซื้อ และผู้ใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ผลการพัฒนาระบบพบว่าสามารถดำเนินการได้ตามขอบเขตที่กำหนด โดยระบบรองรับกระบวนการสั่งซื้อสินค้าอย่างครบถ้วน ตั้งแต่การแสดงสินค้าในรูปแบบแคตตาล็อก การจัดการตะกร้าสินค้า การบันทึกคำสั่งซื้อ ไปจนถึงการติดตามสถานะคำสั่งซื้อ ทั้งในส่วนของผู้ใช้งานและผู้ดูแลระบบ โดยใช้เทคโนโลยี HTML, CSS, JavaScript และ PHP ร่วมกับฐานข้อมูล MariaDB ซึ่งสามารถรองรับการใช้งานผ่านเว็บเบราว์เซอร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ การประเมินผลจากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 20 คน พบว่าระบบสามารถตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้งานได้ดี โดยผู้ใช้งานมีความพึงพอใจในระดับมากที่สุดในทุกด้าน ได้แก่ ด้านประสิทธิภาพของระบบ (ค่าเฉลี่ย 4.84) ด้านการออกแบบ (ค่าเฉลี่ย 4.66) และด้านการใช้งาน (ค่าเฉลี่ย 4.77)

ข้อเสนอแนะสำหรับการพัฒนางานวิจัยนี้ในอนาคต เช่น ระบบแจ้งเตือนอัตโนมัติ ระบบรายงานยอดขายระบบชำระเงินที่เชื่อมต่อ Payment gateway โปรโมชั่นส่งเสริมการขาย และระบบความปลอดภัยข้อมูลผู้ใช้

กิตติกรรมประกาศ

กิตติกรรมประกาศ การวิจัยเทคโนโลยีสารสนเทศฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีเพราะได้รับความกรุณาของผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทินกร ชุณหภัทรกุล ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการพิเศษ ที่กรุณาให้คำปรึกษา และข้อเสนอแนะในการดำเนินการ รวบรวมแก้ไข และตรวจสอบข้อบกพร่อง ที่เป็นประโยชน์มาโดยตลอด ซึ่งเป็นบุคคลสำคัญของผู้จัดทำที่ให้การสนับสนุนการศึกษาของผู้จัดทำในทุก ๆ ด้าน ทั้งกำลังทรัพย์และกำลังใจที่ดียิ่ง รวมถึงเพื่อน ๆ ที่เป็นกำลังใจตลอดมา คอยให้ความช่วยเหลือและให้คำปรึกษาเสมอมาจนทำให้โครงงานเทคโนโลยีสารสนเทศฉบับนี้สำเร็จลุล่วง ไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

เกษณี พรหมมีเนตร. (2566). การพัฒนาเว็บไซต์ร้านค้าปลีกออนไลน์ (โชห่วย) เพื่อรองรับการสั่งซื้อผ่านอินเทอร์เน็ต. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยนเรศวร.

ณัฐปภัสร์ ฤทธิ์วัฒนวาณิช, จิระวดี เตียประพงษ์, และ พรพิมล ขำเพชร. (2567). แบบจำลองการพัฒนาระบบพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ที่ครอบคลุมกระบวนการขายสินค้าออนไลน์ การจัดการโลจิสติกส์ และห่วงโซ่อุปทานสำหรับผู้ประกอบการขนาดเล็กในพื้นที่สมุทรปราการ. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

ธวัลรัตน์ ศรีวิพัฒน์, พิชญ์ชญา นาสองสี และ สงกรานต์ จอนขุน. (2566). การออกแบบและพัฒนาเว็บไซต์พาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับร้านขายของเล่นสุนัข. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเฉลิมกาญจนา.

นราธิป ปุณเกษม และ จันทร์จนา ศิริพันธ์วัฒนา. (2563). การพัฒนาสื่อต้นแบบนำเสนอข้อมูลอาหาร: ผลิตภัณฑ์จากโฮมเบเกอรี่. กรุงเทพฯ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต.

พุฒิพงศ์ เอี่ยมสินธร, ฐิติมาศ จันทราภิรมย์ และ สุดาพร ทิมฤกษ์. (2566). กลยุทธ์การตลาดออนไลน์สำหรับร้านอาหารขนาดเล็กในพื้นที่ชุมชน. วารสารการตลาดดิจิทัล, 5(2): 40–58.

วรจักร สิริวิเศษวรกุล. (2015). การพัฒนาระบบการประเมินการควบคุมภายในและการบริหารความเสี่ยง ผ่านเว็บแอพพลิเคชั่น. Research Journal Phranakhon Rajabhat : Science and Technology, 9(2): 13–26. retrieved from https://li01.tci-thaijo.org/index.php/PRRJ_Scitech/article/view/41871

อมีนา ฉายสุวรรณ, และชุมพล จันทร์ฉลอง. (2566). การพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันพจนานุกรมคำศัพท์คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ. วารสารวิจัยและพัฒนาวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 18(2): 29-44.

Hwang, J. Y. (2025). E-commerce and consumer behavior. International Journal of Digital Marketing, 12(1): 1–15.

Othman, S. S., Ahmad, . N. & Sidek, . R. M. (2025) Evaluating the Usability and Performance of E-Commerce Database Transaction Systems Under Real-Time Stress Using McCall’s Quality Model. Journal of Engineering and Applied Sciences, 12 (1): 67-73. doi:10.5455/jeas.2025010608

Pressman, R. S., & Maxim, B. R. (2020). Software engineering: A practitioner's approach (9th ed.). McGraw-Hill Education.

การวิเคราะห์ความต้องการผู้ใช้งานและการออกแบบแชทบอทด้านสุขภาพและโภชนาการโดยใช้ข้อมูลจากสื่อสังคมออนไลน์

User requirement analysis and chatbot design for health and nutrition using social media data

ไกรวิชญ์ ภัทรวงศ์ไพบูลย์[1]* พรสิริ ชาติปรีชา[1] และคุณาลัย พลอยดนัย[1]
Kraiwit Pattarawongpaiboon[1]*, Pornsiri Chatpreecha [1] and Kunalai Ploydanai[1]

[1] คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จังหวัดกรุงเทพมหานคร
[1] Faculty of Agro-Industry, Kasetsart University, Bangkok, Thailand
[*]Corresponding Author E-mail Address : kraiwit.pa@ku.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ความต้องการของผู้ใช้งานด้านสุขภาพและโภชนาการจากข้อมูลสื่อสังคมออนไลน์และนำผลลัพธ์ไปใช้ในการออกแบบระบบสนทนาอัตโนมัติ (Conversational Agent) โดยใช้ข้อมูลจากแพลตฟอร์ม Pantip ร่วมกับแบบสอบถามออนไลน์ กลุ่มตัวอย่างจำนวน 61 คน การวิเคราะห์ข้อมูลจากสื่อสังคมออนไลน์ใช้เทคนิคการทำเหมืองข้อความ (Text Mining) และการประมวลผลภาษาธรรมชาติ (Natural Language Processing: NLP) ขณะที่ข้อมูลแบบสอบถามถูกวิเคราะห์ด้วยสถิติเชิงพรรณนา ผลการวิจัยพบว่าผู้ใช้งานให้ความสนใจในประเด็นการควบคุมน้ำหนัก การเลือกบริโภคอาหาร และการดูแลสุขภาพ และมีความคิดเห็นต่อการใช้งานแชทบอทอยู่ในระดับมาก นอกจากนี้ ผู้ใช้งานยังเสนอให้เพิ่มฟังก์ชัน เช่น การแนะนำอาหารเฉพาะบุคคลและการให้คำปรึกษาด้านสุขภาพ ผลลัพธ์ดังกล่าวถูกนำไปใช้ในการออกแบบระบบสนทนาอัตโนมัติโดยกำหนดโครงสร้างเมนู เจตนา (Intent) และลำดับการสนทนา (Response Flow) ตามแนวทางการออกแบบแบบอิงข้อมูล (Data-driven Design) ซึ่งช่วยให้ระบบสามารถตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: ระบบสนทนาอัตโนมัติ สุขภาพและโภชนาการ การทำเหมืองข้อความ การประมวลผลภาษาธรรมชาติ สื่อสังคมออนไลน์

Abstract

This study aims to analyze user requirements in health and nutrition using social media data and to apply the findings to chatbot design. Data were collected from the Pantip platform and an online survey with 61 participants. Text Mining and Natural Language Processing (NLP) techniques were employed to analyze social media data, while descriptive statistics were used for survey analysis. The results indicate that users are highly interested in weight management, dietary choices, and general health care, and they

demonstrate a high level of acceptance toward chatbot usage. Additionally, users suggest incorporating features such as personalized dietary recommendations and health consultation. These findings were utilized to design a chatbot system, including menu structure, intent mapping, and response flow, based on a data-driven design approach, which enables the system to effectively respond to real user needs.

Keywords: Chatbot, Health and Nutrition, Text Mining, Natural Language Processing, Social Media Data

บทนำ

ในปัจจุบัน เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence: AI) ได้เข้ามามีบทบาทสำคัญในการพัฒนาระบบสารสนเทศด้านสุขภาพ โดยเฉพาะ ระบบสนทนาอัตโนมัติ (Conversational Agent)) ซึ่งเป็นระบบสนทนาอัตโนมัติที่สามารถโต้ตอบกับผู้ใช้งานผ่านภาษาธรรมชาติ ช่วยให้ผู้ใช้งานสามารถเข้าถึงข้อมูลด้านสุขภาพได้อย่างสะดวก รวดเร็ว และตลอดเวลา (Laranjo et al., 2018) ระบบสนทนาอัตโนมัติด้านสุขภาพถูกนำไปประยุกต์ใช้ในหลากหลายบริบท เช่น การให้คำแนะนำด้านโภชนาการ การติดตามพฤติกรรมสุขภาพ และการสนับสนุนการตัดสินใจของผู้ใช้งาน ซึ่งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง (Følstad & Brandtzæg, 2017; Bibault et al., 2019)

อย่างไรก็ตาม ความสำเร็จของระบบสนทนาอัตโนมัติไม่ได้ขึ้นอยู่กับเทคโนโลยีเพียงอย่างเดียว แต่ขึ้นอยู่กับความสามารถในการตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้งาน (User Requirements) ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการยอมรับและการใช้งานระบบ (Venkatesh et al., 2003) งานวิจัยจำนวนมากชี้ให้เห็นว่า หากระบบไม่สามารถเข้าใจบริบทหรือความต้องการของผู้ใช้งานได้อย่างถูกต้อง จะส่งผลให้ประสิทธิภาพของระบบสนทนาอัตโนมัติลดลงอย่างมีนัยสำคัญ (Adamopoulou & Moussiades, 2020)

ในขณะเดียวกัน สื่อสังคมออนไลน์ (Social Media) ได้กลายเป็นแหล่งข้อมูลขนาดใหญ่ที่สะท้อนความคิดเห็น พฤติกรรม และปัญหาของผู้ใช้งานในชีวิตประจำวัน โดยเฉพาะในด้านสุขภาพและโภชนาการ (Sinnenberg et al., 2017) งานวิจัยหลายชิ้นได้แสดงให้เห็นว่าสื่อสังคมออนไลน์สามารถใช้เป็นแหล่งข้อมูลในการศึกษาพฤติกรรมสุขภาพและความต้องการของผู้ใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Paul & Dredze, 2011; De Choudhury et al., 2013) ซึ่งข้อมูลดังกล่าวมีลักษณะเป็นข้อมูลที่ไม่มีโครงสร้าง (Unstructured Data) และจำเป็นต้องใช้เทคนิคการทำเหมืองข้อความ (Text Mining) และการประมวลผลภาษาธรรมชาติ (Natural Language Processing: NLP) เพื่อสกัดสาระสำคัญ (Miner et al., 2012)

นอกจากนี้ ความก้าวหน้าของเทคนิคการประมวลผลภาษาธรรมชาติ (Natural Language Processing: NLP) และการเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning) ยังช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการวิเคราะห์ข้อความและการพัฒนาระบบสนทนาอัตโนมัติให้สามารถเข้าใจภาษามนุษย์ได้ดีขึ้น (Young et al., 2018; Devlin et al., 2019) ส่งผลให้การออกแบบระบบสนทนาในปัจจุบันสามารถตอบสนองต่อผู้ใช้งานได้อย่างเป็นธรรมชาติและแม่นยำมากยิ่งขึ้น

อีกทั้ง แนวทางการผสานข้อมูลจากหลายแหล่ง เช่น ข้อมูลจากสื่อสังคมออนไลน์ร่วมกับข้อมูลจากแบบสอบถาม ยังช่วยเพิ่มความน่าเชื่อถือของผลการวิจัย โดยสามารถใช้ข้อมูลเชิงคุณภาพในการค้นหาประเด็น และใช้ข้อมูลเชิงปริมาณในการยืนยันผลลัพธ์ (Creswell & Creswell, 2018) ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดการวิจัยแบบผสมผสาน (Mixed Methods Research)

แม้ว่างานวิจัยที่ผ่านมาได้แสดงให้เห็นถึงศักยภาพของระบบสนทนาอัตโนมัติและการใช้ข้อมูลสื่อสังคมออนไลน์ แต่ยังพบช่องว่างสำคัญในด้านการนำข้อมูลจากผู้ใช้งานจริงมาใช้เป็นพื้นฐานในการออกแบบระบบ (Design Stage) อย่างเป็นระบบ

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นการวิเคราะห์ความต้องการของผู้ใช้งานด้านสุขภาพและโภชนาการจากข้อมูลแพลตฟอร์ม Pantip ร่วมกับแบบสอบถาม และนำผลลัพธ์ไปใช้ในการออกแบบระบบสนทนาอัตโนมัติในลักษณะการออกแบบระบบที่เน้นผู้ใช้งานเป็นศูนย์กลางและการใช้ข้อมูลจริงในการพัฒนา (Data-driven Design) เพื่อให้ระบบสามารถตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพและเหมาะสมกับบริบทการใช้งานจริง

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์วิเคราะห์ความต้องการและพฤติกรรมของผู้ใช้งานด้านสุขภาพและโภชนาการจากข้อมูลสื่อสังคมออนไลน์ เพื่อจัดกลุ่มประเด็นคำถามและความสนใจของผู้ใช้งานด้านโภชนาการโดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์ข้อความ (Text Mining) เพื่อออกแบบต้นแบบระบบสนทนาอัตโนมัติด้านสุขภาพและโภชนาการตามความต้องการของผู้ใช้งาน และสุดท้ายเพื่อพัฒนาโครงสร้างเมนูและรูปแบบการโต้ตอบของระบบสนทนาอัตโนมัติให้สอดคล้องกับพฤติกรรมผู้ใช้

ชุดข้อมูล (Dataset)

งานวิจัยนี้ใช้ข้อมูลจาก 2 แหล่งหลัก ได้แก่ 1. ข้อมูลจากสื่อสังคมออนไลน์ (Pantip) โดยจะใช้สำหรับวิเคราะห์ความต้องการของผู้ใช้งานด้านสุขภาพและโภชนาการ โดยเก็บรวบรวมข้อมูลจากกระทู้และความคิดเห็นที่เกี่ยวข้อง 2. ข้อมูลจากแบบสอบถาม (Survey Data) ซึ่งจะได้จากการเก็บข้อมูลผ่านแบบสอบถามออนไลน์ และงานวิจัยนี้ใช้วิธีการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบตามความสะดวก (Convenience Sampling) โดยเก็บข้อมูลผ่านแบบสอบถามออนไลน์จากผู้ตอบจำนวน 61 คน ซึ่งเป็นผู้ที่สนใจด้านสุขภาพและโภชนาการ เพื่อใช้ในการสำรวจความคิดเห็นและความต้องการต่อการออกแบบระบบสนทนาอัตโนมัติด้านสุขภาพและโภชนาการ โดยมีทั้งคำถามแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Likert Scale) และคำถามปลายเปิดเพื่อใช้ในการตรวจสอบความสอดคล้องของผลการวิเคราะห์

นอกจากนี้ เครื่องมือและซอฟต์แวร์ (Tools and Software) ที่ใช้ในการศึกษา ได้แก่ โปรแกรม Microsoft Excel สำหรับการจัดเก็บข้อมูลการทำความสะอาดข้อมูล (Data Cleaning) และการวิเคราะห์เชิงสถิติพื้นฐาน และใช้ภาษา Python ร่วมกับเทคนิคการประมวลผลภาษาธรรมชาติ (Natural Language Processing: NLP) สำหรับการประมวลผลข้อความจากสื่อสังคมออนไลน์ เช่น การตัดคำ (Tokenization) และการวิเคราะห์หัวข้อ (Topic Analysis)

การเตรียมข้อมูล (Data Preprocessing)

ข้อมูลที่รวบรวมได้ถูกนำมาปรับปรุงคุณภาพก่อนการวิเคราะห์ โดยข้อมูลจาก Pantip ได้รับการทำความสะอาดข้อความ เช่น การลบสัญลักษณ์พิเศษ การตัดคำ และ การลบคำที่ไม่มีความหมาย (stopwords) เพื่อให้เหมาะสมต่อการวิเคราะห์ข้อความ

ในส่วนของข้อมูลแบบสอบถาม ผู้วิจัยได้ดำเนินการตรวจสอบข้อมูลที่ซ้ำซ้อนและข้อมูลที่ขาดหาย รวมถึงแปลงข้อมูลจากรูปแบบข้อความ (Likert Scale) ให้อยู่ในรูปแบบเชิงตัวเลขโดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel และตรวจสอบค่าที่ผิดปกติ เพื่อให้ข้อมูลมีความถูกต้องและพร้อมสำหรับการวิเคราะห์เชิงสถิติ และในส่วนสุดท้ายสำหรับคำถามปลายเปิด ได้มีการทำความสะอาดข้อความและจัดกลุ่มความคิดเห็นโดยใช้วิธีการวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) เพื่อสกัดประเด็นสำคัญของผู้ใช้งาน

การวิเคราะห์ข้อมูล (Data Analysis)

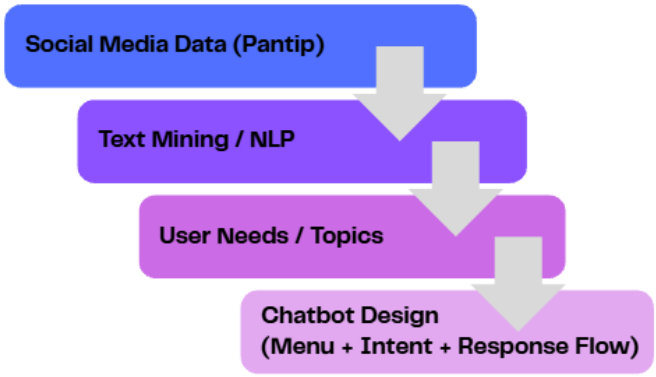
ในการศึกษานี้ได้แบ่งการวิเคราะห์ข้อมูลออกเป็น 2 แบบ เพื่อวิเคราะห์ความต้องการและพฤติกรรมของผู้ใช้งานด้านสุขภาพและโภชนาการจากข้อมูลสื่อสังคมออนไลน์ และนำข้อมูลส่วนนั้นไปออกแบบและพัฒนาโครงสร้างเมนูและรูปแบบการโต้ตอบของระบบสนทนาอัตโนมัติให้สอดคล้องกับพฤติกรรมผู้ใช้ ได้แก่

1. การวิเคราะห์เชิงปริมาณ (Quantitative Analysis) ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบสอบถาม โดยคำนวณค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) เพื่อประเมินระดับความคิดเห็นและความต้องการของผู้ใช้งาน
2. การวิเคราะห์เชิงคุณภาพ (Qualitative Analysis) ใช้การวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) เพื่อสกัดประเด็นสำคัญและความต้องการของผู้ใช้งานจากข้อมูลข้อความปลายเปิดและสามารถอธิบายกฎการตัดสินใจได้

การออกแบบระบบสนทนาอัตโนมัติ (Chatbot Design)

ผลการวิเคราะห์ที่ได้ถูกนำไปใช้ในการออกแบบระบบสนทนาอัตโนมัติด้านสุขภาพและโภชนาการ โดยประกอบด้วยการกำหนดโครงสร้างเมนู (Menu Structure) การกำหนดเจตนา (Intent Mapping) และการออกแบบลำดับการสนทนา (Conversation Flow) เพื่อให้สอดคล้องกับความต้องการของผู้ใช้งาน

สำหรับกรอบแนวคิดการวิจัยนี้นำเสนอแนวทางการพัฒนาระบบสนทนาอัตโนมัติด้านสุขภาพและโภชนาการโดยอาศัยข้อมูลจากสื่อสังคมออนไลน์ เริ่มจากการรวบรวมข้อมูลจากแพลตฟอร์ม Pantip ซึ่งสะท้อนความคิดเห็นและพฤติกรรมของผู้ใช้งานจริง จากนั้นนำข้อมูลเข้าสู่กระบวนการวิเคราะห์ข้อความด้วยเทคนิคการทำเหมืองข้อความ (Text Mining) และการประมวลผลภาษาธรรมชาติ (Natural Language Processing : NLP) เพื่อทำความสะอาดและสกัดสาระสำคัญ ก่อนจัดกลุ่มเป็นประเด็นความต้องการของผู้ใช้งาน (User Needs/Topics) ด้วยวิธีการวิเคราะห์เนื้อหา ผลลัพธ์ที่ได้ถูกนำไปใช้ในการออกแบบระบบสนทนาอัตโนมัติในลักษณะการออกแบบระบบที่เน้นผู้ใช้งานเป็นศูนย์กลางและการใช้ข้อมูลจริงในการพัฒนา (Data-driven Design) ซึ่งครอบคลุมการกำหนดโครงสร้างเมนู (Menu Structure) การระบุเจตนา (Intent Mapping) และการออกแบบลำดับการตอบสนอง (Response Flow) เพื่อให้ระบบสามารถตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพและสอดคล้องกับบริบทการใช้งานจริง ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 โครงสร้างการพัฒนาระบบสนทนาอัตโนมัติด้านสุขภาพและโภชนาการ

ผลการวิจัย

ในส่วนของผลการวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้มีการเก็บข้อมูลผ่านแบบสอบถามจำนวน 61 ชุด โดยจะนำมาวิเคราะห์เพื่อประเมินความเหมาะสมของเมนูระบบสนทนาอัตโนมัติ 7 เมนู ได้แก่ 1) ตรวจความเสี่ยงโรคอ้วน 2) ผู้ช่วยโภชนาการ3) โค้ชออกกำลังกาย 4) บันทึกพฤติกรรมประจำวัน 5) ความรู้สุขภาพ 6) ที่ปรึกษาด้านแรงจูงใจ 7) ความคืบหน้าและเป้าหมาย และทำการวิเคราะห์ข้อความปลายเปิดจำนวน 76 ข้อความ ซึ่งข้อความมีที่มาจากแบบสอบถามออนไลน์ทั้ง 61 คน โดยผลการประเมินภาพรวมความเหมาะสมของเมนูมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.43 (SD = 0.63) ซึ่งอยู่ในระดับเหมาะสมอย่างยิ่ง นอกจากนี้ อัตราการยอมรับการใช้งานระบบ (Acceptance Rate) ซึ่งพิจารณาจากผู้ตอบที่ให้คะแนนระดับ 4–5 มีค่าเฉลี่ยรวมอยู่ที่ร้อยละ 88.76 แสดงให้เห็นว่าผู้ใช้งานส่วนใหญ่มีทัศนคติเชิงบวกต่อการใช้งานระบบสนทนาอัตโนมัติด้านสุขภาพและโภชนาการ

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเมนูระบบสนทนาอัตโนมัติ

เมนู	Mean	Standard Deviation	Acceptance Rate (%)	ระดับ
ตรวจความเสี่ยงโรคอ้วน	4.1	0.75	80.33	เหมาะสมอย่างยิ่ง
ผู้ช่วยโภชนาการ	4.64	0.58	95.08	เหมาะสมอย่างยิ่ง
โค้ชออกกำลังกาย	4.23	0.84	80.33	เหมาะสมอย่างยิ่ง
บันทึกพฤติกรรมประจำวัน	4.52	0.7	88.52	เหมาะสมอย่างยิ่ง
ความรู้สุขภาพ	4.51	0.65	91.80	เหมาะสมอย่างยิ่ง
ที่ปรึกษาด้านแรงจูงใจ	4.34	0.68	88.52	เหมาะสมอย่างยิ่ง
ความคืบหน้าและเป้าหมาย	4.64	0.55	96.72	เหมาะสมอย่างยิ่ง

หมายเหตุ: เกณฑ์คะแนนเหมาะสมอย่างยิ่ง คือ 4-5 เหมาะสม คือ 3-4 ปานกลาง คือ 2-3 ไม่เหมาะสม คือ 1-2 ไม่เหมาะสมอย่างยิ่ง คือ 0-1 คะแนนตามลำดับ และ Acceptance Rate (%) หมายถึง ร้อยละของผู้ตอบที่ให้คะแนนระดับ 4–5

ผลการประเมินดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่าผู้ใช้งานให้ความสำคัญกับฟังก์ชันที่เกี่ยวข้องกับการติดตามสุขภาพ การวางแผนด้านโภชนาการ และการกำหนดเป้าหมายส่วนบุคคล ซึ่งสอดคล้องกับแนวโน้มของงานวิจัยด้านระบบสนทนาอัตโนมัติสุขภาพที่มุ่งเน้นการออกแบบระบบแบบการดูแลสุขภาพแบบจำเพาะบุคคล (Personalized Healthcare) และ การออกแบบที่เน้นผู้ใช้เป็นศูนย์กลาง (User-centered Design) โดยผลการประเมินด้านการยอมรับการใช้งานระบบ ที่สูงกว่า 88% แสดงให้เห็นว่าการใช้ข้อมูลจากสื่อสังคมออนไลน์ร่วมกับแบบสอบถามสามารถช่วยออกแบบระบบที่ตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

จาก ตารางที่1 จะพบว่าเมนูที่มีค่าเฉลี่ยความพึงพอใจมากที่สุดคือ ผู้ช่วยโภชนการ (Mean = 4.64) เมนูที่มีค่าเฉลี่ยรองลงมาคือ บันทึกพฤติกรรมประจำวัน (Mean = 4.52) และ ความรู้สุขภาพ (Mean = 4.51) แต่ในขณะที่เมนู ตรวจสอบความเสี่ยงโรคอ้วน (Mean = 4.1) ซึ่งมีค่าเฉลี่ยความพึงพอใจต่ำที่สุด แต่ยังคงอยู่ในระดับที่เหมาะสมอย่างยิ่ง

ตารางที่ 2 การกระจายร้อยละของระดับความคิดเห็นในแต่ละเมนูระบบสนทนาอัตโนมัติ

เมนู	เหมาะสมอย่างยิ่ง (%)	เหมาะสม (%)	ปานกลาง (%)	ไม่เหมาะสม (%)	ไม่เหมาะสมอย่างยิ่ง(%)
ตรวจความเสี่ยงโรคอ้วน	19 (31.15)	30 (49.18)	11 (18.03)	1 (1.64)	0 (0.00)
ผู้ช่วยโภชนการ	42 (68.85)	16 (26.23)	3 (4.92)	0 (0.00)	0 (0.00)
โค้ชออกกำลังกาย	28 (45.90)	21 (34.43)	10 (16.39)	2 (3.28)	0 (0.00)
บันทึกพฤติกรรมประจำวัน	39 (63.93)	15 (24.59)	7 (11.48)	0 (0.00)	0 (0.00)
ความรู้สุขภาพ	36 (59.02)	20 (32.79)	5 (8.20)	0 (0.00)	0 (0.00)
ที่ปรึกษาด้านแรงจูงใจ	28 (45.90)	26 (42.62)	7 (11.48)	0 (0.00)	0 (0.00)
ความคืบหน้าและเป้าหมาย	41 (67.21)	18 (29.51)	2 (3.28)	0 (0.00)	0 (0.00)

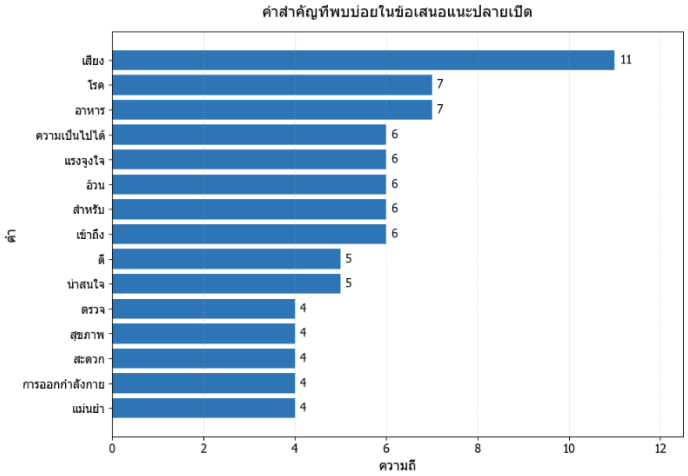
หมายเหตุ: ความถี่ของแต่ละเมนูในแต่ละระดับความเหมาะสม และ ร้อยละจากจำนวนทั้งหมด

ผลการวิเคราะห์ข้อความปลายเปิด

การวิเคราะห์ข้อเสนอแนะปลายเปิดจำนวน 76 ข้อความด้วยการสกัดตัดคำภาษาไทยและการนับความถี่ของคำ พบว่าคำสำคัญที่จะสะท้อนถึงความคาดหวังของผู้ใช้จะประกอบไปด้วย อาหาร โรค ความเสี่ยง แรงจูงใจ ความเป็นไปได้ การออกกำลังกาย และสุขภาพ

ตารางที่ 3 คำสำคัญที่พบบ่อยในข้อเสนอแนะปลายเปิด

คำสำคัญ	ความเป็นไปได้ทางเทคนิค
เสี่ยง	11
อาหาร	7
โรค	7
เข้าถึง	6
อ้วน	6
แรงจูงใจ	6
ความเป็นไปได้	6
น่าสนใจ	5
ดี	5
สะดวก	4
ตรวจ	4
แม่นยำ	4
การออกกำลังกาย	4
สุขภาพ	4



รูปที่ 2 คำสำคัญที่พบบ่อยในข้อเสนอแนะปลายเปิด

การอภิปรายผล

ผลการวิจัยนี้สะท้อนให้เห็นว่าผู้ใช้งานมีความต้องการใช้ระบบสนทนาอัตโนมัติด้านสุขภาพและโภชนาการในระดับสูง โดยเฉพาะในประเด็นการแนะนำอาหารและการดูแลสุขภาพ ซึ่งพบความสอดคล้องกันระหว่างข้อมูลจากสื่อสังคมออนไลน์และแบบสอบถาม แสดงให้เห็นว่าข้อมูลจากแพลตฟอร์มออนไลน์สามารถสะท้อนพฤติกรรมและความต้องการของผู้ใช้งานได้อย่างมีนัยสำคัญ

นอกจากนี้ ปัจจัยด้านความง่ายในการใช้งานและประโยชน์ของระบบมีบทบาทสำคัญต่อการยอมรับการใช้งานระบบสนทนาอัตโนมัติ สะท้อนให้เห็นถึงความสำคัญของการออกแบบระบบที่เน้นผู้ใช้งานเป็นศูนย์กลางและการใช้ข้อมูลจริงในการพัฒนา (Data-driven Design) ซึ่งช่วยให้ระบบสามารถตอบสนองต่อความต้องการได้อย่างมีประสิทธิภาพ

อย่างไรก็ตาม จากความคิดเห็นปลายเปิดพบว่ายังมีข้อจำกัดในด้านความสามารถของระบบสนทนาอัตโนมัติ โดยเฉพาะการเข้าใจภาษาธรรมชาติและความแม่นยำของคำตอบ รวมถึงความต้องการฟังก์ชันที่หลากหลายมากขึ้น เช่น การให้คำแนะนำเฉพาะบุคคล ซึ่งสะท้อนถึงช่องว่างระหว่างความคาดหวังของผู้ใช้งานและความสามารถของระบบในปัจจุบัน

ดังนั้น การพัฒนาในอนาคตควรมุ่งเน้นการปรับปรุงเทคโนโลยีประมวลผลภาษาธรรมชาติและการออกแบบฟังก์ชันที่ตอบสนองเฉพาะบุคคล เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ ความน่าเชื่อถือ และการยอมรับการใช้งานในบริบทจริง

บทสรุป

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ความต้องการของผู้ใช้งานด้านสุขภาพและโภชนาการจากสื่อสังคมออนไลน์ร่วมกับแบบสอบถาม และนำผลลัพธ์ไปใช้ในการออกแบบระบบสนทนาอัตโนมัติ ผลการศึกษาพบว่าผู้ใช้งานให้ความสำคัญกับการควบคุมน้ำหนัก การเลือกบริโภคอาหาร และการดูแลสุขภาพ พร้อมทั้งมีความคิดเห็นต่อการใช้งานระบบสนทนาอัตโนมัติอยู่ในระดับมาก โดยยังต้องการฟังก์ชันเพิ่มเติม เช่น การแนะนำอาหารเฉพาะบุคคล และการปรับปรุงความสามารถในการเข้าใจภาษาธรรมชาติ ทั้งนี้ การออกแบบระบบจำเป็นต้องพิจารณาหลายปัจจัยร่วมกัน เนื่องจากไม่มีแนวทางใดที่สามารถตอบ

โจทย์ได้ครบทุกมิติ โดยในอนาคตควรพัฒนาระบบสนทนาอัตโนมัติให้มีความแม่นยำมากขึ้นและสามารถตอบสนองความต้องการเฉพาะบุคคลได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ข้อจำกัด

งานวิจัยนี้มีข้อจำกัดในด้านจำนวนกลุ่มตัวอย่างที่ยังมีขนาดไม่มากนัก รวมถึงยังไม่ได้มีการประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลอง NLP ในเชิงการจำแนกข้อความด้วยชุดข้อมูลกำกับคำตอบ (Labeled Dataset) อย่างสมบูรณ์ ดังนั้น ในอนาคตควรมีการพัฒนาชุดข้อมูลสำหรับการเรียนรู้ของโมเดล และทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของอัลกอริทึมหลายรูปแบบเพื่อเพิ่มความแม่นยำของระบบสนทนาอัตโนมัติด้านสุขภาพและโภชนาการ

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณผู้ตอบแบบสอบถามทุกท่านที่สละเวลาให้ข้อมูลอันเป็นประโยชน์ รวมถึงแหล่งข้อมูลจากสื่อสังคมออนไลน์ ซึ่งมีส่วนสำคัญในการวิเคราะห์และพัฒนาผลการวิจัย ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ รวมถึงคณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ให้การสนับสนุนและเอื้ออำนวยในการดำเนินงานวิจัย ตลอดจนผู้มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่านที่ให้คำแนะนำและข้อเสนอแนะอันเป็นประโยชน์ต่อการวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

Adamopoulou, E., & Moussiades, L. (2020). Chatbots: History, technology, and applications. Machine Learning with Applications, 2, 100006. https://doi.org/10.1016/j.mlwa.2020.100006

Bibault, J. E., Chaix, B., Nectoux, P., Pienkowski, A., Guillemasse, A., & Brouard, B. (2019). Healthcare ex machina: Are conversational agents ready for prime time in oncology? Clinical and Translational Radiation Oncology, 16, 55–59. https://doi.org/10.1016/j.ctro.2019.04.002

Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2018). Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches (5th ed.). Sage Publications.

De Choudhury, M., Counts, S., & Horvitz, E. (2013). Social media as a measurement tool of depression in populations. Proceedings of the ACM Web Science Conference. https://doi.org/10.1145/2464464.2464480

Devlin, J., Chang, M. W., Lee, K., & Toutanova, K. (2019). BERT: Pre-training of deep bidirectional transformers for language understanding. Proceedings of NAACL-HLT. https://arxiv.org/abs/1810.04805

Følstad, A., & Brandtzæg, P. B. (2017). Chatbots and the new world of HCI. Interactions, 24(4), 38–42. https://doi.org/10.1145/3085558

Laranjo, L., Dunn, A. G., Tong, H. L., Kocaballi, A. B., Chen, J., Bashir, R., ... & Coiera, E. (2018). Conversational agents in healthcare: A systematic review. Journal of the American Medical Informatics Association, 25(9), 1248–1258. https://doi.org/10.1093/jamia/ocy072

Miner, G., Elder, J., Fast, A., Hill, T., Nisbet, R., & Delen, D. (2012). Practical text mining and statistical analysis for non-structured text data applications. Academic Press.

Paul, M. J., & Dredze, M. (2011). You are what you tweet: Analyzing Twitter for public health. Proceedings of ICWSM. https://www.cs.jhu.edu/~mdredze/publications/icwsm11.pdf

Sinnenberg, L., Buttenheim, A. M., Padrez, K., Mancheno, C., Ungar, L., & Merchant, R. M. (2017). Twitter as a tool for health research: A systematic review. American Journal of Public Health, 107(1), e1–e8. https://doi.org/10.2105/AJPH.2016.303512

Venkatesh, V., Morris, M. G., Davis, G. B., & Davis, F. D. (2003). User acceptance of information technology: Toward a unified view. MIS Quarterly, 27(3), 425–478. https://doi.org/10.2307/30036540

Young, T., Hazarika, D., Poria, S., & Cambria, E. (2018). Recent trends in deep learning based natural language processing. IEEE Computational Intelligence Magazine, 13(3), 55–75. https://doi.org/10.1109/MCI.2018.2840738

การเปรียบเทียบตัวแบบพยากรณ์ความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน สถานีกรมอุตุนิยมวิทยา เขตบางนา

Comparison of PM2.5 concentration at Bang Na meteorological station

นพมาศ อัครจันทโชติ[1*] อุมา รัตนเทพี[1] อลิศรา พรายแก้ว[1] ตติภรณ์ ภัทรานุรักษ์โยธิน[1] และภัททิตา เลิศจริยพร[1]

Noppamas Akarachantachote[1*], Uma Rattanathepee[1], Alissara Praykaew [1], Tatiporn Pattranulukyothin[1] and Pattita Lurdjariyaporn[1]

[1] คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ สมุทรปราการ

[*]Corresponding Author E-mail Address : a_noppamas@yahoo.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์ความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน ในเขตบางนา ทำให้สามารถสร้างตัวแบบพยากรณ์ที่เหมาะสมในการวางแผนการดำเนินงานป้องกันอันตราย และเตือนภัยในแต่ละปี โดยแบ่งข้อมูลเป็นสองส่วน ส่วนที่ 1 เป็นชุดข้อมูลฝึกฝน ซึ่งใช้ข้อมูลของเดือนมกราคม พ.ศ.2560 ถึง ธันวาคม พ.ศ. 2567 จำนวน 96 ค่า และส่วนที่ 2 เป็นชุดข้อมูลทดสอบ ซึ่งใช้ข้อมูลของเดือนมกราคม ถึงธันวาคม พ.ศ. 2568 จำนวน 12 ค่า โดยได้เปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์จำนวน 5 วิธี ได้แก่ วิธีการปรับให้เรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของวินเทอร์แบบบวก วิธีการปรับให้เรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของวินเทอร์แบบคูณ วิธีการแยกส่วนประกอบด้วยวิธีดั้งเดิมแบบบวก วิธีการแยกส่วนประกอบด้วยวิธีดั้งเดิมแบบคูณ และวิธีการแยกส่วนประกอบแนวโน้มและฤดูกาลด้วยวิธี Loess และประเมินความแม่นยำของตัวแบบพยากรณ์จากวิธีทั้ง 5 ด้วย เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย และรากของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย ผลการวิจัยพบว่า วิธีการแยกส่วนประกอบแนวโน้มและฤดูกาลด้วยวิธี Loess สร้างตัวแบบพยากรณ์ที่มีความแม่นยำสูงสุดในชุดข้อมูลทดสอบ โดยให้ค่า MAPE และ RMSE เท่ากับ 23.7931% และ 9.3024 $\mu g/m^3$ ตามลำดับ

คำสำคัญ: PM2.5 การแยกส่วนประกอบอนุกรมเวลา การปรับให้เรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลัง STL

Abstract

This research aims to evaluate and compare various forecasting methods for PM2.5 concentrations in the Bang Na district, thereby facilitating the development of an optimal predictive model for annual hazard prevention and early warning operations. The dataset was partitioned into two subsets: a training set, comprising 96 observations from January 2017 to December 2024, and a test set, consisting of 12 observations from January to December 2025. Five distinct forecasting techniques were examined: the Additive Holt-Winters Exponential Smoothing, the Multiplicative Holt-Winters Exponential Smoothing, the Additive Classical Decomposition, the Multiplicative Classical Decomposition, and the Seasonal-Trend

Decomposition using Loess (STL). The predictive performance of these models was evaluated using the Mean Absolute Percentage Error (MAPE) and the Root Mean Square Error (RMSE). The findings indicate that the STL method yielded the highest forecasting accuracy for the test set, achieving a MAPE of 23.7931% and an RMSE of 9.3024 $\mu g/m^3$.

Keywords: PM2.5, Decomposition, Exponential smoothing, STL

บทนำ

มลพิษทางอากาศเป็นภัยคุกคามต่อสาธารณสุขทั่วโลก ซึ่งอาจเป็นสาเหตุหรือปัจจัยกระตุ้นให้เกิดโรคภัยไข้เจ็บมากมาย รวมถึงโรคทางเดินหายใจ โรคหัวใจและหลอดเลือด และโรคมะเร็งบางชนิด (Fox et al., 2026) ผลกระทบต่อเศรษฐกิจและสังคมพบว่า มลพิษทางอากาศเพิ่มอัตราค่าใช้จ่ายด้านสาธารณสุข อัตราการเจ็บป่วยและเข้ารับการรักษาในโรงพยาบาล ทำให้รัฐต้องสูญเสียงบประมาณในการรักษาพยาบาลมากขึ้น เนื่องจากต้องใช้งบประมาณในการรักษาโรค ที่เกี่ยวข้องกับมลพิษทางอากาศเป็นจำนวนเงินหลายหมื่นล้านบาทต่อปี (ลักษณิน และกนิษฐนันท์, 2565) ถึงแม้รัฐบาลจะให้ความสำคัญกับการแก้ไขหมอกควัน และฝุ่นละออง อย่างต่อเนื่อง โดยคณะรัฐมนตรีมีมติเห็นชอบให้การแก้ไขปัญหาฝุ่นละอองเป็นวาระแห่งชาติ ตั้งแต่ปี 2562 และได้มีการขับเคลื่อนการดำเนินงานตามมาตรการรับมือสถานการณ์ไฟป่า หมอกควัน และฝุ่นละออง ส่งผลให้สถานการณ์ ฝุ่นละออง PM2.5 และจำนวนจุดความร้อน ในภาพรวมปี 2568 มีแนวโน้มดีกว่าปีที่ผ่านมา แต่บางพื้นที่ยังไม่เป็นไปตามค่าเป้าหมายที่กำหนด (กรมควบคุมมลพิษ, 2569)

จากข้อมูลพื้นฐานสถานการณ์ฝุ่นละอองปี 2568 ในช่วงวิกฤต ตั้งแต่ 1 พฤศจิกายน 67 - 31 พฤษภาคม 2568 ในภาพรวมทั่วประเทศ มีปริมาณฝุ่นละออง PM2.5 เฉลี่ย 24 ชั่วโมง มีค่า 28 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (มคก./ลบ.ม.) จำนวนวันที่ฝุ่นละออง PM2.5 เกินค่ามาตรฐาน 184 วัน สำหรับพื้นที่กรุงเทพมหานครและปริมณฑล ปริมาณฝุ่นละออง PM2.5 เฉลี่ย 24 ชั่วโมง มีค่า 30 มคก./ลบ.ม. จำนวนวันที่ฝุ่นละออง PM2.5 เกินค่ามาตรฐาน 118 วัน (กรมควบคุมมลพิษ, 2569)

สมุทรปราการ เป็นจังหวัดปริมณฑลที่ใกล้กรุงเทพมหานคร และเป็นที่ตั้งสนามบินสุวรรณภูมิ มีแหล่งท่องเที่ยวมากมายทั้งด้านศิลปวัฒนธรรม ธรรมชาติเชิงนิเวศ และกิจกรรมสันทนาการ (จังหวัดสมุทรปราการ, 2568) ซึ่งปัจจุบันสถานการณ์ฝุ่นละออง PM2.5 ในจังหวัดสมุทรปราการ ปริมณฑล และกรุงเทพมหานครมีสภาพใกล้เคียงกัน แต่จากข้อมูลตั้งแต่วันที่ 13 มกราคม - จนถึงวันที่ 16 มกราคม 2569 พบว่าค่าฝุ่นได้เพิ่มสูงขึ้นจนอยู่ในระดับสีส้ม (37-75 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) ซึ่งเริ่มส่งผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชน และทัศนวิสัยของการบิน (เสียงมวลชน, 2569) บางนาจัดเป็นเขตเศรษฐกิจสำคัญที่เติบโตอย่างรวดเร็ว โดยมีความสำคัญทั้งทางด้านเศรษฐกิจและสังคมในฐานะศูนย์กลางการคมนาคมที่เชื่อมต่อกรุงเทพฯ เข้ากับพื้นที่เขตเศรษฐกิจพิเศษภาคตะวันออก (EEC) และสนามบินสุวรรณภูมิ (Nirvana, 2563) มีความสามารถในการพัฒนาและกระจายความเจริญให้มีความสะดวกสบาย ปลอดภัย และเข้าถึงความต้องการขั้นพื้นฐานได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยไม่ต้องฝ่ารถติดเข้าไปใช้ชีวิตถึงในเมือง จึงมีอัตราการเพิ่มขึ้นของที่อยู่อาศัยในระดับที่สูงกว่าพื้นที่เขตเมืองชั้นใน (สำนักงานเขตบางนา, 2569)

ดังนั้นการพยากรณ์ความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน รายเดือน ในเขตบางนา จึงเป็นหนึ่งในตัวช่วยกำหนดนโยบาย วางแผนเชิงกลยุทธ์ และจัดสรรงบประมาณ เพื่อให้ลดอันตรายจากฝุ่นละอองที่เกินมาตรฐานที่อาจเกิดขึ้นได้

การพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลามีเทคนิคที่ใช้ในการพยากรณ์หลายกลุ่ม เช่น กลุ่มที่ใช้วิธีการปรับให้เรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลัง (Exponential smoothing) กลุ่มที่ใช้เทคนิคของบอกซ์-เจนกินส์ กลุ่มที่ใช้การวิเคราะห์การถดถอย กลุ่มที่ใช้การวิเคราะห์การแยกส่วนประกอบ (Decomposition) และกลุ่มที่ใช้เทคนิคของปัญญาประดิษฐ์ ซึ่งไม่มีเทคนิคใดที่เป็นเทคนิคที่ดีที่สุดสำหรับทุกชุดข้อมูลอนุกรมเวลา

วิธีการในกลุ่มที่ใช้วิธีการปรับให้เรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังที่ให้ผลลัพธ์ที่ดี เช่นในงานวิจัยการสร้างตัวแบบการพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนรายเดือนในจังหวัดนครสวรรค์ (ชม และยุภาวดี, 2560) ผู้วิจัยได้เปรียบเทียบวิธีการสร้างตัวแบบพยากรณ์ 3 วิธี ได้แก่ วิธีการปรับให้เรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของวินเทอร์แบบคูณ วิธีการแยกส่วนประกอบ และวิธีของบอกซ์-เจนกินส์ ซึ่งวิธีการปรับให้เรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของวินเทอร์แบบคูณ ให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยน้อยที่สุด เช่นเดียวกับงานวิจัยของประภัสสร (2560) ที่ได้พยากรณ์ปริมาณรถยนต์จดทะเบียนใหม่ในจังหวัดชลบุรี ซึ่งวิธีการปรับให้เรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของวินเทอร์แบบบวก ให้ค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยน้อยกว่าวิธีการของ Box-jenkins สำหรับวิธีการในกลุ่มที่ใช้วิธีของบอกซ์-เจนกินส์ที่ให้ผลลัพธ์ที่ดี เช่นงานวิจัยของ สิโรรัตน์ และคณะ (2567) ได้เปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์ 4 วิธี ได้แก่ วิธีการปรับให้เรียบด้วยวิธีเส้นโค้งเลขชี้กำลังของโฮลท์ วิธีการปรับให้เรียบด้วยวิธีเส้นโค้งเลขชี้กำลังของบราวน์ วิธีบอกซ์-เจนกินส์ และวิธีการพยากรณ์ร่วม เพื่อพยากรณ์ปริมาณการผลิตไบโอดีเซลประเภทเมทิลเอสเตอร์ของกรดไขมันรายเดือนในประเทศไทย พบว่า วิธีที่เหมาะสมที่สุด คือวิธีบอกซ์-เจนกินส์ โดยให้ค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย และค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยน้อยที่สุด ณัฐธยาน์ (2553) ได้เปรียบเทียบตัวแบบสำหรับการพยากรณ์จำนวนผู้ใช้อินเทอร์เน็ตในประเทศไทย ซึ่งพบว่า วิธีการถดถอยเชิงพหุให้ผลดีที่สุด เมื่อเทียบกับวิธีการปรับให้เรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังสองครั้ง และวิธีการปรับให้เรียบของโฮลท์ โดยพิจารณาจากเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย ในงานวิจัยของ กาญจน์ภิวรรณ (2564) ได้เปรียบเทียบวิธีในการพยากรณ์ราคาหุ้นด้วยแบบจำลองของบอกซ์-เจนกินส์ โครงข่ายประสาทเทียม และตัวแบบผสม โดยใช้เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ยเป็นเกณฑ์ในการพิจารณา ซึ่งพบว่าโครงข่ายประสาทเทียมเป็นวิธีที่เหมาะสมในการพยากรณ์สำหรับราคาหุ้นที่มีความผันผวนในทุกระดับ

สำหรับงานวิจัยที่แสดงถึงวิธีการแยกส่วนประกอบมีความเหมาะสมในการพยากรณ์ มีดังนี้ วรางคณา (2560) ได้สร้างตัวแบบพยากรณ์ 3 วิธี ได้แก่ วิธีบอกซ์-เจนกินส์ วิธีการแยกส่วนประกอบอนุกรมเวลา และวิธีการปรับให้เรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของวินเทอร์แบบคูณ พบว่า วิธีการแยกส่วนประกอบอนุกรมเวลาเป็นวิธีที่ให้ค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยต่ำที่สุด ชนาภา (2562) ได้เปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์คำสั่งซื้อผลไม้นำเข้า 3 ชนิด คือ แอปเปิลเขียว แอปเปิลแดง และแอปเปิลกาล่า จำนวน 4 วิธี ได้แก่ วิธีการแยกตัวประกอบรูปแบบบวก และรูปแบบคูณ วิธีของโฮลท์-วินเทอร์สำหรับผลกระทบตามฤดูกาลแบบบวก และแบบคูณ โดยพิจารณาความเหมาะสมด้วยเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย ซึ่งพบว่า วิธีการแยกตัวประกอบรูปแบบบวก เป็นวิธีที่แม่นยำที่สุดในการพยากรณ์ผลไม้นำเข้าทั้ง 3 ชนิด กนกกาญจน์ และคณะ (2567) ได้เปรียบเทียบวิธีในการพยากรณ์ 4 วิธี ได้แก่ วิธีการแยกส่วนประกอบ วิธีปรับให้เรียบด้วยวิธีเส้นโค้งเลขชี้กำลังที่มีฤดูกาลอย่างง่าย วิธีของวินเทอร์ และวิธีของบอกซ์-เจนกินส์ สำหรับข้อมูลความต้องการพลังงานไฟฟ้าของประเทศไทย โดยประเมินความแม่นยำด้วยค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย ซึ่งผลการวิจัยพบว่า วิธีการแยกส่วนประกอบมีความแม่นยำสูงสุด การวิเคราะห์ข้อมูลอนุกรมเวลาด้วยการแยกส่วนประกอบนอกจากจะสามารถทำให้พยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลาได้ ยังเห็นองค์ประกอบต่าง ๆ ของอนุกรมเวลาอย่างชัดเจน ทำให้เข้าใจโครงสร้างส่วนประกอบต่าง ๆ ของอนุกรมเวลา

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

เพื่อเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์ความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน ในเขตบางนา 5 วิธี ได้แก่ วิธีการปรับให้เรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของวินเทอร์แบบบวก วิธีการปรับให้เรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของวินเทอร์แบบคูณ วิธีการแยกส่วนประกอบด้วยวิธีดั้งเดิมแบบบวก วิธีการแยกส่วนประกอบด้วยวิธีดั้งเดิมแบบคูณ และวิธีการแยกส่วนประกอบแนวโน้มและฤดูกาลด้วยวิธี Loess (Seasonal-Trend decomposition procedure based on Loess: STL)

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์ความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM2.5) โดยเก็บรวบรวมข้อมูล PM2.5 รายเดือน ซึ่งใช้ค่าสูงสุดของค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ภายในแต่ละเดือน ณ สถานีกรมอุตุนิยมวิทยา แขวงบางนา เขตบางนา กรุงเทพฯ ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2560 ถึง ธันวาคม พ.ศ. 2568 (กรมควบคุมมลพิษ, 2569) ซึ่งมีข้อมูลสมบูรณ์ และแบ่งข้อมูลเป็น 2 ส่วน โดยส่วนที่ 1 เป็นชุดข้อมูลฝึกฝน ซึ่งใช้ข้อมูลของเดือนมกราคม พ.ศ. 2560 ถึง ธันวาคม พ.ศ. 2567 จำนวน 96 ค่า ในการสร้างตัวแบบพยากรณ์ และส่วนที่ 2 เป็นชุดข้อมูลทดสอบ ซึ่งใช้ข้อมูลของเดือนมกราคม ถึง ธันวาคม พ.ศ. 2568 จำนวน 12 ค่า ในการเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์ 5 วิธี ได้แก่

1) วิธีการปรับให้เรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของวินเทอร์แบบบวก (Winters' additive exponential smoothing method: Win+)
2) วิธีการปรับให้เรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของวินเทอร์แบบคูณ (Winters' multiplicative exponential smoothing method: WinX)
3) วิธีการแยกส่วนประกอบด้วยวิธีดั้งเดิมแบบบวก (Classical additive decomposition method: Dec+)
4) วิธีการแยกส่วนประกอบด้วยวิธีดั้งเดิมแบบคูณ (Classical multiplicative decomposition method: DecX)
5) วิธีการแยกส่วนประกอบแนวโน้มและฤดูกาลด้วยวิธี Loess (Seasonal-Trend decomposition procedure based on Loess: STL)

การเปรียบเทียบความแม่นยำของตัวแบบพยากรณ์ดำเนินการในชุดข้อมูลทดสอบ โดยการประเมินผลด้วย เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (Mean Absolute Percentage Error: MAPE) และรากของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Error: RMSE) จากนั้นพยากรณ์ค่า PM2.5 สำหรับเวลาล่วงหน้า 12 เดือน ได้แก่ เดือนมกราคม ถึง ธันวาคม พ.ศ. 2569

การวิเคราะห์ข้อมูลและการสร้างตัวแบบในงานวิจัยนี้ ดำเนินการโดยใช้ภาษาโปรแกรมไพธอน (Python) ผ่านไลบรารี Statmodels ด้วยฟังก์ชัน ExponentialSmoothing โดยกำหนดองค์ประกอบแบบบวก และแบบคูณ สำหรับวิธี Win+ และ WinX ตามลำดับ ความยาวของฤดูกาลเท่ากับ 12 โดยการหาค่าเริ่มต้นด้วยวิธีฮิวริสติก (Heuristic) ใช้ฟังก์ชัน seasonal_decompose ด้วยองค์ประกอบแบบบวก และแบบคูณ สำหรับวิธี Dec+ และ DecX ตามลำดับ และกำหนดความยาวของฤดูกาลเท่ากับ 12 ใช้ฟังก์ชัน STL สำหรับวิธี STL โดยกำหนดความยาวของฤดูกาลเท่ากับ 12 ค่าความกว้างของหน้าต่างการปรับเรียบฤดูกาล (Seasonal Window) ไว้ที่ 13 และเปิดใช้งานการประมาณค่าแบบแข็งแกร่ง (Robust Fitting) เพื่อลดทอนอิทธิพลของค่าผิดปกติ (Outliers) ที่อาจส่งผลต่อความคลาดเคลื่อนของตัวแบบ นอกจากนี้ ผู้วิจัยใช้ไลบรารี Scikit-learn ด้วยฟังก์ชัน mean_squared_error, mean_absolute_percentage_error สำหรับการประเมินประสิทธิภาพของตัวแบบพยากรณ์ด้วย MAPE และ RMSE ตามลำดับ

วิธีการปรับให้เรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของวินเทอร์ (Winters exponential smoothing method)

วิธีการปรับให้เรียบเป็นวิธีในการสร้างตัวแบบพยากรณ์ โดยให้น้ำหนักกับข้อมูลในแต่ละคาบเวลาที่แตกต่างกัน โดยวิธีการปรับให้เรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของวินเทอร์ เป็นวิธีการสร้างตัวแบบพยากรณ์สำหรับอนุกรมเวลาที่มีส่วนประกอบของแนวโน้ม และฤดูกาล โดยมีทั้งรูปแบบที่เป็นแบบบวก และแบบคูณ ซึ่งถ้าไม่มีการเปลี่ยนแปลงของฤดูกาลไปตามช่วงเวลา รูปแบบที่ใช้ควรเป็นแบบบวก แต่ถ้ามีการเปลี่ยนแปลงของฤดูกาลไปตามช่วงเวลา รูปแบบที่ใช้ควรเป็นแบบคูณ ตัวแบบบวกและตัวแบบคูณ แสดงดังนี้ (Carlberg, 2018)

วิธีการปรับให้เรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของวินเทอร์แบบบวก (Winters' additive exponential smoothing method: Win+)

$$\hat{Y}_{t+k} = L_t + kb_t + S_{t+k-m} \quad (1)$$

เมื่อ

$$L_t = \alpha(Y_t - S_{t-m}) + (1-\alpha)(L_{t-1} + b_{t-1}) \quad (2)$$
$$b_t = \gamma(L_t - L_{t-1}) + (1-\gamma)b_{t-1} \quad (3)$$
$$S_t = \delta(Y_t - L_t) + (1-\delta)S_{t-m} \quad (4)$$

โดยที่ Y_t แทน ค่าจริง ณ ช่วงเวลา t

$\hat{Y}_{t+k}$ แทน ค่าพยากรณ์ ณ ช่วงเวลา $t+k$

L_t แทน ค่าระดับของอนุกรมเวลา ณ เวลา t

S_t แทน ค่าดัชนีฤดูกาลของอนุกรมเวลา ณ เวลา t

b_t แทน ค่าความชันของแนวโน้มอนุกรมเวลา ณ เวลา t

k แทน ช่วงเวลาล่วงหน้าที่ต้องการพยากรณ์ ณ เวลา t

m แทน ช่วงระยะเวลาของฤดูกาล

α แทน ค่าคงที่สำหรับการปรับให้เรียบของค่าระดับ ซึ่ง $0 \leq \alpha \leq 1$

γ แทน ค่าคงที่สำหรับการปรับให้เรียบของค่าแนวโน้ม ซึ่ง $0 \leq \gamma \leq 1$

δ แทน ค่าคงที่สำหรับการปรับให้เรียบของค่าอิทธิพลฤดูกาล ซึ่ง $0 \leq \delta \leq 1$

วิธีการปรับให้เรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของวินเทอร์แบบคูณ (Winters' multiplicative exponential smoothing method: WinX)

$$\hat{Y}_{t+k} = (L_t + kb_t)S_{t+k-m} \quad (5)$$

เมื่อ

$$L_t = \alpha\left(\frac{Y_t}{S_{t-m}}\right) + (1-\alpha)(L_{t-1} + b_{t-1}) \quad (6)$$
$$b_t = \gamma(L_t - L_{t-1}) + (1-\gamma)b_{t-1} \quad (7)$$
$$S_t = \delta\left(\frac{Y_t}{L_t}\right) + (1-\delta)S_{t-m} \quad (8)$$

โดยที่ Y_t แทน ค่าจริง ณ ช่วงเวลา t

$\hat{Y}_{t+k}$ แทน ค่าพยากรณ์ ณ ช่วงเวลา $t+k$

L_t แทน ค่าระดับของอนุกรมเวลา ณ เวลา t

S_t แทน ค่าดัชนีฤดูกาลของอนุกรมเวลา ณ เวลา t

b_t แทน ค่าความชันของแนวโน้มอนุกรมเวลา ณ เวลา t

k แทน ช่วงเวลาล่วงหน้าที่ต้องการพยากรณ์ ณ เวลา t

m แทน ช่วงระยะเวลาของฤดูกาล

α แทน ค่าคงที่สำหรับการปรับให้เรียบของค่าระดับ ซึ่ง $0 \leq \alpha \leq 1$

γ แทน ค่าคงที่สำหรับการปรับให้เรียบของค่าแนวโน้ม ซึ่ง $0 \leq \gamma \leq 1$

δ แทน ค่าคงที่สำหรับการปรับให้เรียบของค่าอิทธิพลฤดูกาล ซึ่ง $0 \leq \delta \leq 1$

วิธีการแยกส่วนประกอบด้วยวิธีดั้งเดิม (Classical decomposition method)

วิธีการนี้เป็นวิธีการวิเคราะห์อนุกรมเวลาโดยแยกส่วนประกอบต่าง ๆ ของอนุกรมเวลาออกจากกัน ซึ่งประกอบด้วย แนวโน้ม (Trend) ฤดูกาล (Seasonal) วัฏจักร (Cyclical) และความผิดปกติ (Irregular) และเมื่อได้ส่วนประกอบต่าง ๆ จะนำไปสร้างตัวแบบเพื่อใช้ในการพยากรณ์ ซึ่งในการพยากรณ์ระยะสั้น ส่วนประกอบที่ใช้ในการพยากรณ์ได้แก่ แนวโน้ม และฤดูกาล โดยตัวแบบพยากรณ์มีทั้งรูปแบบที่เป็นแบบบวก และแบบคูณ แสดงดังนี้

วิธีการแยกส่วนประกอบด้วยวิธีดั้งเดิมแบบบวก (Classical additive decomposition method: Dec+)

$$\hat{Y}_t = T_t + S_t \tag{9}$$

โดยที่ $\hat{Y}_t$ แทน ค่าพยากรณ์ ณ ช่วงเวลา t

T_t แทน ส่วนประกอบของแนวโน้ม ณ ช่วงเวลา t

S_t แทน อิทธิพลจากฤดูกาล ณ ช่วงเวลา t

วิธีการแยกส่วนประกอบด้วยวิธีดั้งเดิมแบบคูณ (Classical multiplicative decomposition method: DecX)

$$\hat{Y}_t = T_t \times S_t \tag{10}$$

โดยที่ $\hat{Y}_t$ แทน ค่าพยากรณ์ ณ ช่วงเวลา t

T_t แทน ส่วนประกอบของแนวโน้ม ณ ช่วงเวลา t

S_t แทน อิทธิพลจากฤดูกาล ณ ช่วงเวลา t

วิธีการแยกส่วนประกอบแนวโน้มและฤดูกาลด้วยวิธี Loess (Seasonal-Trend decomposition procedure based on Loess: STL)

Cleveland และคณะ (1990) ได้พัฒนากระบวนการแยกส่วนประกอบอนุกรมเวลาโดยอาศัยเทคนิคการปรับให้เรียบด้วยวิธี Loess และให้ชื่อว่า Seasonal-Trend decomposition procedure based on Loess หรือ STL ซึ่งแยกส่วนประกอบอนุกรมเวลาออกเป็น 3 ส่วนประกอบ ได้แก่ แนวโน้ม (Trend) ฤดูกาล (Seasonal) และส่วนที่เหลือ (Remainder) โดยส่วนประกอบแนวโน้ม และฤดูกาลที่ได้จะมีความแข็งแกร่ง (Robust) ลดผลกระทบของอิทธิพลจากค่าผิดปกติ ด้วยการอาศัยวิธีการของ Locally-weighted Regression (Loess)

เทคนิคการปรับให้เรียบด้วยวิธี Loess (Cleveland et al., 1990)

Loess เป็นเทคนิคในการปรับให้เรียบโดยสร้างสมการถดถอยให้กับข้อมูลเฉพาะที่ ซึ่งสามารถทำการปรับให้เรียบได้ถึงแม้จะมีค่าสูญหาย โดยมีกระบวนการดังนี้

1) กำหนดจำนวนจุดใกล้เคียง (q) ที่อยู่ใกล้จุดเป้าหมายที่ต้องการปรับเรียบ
2) กำหนดน้ำหนักของจุดใกล้เคียง โดยเริ่มจากการสร้าง Tricube weight function ดังนี้

$$W(u) = \begin{cases} (1-u^3)^3 & \text{สำหรับ } 0 \leq u < 1 \\ 0 & \text{สำหรับ } u \geq 1 \end{cases} \tag{11}$$

โดยที่

$$u = \frac{|t_i - t|}{\lambda_q(t)} \tag{12}$$

t_i แทน ค่าของตัวแปรเวลา ณ จุดเวลา i

t แทน ค่าของตัวแปรเวลา ณ จุดเวลาเป้าหมาย

$\lambda_q(t)$ แทน ระยะห่างจากจุดเป้าหมาย t ที่จะปรับเรียบ จนถึงจุด t_i ที่อยู่ไกลสุดลำดับ q

น้ำหนักของจุดใกล้เคียง สำหรับจุดเวลา i คำนวณดังนี้

$$v_i(t) = W\left(\frac{|t_i - t|}{\lambda_q(t)}\right) \tag{13}$$

3) สร้างสมการถดถอย Loess โดยนำข้อมูลในช่วงเวลาของจุดใกล้เคียงและจุดเป้าหมายมาสร้างสมการถดถอยด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุดแบบถ่วงน้ำหนัก (Weighted Least-squares) ซึ่งถ่วงน้ำหนักด้วย $v_i(t)$ และสมการที่ได้จะเป็นฟังก์ชันที่ให้ค่าปรับเรียบเมื่อกำหนดจุดเวลา t หรือเรียกว่าฟังก์ชัน $\hat{g}(t)$ ทำซ้ำจนจุดเป้าหมายครบทุกจุดเวลา
4) ประมาณค่าปรับเรียบโดยการแทนค่าของจุดเวลาเป้าหมาย

กระบวนการ STL

กระบวนการ STL จะวนซ้ำ 2 ลูปซ้อนกัน ได้แก่ ลูปรอบใน (Inner loop) และลูปรอบนอก (Outer loop) ซึ่งการทำงานของแต่ละลูป เป็นดังนี้

ลูปรอบใน จะทำหน้าที่ในการปรับปรุงส่วนประกอบแนวโน้ม และฤดูกาล โดยการวนซ้ำแต่ละรอบจะประกอบด้วย 6 ขั้นตอนย่อย ซึ่งจำนวนรอบของการวนซ้ำอาจกำหนดเอง หรือจนกว่าค่าจะเริ่มนิ่ง

1) การกำจัดแนวโน้ม (Detrending) โดยการนำข้อมูลอนุกรมเวลาตั้งต้น มาลบด้วยค่าแนวโน้มที่ได้จากรอบก่อนหน้านี้ ผลลัพธ์ที่ได้จะเหลือเพียงส่วนประกอบฤดูกาล และส่วนที่เหลือ สำหรับการวนซ้ำรอบแรกจะยังไม่มีค่าของรอบก่อนหน้า จึงกำหนดค่าตั้งต้นของแนวโน้มรอบก่อนหน้าให้เป็น 0
2) การปรับเรียบ (Cycle-subseries smoothing) โดยการนำข้อมูลจากขั้นตอนย่อยที่ 1 ของลูปรอบในมาจัดกลุ่มแยกตามฤดูกาล จากนั้นนำแต่ละกลุ่มมาปรับเรียบด้วยวิธี Loess ผลลัพธ์ที่ได้จะเป็นฤดูกาลชั่วคราว
3) การกรองความถี่ต่ำของอนุกรมย่อยที่ถูกทำให้เรียบ (Low-pass filtering of smoothed cycle-subseries) โดยนำผลที่ได้จากขั้นตอนย่อยที่ 2 หรือก็คือฤดูกาลชั่วคราว มาเรียงต่อกันตามลำดับเวลา แล้วหาค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ (Moving average) จากนั้นปรับเรียบด้วยวิธี Loess อีกครั้ง ผลลัพธ์ที่ได้จากขั้นตอนนี้มีส่วนประกอบแนวโน้มที่ยังคงหลงเหลืออยู่
4) การกำจัดแนวโน้มของอนุกรมย่อยที่ถูกทำให้เรียบ (Detrending of smoothed cycle-subseries)โดยนำผลจากขั้นตอนย่อยที่ 2 มาลบจากขั้นตอนย่อยที่ 3 ซึ่งจะเป็นการกรอง

ไม่ให้อิทธิพลของแนวโน้มเข้าไปร่วมด้วย ผลลัพธ์ที่ได้จากขั้นตอนนี้จะเป็นส่วนประกอบฤดูกาลที่ปรับปรุง

5) การกำจัดฤดูกาล (Deseasonalizing) โดยนำข้อมูลอนุกรมเวลาตั้งต้น ลบด้วยฤดูกาลที่ได้จากขั้นตอนย่อยที่ 4 ผลลัพธ์ที่ได้จากขั้นตอนนี้มีส่วนประกอบแนวโน้ม และส่วนที่เหลือ
6) การปรับเรียบแนวโน้ม (Trend smoothing) โดยนำผลที่ได้จากขั้นตอนย่อยที่ 5 มาปรับเรียบด้วยวิธี Loess ซึ่งผลที่ได้จะเป็นส่วนประกอบแนวโน้มที่ปรับปรุง

ลูปรอบนอก ทำหน้าที่ในการสร้างความแข็งแกร่งให้กับตัวแบบ โดยจะลดอิทธิพลของค่าห่างกลุ่ม (Outlier) เพื่อให้สามารถพยากรณ์ค่าได้แม่นยำขึ้น โดยการวนซ้ำแต่ละรอบ เป็นดังนี้

1) หาอนุกรมเวลาที่มีส่วนประกอบเฉพาะส่วนที่เหลือ ณ ช่วงเวลา v (R_v) โดยการนำข้อมูลอนุกรมเวลาตั้งต้น ลบด้วยแนวโน้ม และฤดูกาล ที่ได้จากลูปรอบนอก ในขั้นตอนย่อยที่ 4 และ 6 ตามลำดับ
2) นำผลที่ได้จากขั้นตอนที่แล้วมาคำนวณหา น้ำหนักความแข็งแกร่ง (Robustness weights) ของช่วงเวลา v (ρ_v) ดังนี้

$$\rho_v = B\left(\frac{|R_v|}{h}\right) \tag{14}$$

โดยที่

$$B(u) = \begin{cases} (1-u^2)^2 & \text{สำหรับ } 0 \le u < 1 \\ 0 & \text{สำหรับ } u > 1 \end{cases} \tag{15}$$

$$u = \frac{|R_v|}{h} \tag{16}$$

$$h = 6\,median(|R_v|) \tag{17}$$

3) กระบวนการจะวนซ้ำลูปรอบในอีกครั้ง โดยน้ำหนักความแข็งแกร่งที่ได้นี้จะถูกนำไปใช้ร่วมกับน้ำหนัก $v_i(t)$ ในการปรับเรียบด้วยวิธี Loess ในขั้นตอนย่อยที่ 2 และ 6 ของลูปรอบใน

การประเมินผลความแม่นยำของตัวแบบ

การประเมินผลความแม่นยำของตัวแบบจากวิธีการพยากรณ์ทั้ง 5 วิธี ใช้ค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (Mean Absolute Percentage Error: MAPE) และรากของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Error: RMSE) บนชุดข้อมูลทดสอบ การคำนวณค่า MAPE และ RMSE แสดงดังสมการที่ (1) และ (2) ตามลำดับ ซึ่งตัวแบบใดที่มีค่า ดังกล่าวต่ำ แสดงถึงความแม่นยำของตัวแบบนั้น

$$\text{MAPE} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left|\frac{Y_i - \hat{Y}_i}{Y_i}\right| \times 100 \tag{18}$$

$$\text{RMSE} = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left(Y_i - \hat{Y}_i\right)^2} \tag{19}$$

โดยที่ Y_i แทน ค่าของข้อมูลอนุกรมเวลา ณ เวลา i

$\hat{Y}_i$ แทน ค่าพยากรณ์ของข้อมูลอนุกรมเวลา ณ เวลา i

n แทน จำนวนข้อมูลอนุกรมเวลา

ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

ข้อมูลความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน รายเดือน ณ สถานีกรมอุตุนิยมวิทยา แขวงบางนา เขตบางนา กรุงเทพฯ ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2560 ถึง ธันวาคม พ.ศ. 2568 แสดงดังรูปที่ 1 การเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลามีอิทธิพลจากฤดูกาลอย่างชัดเจน ซึ่งผลการวิจัย เป็นดังนี้

ผลการสร้างตัวแบบพยากรณ์ในแต่ละวิธี

1) วิธีการปรับให้เรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของวินเทอร์แบบบวก (Winters' Additive Exponential Smoothing Method: Win+)

จากการวิเคราะห์ข้อมูล PM2.5 ด้วยวิธีการปรับให้เรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของวินเทอร์แบบบวก โดยค่า $\alpha = 0.0476, \gamma = 0.0076$ และ $\delta = 0.1573$ ที่ทำให้ผลบวกกำลังสองของความคลาดเคลื่อน (Sum Square Error) มีค่าต่ำสุด ซึ่งค่า MAPE และ RMSE สำหรับชุดข้อมูลทดสอบ เท่ากับ 27.3081 และ 9.9900 ตามลำดับ และตัวแบบพยากรณ์ความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน รายเดือน พ.ศ.2568 แสดงดังนี้

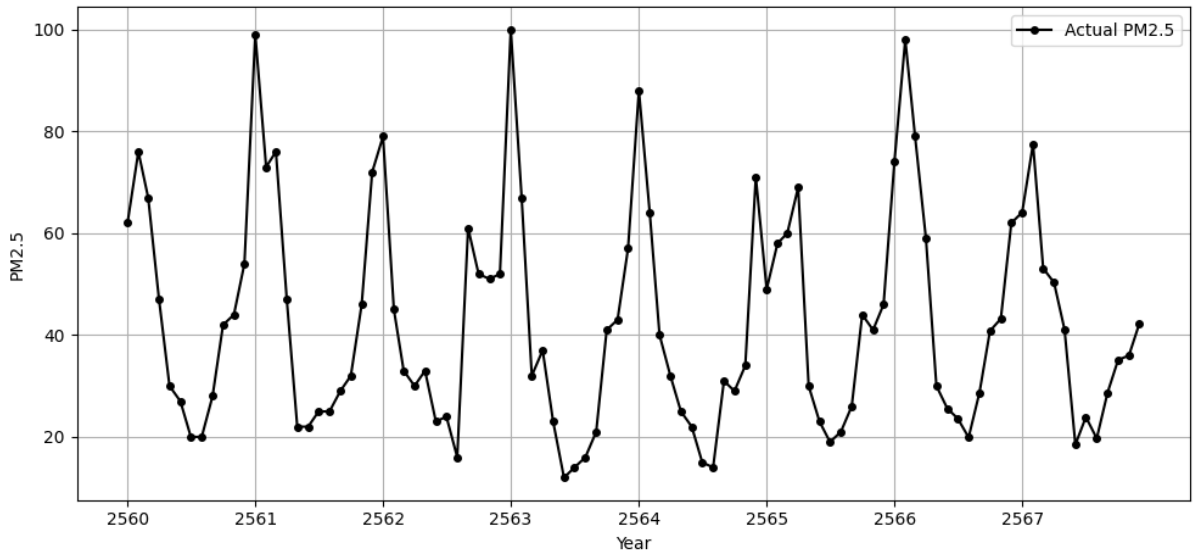
$$\hat{Y}_{t+k} = 44.2777 + 0.0303\,k + S_t \qquad (20)$$

$\hat{Y}_{t+k}$ แทน ค่าพยากรณ์ ณ เวลา $t+k$ โดยที่ $k=1$ เมื่อเดือนมกราคม พ.ศ.2568

S_t แทน ดัชนีฤดูกาลแสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ดัชนีฤดูกาลของความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน จากวิธีการปรับให้เรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของวินเทอร์แบบบวก

เดือน	ดัชนีฤดูกาล	เดือน	ดัชนีฤดูกาล	เดือน	ดัชนีฤดูกาล
มกราคม	35.0151	พฤษภาคม	-14.4766	กันยายน	-12.6260
กุมภาพันธ์	26.3857	มิถุนายน	-23.0242	ตุลาคม	-4.3545
มีนาคม	9.5650	กรกฎาคม	-23.6070	พฤศจิกายน	-1.5640
เมษายน	1.9193	สิงหาคม	-25.4312	ธันวาคม	12.4973



รูปที่ 1 ข้อมูลอนุกรมเวลาของความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน ณ สถานีกรมอุตุนิยมวิทยา แขวงบางนา เขตบางนา กรุงเทพฯ ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2560 ถึง ธันวาคม พ.ศ. 2567

2) **วิธีการปรับให้เรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของวินเทอร์แบบคูณ (Winters' Multiplicative Exponential Smoothing Method: WinX)**

จากการวิเคราะห์ข้อมูล PM2.5 ด้วย วิธีการปรับให้เรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของวินเทอร์แบบคูณ (โดยค่า $\alpha = 0.0564, \gamma = 0.0130$ และ $\delta = 0.1866$ ที่ทำให้ผลบวกกำลังสองของความคลาดเคลื่อน (Sum Square Error) มีค่าต่ำสุด ซึ่งค่า MAPE และ RMSE สำหรับชุดข้อมูลทดสอบ เท่ากับ 45.6124 และ 15.6315 ตามลำดับ และตัวแบบพยากรณ์ความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน รายเดือน พ.ศ.2568 แสดงดังนี้

$$\hat{Y}_{t+k} = (45.2244 + 1.0006\,k)S_t \qquad (21)$$

$\hat{Y}_{t+k}$ แทน ค่าพยากรณ์ ณ เวลา $t+k$ โดยที่ $k=1$ เมื่อเดือนมกราคม พ.ศ.2568

S_t แทน ดัชนีฤดูกาลแสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ดัชนีฤดูกาลของความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน จากวิธีการปรับให้เรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของวินเทอร์แบบคูณ

เดือน	ดัชนีฤดูกาล	เดือน	ดัชนีฤดูกาล	เดือน	ดัชนีฤดูกาล
มกราคม	1.7590	พฤษภาคม	0.6741	กันยายน	0.6970
กุมภาพันธ์	1.6208	มิถุนายน	0.4724	ตุลาคม	0.8859
มีนาคม	1.2299	กรกฎาคม	0.4613	พฤศจิกายน	0.9453
เมษายน	1.0622	สิงหาคม	0.4208	ธันวาคม	1.2728

3) วิธีการแยกส่วนประกอบด้วยวิธีดั้งเดิมแบบบวก (Classical Additive Decomposition Method: Dec+)

จากการวิเคราะห์การแยกส่วนประกอบอนุกรมเวลาด้วยวิธีดั้งเดิม โดยใช้ตัวแบบบวก ได้ค่า MAPE และ RMSE สำหรับชุดข้อมูลทดสอบ เท่ากับ 27.9354 และ 10.2661 ตามลำดับ และตัวแบบพยากรณ์ความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน รายเดือน พ.ศ.2568 แสดงดังนี้

$$\hat{Y}_{t+k} = (42.3866 + 0.0043\,(95 + k)) + S_t \quad (22)$$

$\hat{Y}_{t+k}$ แทน ค่าพยากรณ์ ณ เวลา $t+k$ โดยที่ $k=1$ เมื่อเดือนมกราคม พ.ศ.2568

S_t แทน ดัชนีฤดูกาลแสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ดัชนีฤดูกาลของความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน จากวิธีการแยกส่วนประกอบด้วยวิธีดั้งเดิมแบบบวก

เดือน	ดัชนีฤดูกาล	เดือน	ดัชนีฤดูกาล	เดือน	ดัชนีฤดูกาล
มกราคม	36.4070	พฤษภาคม	-13.3480	กันยายน	-10.4960
กุมภาพันธ์	26.3000	มิถุนายน	-21.5170	ตุลาคม	-2.4191
มีนาคม	10.6690	กรกฎาคม	-22.5630	พฤศจิกายน	0.5523
เมษายน	3.73450	สิงหาคม	-23.8270	ธันวาคม	16.5080

4) วิธีการแยกส่วนประกอบด้วยวิธีดั้งเดิมแบบคูณ (Classical Multiplicative Decomposition Method: DecX)

จากการวิเคราะห์การแยกส่วนประกอบอนุกรมเวลาด้วยวิธีดั้งเดิม โดยใช้ตัวแบบคูณ ได้ค่า MAPE และ RMSE สำหรับชุดข้อมูลทดสอบ เท่ากับ 28.2495 และ 10.4294 ตามลำดับ และตัวแบบพยากรณ์ความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน รายเดือน พ.ศ. 2568 แสดงดังนี้

$$\hat{Y}_{t+k} = (42.3866 + 0.0043\,(95 + k))S_t \quad (23)$$

$\hat{Y}_{t+k}$ แทน ค่าพยากรณ์ ณ เวลา $t+k$ โดยที่ $k=1$ เมื่อเดือนมกราคม พ.ศ.2568

S_t แทน ดัชนีฤดูกาลแสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ดัชนีฤดูกาลของความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน จากวิธีการแยกส่วนประกอบด้วยวิธีดั้งเดิมแบบคูณ

เดือน	ดัชนีฤดูกาล	เดือน	ดัชนีฤดูกาล	เดือน	ดัชนีฤดูกาล
มกราคม	1.8616	พฤษภาคม	0.6883	กันยายน	0.7546
กุมภาพันธ์	1.6066	มิถุนายน	0.4917	ตุลาคม	0.9419
มีนาคม	1.2338	กรกฎาคม	0.4680	พฤศจิกายน	1.0195
เมษายน	1.0845	สิงหาคม	0.4409	ธันวาคม	1.4085

5) วิธีการแยกส่วนประกอบแนวโน้มและฤดูกาลด้วยวิธี Loess (Seasonal-Trend Decomposition Procedure Based on Loess: STL)

จากการวิเคราะห์การแยกส่วนประกอบอนุกรมเวลาด้วยวิธีการแยกส่วนประกอบแนวโน้มและฤดูกาลด้วยวิธี Loess ได้ค่า MAPE และ RMSE สำหรับชุดข้อมูลทดสอบ เท่ากับ 23.7931 และ 9.3024 ตามลำดับ และตัวแบบพยากรณ์ความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน รายเดือน พ.ศ.2568 แสดงดังนี้

$$\hat{Y}_{t+k} = (46.1448 - 0.0731\,(95 + k)) + S_t \quad (24)$$

$\hat{Y}_{t+k}$ แทน ค่าพยากรณ์ ณ เวลา $t+k$ โดยที่ k=1 เมื่อเดือนมกราคม พ.ศ.2568

S_t แทน ดัชนีฤดูกาลแสดงดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ดัชนีฤดูกาลของความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน จากวิธีการแยกส่วนประกอบแนวโน้มและฤดูกาลด้วยวิธี Loess

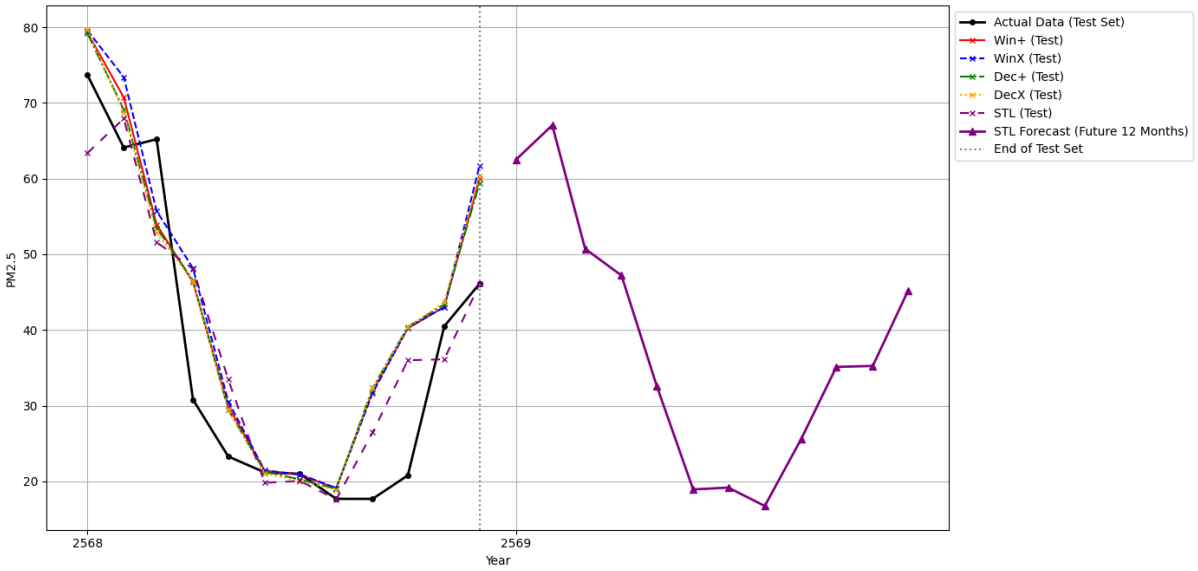
เดือน	ดัชนีฤดูกาล	เดือน	ดัชนีฤดูกาล	เดือน	ดัชนีฤดูกาล
มกราคม	24.2350	พฤษภาคม	-5.3493	กันยายน	-12.0740
กุมภาพันธ์	28.8690	มิถุนายน	-18.9410	ตุลาคม	-2.4661
มีนาคม	12.6240	กรกฎาคม	-18.6270	พฤศจิกายน	-2.2674
เมษายน	9.1630	สิงหาคม	-20.9830	ธันวาคม	7.7258

ผลการทดสอบความแม่นยำของตัวแบบพยากรณ์

จากการเปรียบเทียบความแม่นยำของตัวแบบที่ได้จากวิธีการพยากรณ์ทั้ง 5 ด้วย MAPE และ RMSE บนชุดข้อมูลทดสอบ ได้ผลดังตารางที่ 6 ซึ่งพบว่า วิธีการแยกส่วนประกอบแนวโน้มและฤดูกาลด้วยวิธี Loess ให้ค่า MAPE และ RMSE น้อยที่สุด ซึ่งแสดงถึงความแม่นยำในการพยากรณ์ และตัวแบบที่เป็นรูปแบบบวกมีความแม่นยำมากกว่าตัวแบบในรูปแบบคูณ เมื่อเปรียบเทียบในการพยากรณ์ชนิดเดียวกัน ผลการเปรียบเทียบค่าพยากรณ์ในแต่ละเดือนของวิธีการทั้ง 5 บนชุดข้อมูลทดสอบ แสดงดังรูปที่ 2 และการพยากรณ์ความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน รายเดือน ล่วงหน้า 1 ปี หรือค่าพยากรณ์ เดือนมกราคม ถึง ธันวาคม พ.ศ. 2569 โดยใช้วิธีการแยกส่วนประกอบแนวโน้มและฤดูกาลด้วยวิธี Loess เนื่องจากเป็นวิธีที่แม่นยำที่สุด แสดงดังรูปที่ 2

ตารางที่ 6 การเปรียบเทียบความแม่นยำ บนชุดข้อมูลทดสอบ

วิธีการ	ค่าประเมินความแม่นยำ	
	MAPE (%)	RMSE ($\mu g/m^3$)
Win+	27.3081	9.9900
WinX	45.6124	15.6315
Dec+	27.9354	10.2661
DecX	28.2495	10.4294
STL	23.7931	9.3024



รูปที่ 2 การเปรียบเทียบค่าจริงและค่าพยากรณ์บนชุดข้อมูลทดสอบของวิธีการพยากรณ์ทั้ง 5 และค่าพยากรณ์ล่วงหน้า 12 เดือน โดยวิธีการแยกส่วนประกอบแนวโน้มและฤดูกาลด้วยวิธี Loess

จากผลการเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์ความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน ณ สถานีกรมอุตุนิยมวิทยา เขตบางนา ด้วยวิธีการพยากรณ์ 5 วิธี ได้แก่ วิธีการปรับให้เรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของวินเทอร์แบบบวก (Win+) วิธีการปรับให้เรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของวินเทอร์แบบคูณ (WinX) วิธีการแยกส่วนประกอบด้วยวิธีดั้งเดิมแบบบวก (Dec+) วิธีการแยกส่วนประกอบด้วยวิธีดั้งเดิมแบบคูณ (DecX) และวิธีการแยกส่วนประกอบแนวโน้มและฤดูกาลด้วยวิธี Loess (STL) พบว่าวิธี STL ให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด โดยให้ค่า MAPE และ RMSE ต่ำที่สุดบนข้อมูลชุดทดสอบ ดังนั้นสมการที่เหมาะสมในการพยากรณ์ PM2.5 ล่วงหน้าจึงเป็นสมการที่ (24) และดัชนีฤดูกาลที่เหมาะสมในการศึกษาโครงสร้างของฤดูกาลแสดงดังตารางที่ 5 ซึ่งจะพบว่า อิทธิพลของฤดูกาลที่ทำให้ PM2.5 มีค่าสูงกว่าปกติจะอยู่ในช่วงเดือนธันวาคมจนถึงเดือนเมษายน โดยเดือนมกราคม และกุมภาพันธ์เป็นช่วงที่ PM2.5 จะมีค่าสูงที่สุดซึ่งสอดคล้องกับ Ketjumpol และ Sakworawich (2019) ที่อิทธิพลของฤดูกาลจะสูงสุดที่เดือนมกราคม และกุมภาพันธ์ ซึ่งได้รับผลกระทบจากความกดอากาศสูงจากจีนโดยจะทำให้อากาศเย็นลงและ PM2.5 เพิ่มขึ้นอย่างมาก นอกจากนี้ในงานวิจัยดังกล่าวยังพบว่าปัจจัยที่มีผลต่อ PM2.5 ได้แก่ ความเร็วลม ทิศทางลม อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์

บทสรุป

วิธี STL เป็นวิธีการแยกส่วนประกอบอนุกรมเวลา โดยส่วนประกอบแนวโน้มและฤดูกาลที่ได้จะมีความแข็งแกร่ง เนื่องจากในระหว่างกระบวนการได้มีการลดผลกระทบของอิทธิพลจากค่าผิดปกติ และยังสามารถแยกส่วนประกอบของข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีค่าสูญหายได้ เนื่องจากด้วยเทคนิคปรับให้เรียบของ Loess สามารถหาค่าปรับเรียบได้แม้จะไม่ได้มีค่าสังเกตของบางช่วงเวลา (Cleveland et al., 1990) ซึ่งเป็นวิธีที่ให้ความแม่นยำสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับ Win+, WinX, Dec+ และ DecX ในการพยากรณ์ความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน ณ สถานีกรมอุตุนิยมวิทยา เขตบางนา ช่วงเดือน

มกราคม พ.ศ. 2560 ถึง ธันวาคม พ.ศ. 2568 ผลการวิจัยนี้จะช่วยนำไปสู่การวางแผนบริหารจัดการ วางมาตรการต่าง ๆ เพื่อลดผลกระทบจาก PM2.5 และในการวิจัยต่อไปอาจนำตัวแปรอื่น ๆ เช่น ความเร็วลม ทิศทางลม อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ เข้าร่วมในการพยากรณ์ เพื่อให้เกิดความแม่นยำในการพยากรณ์เพิ่มขึ้น

เอกสารอ้างอิง

กาญจน์ภิวรรณ จงศิริวิโรจ. (2564). การเปรียบเทียบวิธีในการพยากรณ์ราคาหุ้นด้วยแบบจำลองอารีม่า, โครงข่ายประสาทเทียม และตัวแบบผสม. วิทยานิพนธ์หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสถิติ, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

กรมควบคุมมลพิษ. (2569). ข้อมูลย้อนหลัง. ค้นเมื่อ 13 เมษายน 2569. http://air4thai.pcd.go.th/webV3/#/History

กรมควบคุมมลพิษ. (2569). มาตรการรับมือสถานการณ์ไฟป่า หมอกควัน และฝุ่นละออง ปี 2569. สำนักงานสิ่งแวดล้อมและควบคุมมลพิษที่ 16. ค้นเมื่อ 21 เมษายน 2569. https://epo16.pcd.go.th/th/news/detail/18600

จังหวัดสมุทรปราการ. (2568). ท่องเที่ยวสมุทรปราการ. ค้นเมื่อ 21 เมษายน 2569. https://travel.samutprakan.go.th/

ชนาภา พินิจนัย (2562). การเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์คำสั่งซื้อ กรณีศึกษาบริษัทนำเข้าผลไม้. วิทยานิพนธ์หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการทางวิศวกรรม, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

ชม ปานตา และยุภาวดี สำราญฤทธิ์. (2560). การพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนรายเดือนในจังหวัดนครสวรรค์โดยใช้เทคนิคการพยากรณ์ทางสถิติ. วารสารวิชาการ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์. 9(10): 127-142.

ณัฐธยาน์ มนุษย์ดี. (2553). การพยากรณ์จำนวนผู้ใช้อินเทอร์เน็ตในประเทศไทยด้วยการวิเคราะห์อนุกรมเวลาและการวิเคราะห์การถดถอยเชิงพหุคูณ. งานค้นคว้าอิสระหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์และการสื่อสาร, มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์.

ประภัสสร คำสวัสดิ์. (2560). การเปรียบเทียบการพยากรณ์ปริมาณรถยนต์จดทะเบียนใหม่ในจังหวัดชลบุรีระหว่างวิธีอารีมาวิธีการปรับให้เรียบแบบเอกซ์โปเนนเชียล. สหศาสตร์ศรีปทุมชลบุรี. 2(3): 39-50.

ราชกิจจานุเบกษา. (2565). ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ เรื่อง กำหนดมาตรฐานฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน ในบรรยากาศโดยทั่วไป. เล่ม 139 ตอนพิเศษ 163 ง. ค้นเมื่อ 21 เมษายน 2569. https://www.ratchakitcha.soc.go.th/DATA/PDF/2565/E/163/T_0021.PDF

ลักษณิน รุ่งตระกูล และกนิษฐนันท์. (2565). การจัดการปัญหาฝุ่น PM2.5 ในประเทศไทย: กรณีศึกษาประสิทธิภาพในการนำนโยบายไปปฏิบัติ เพื่อพัฒนาคุณภาพชีวิตประชากร. วารสารบัณฑิตพิจารณ์ด้านรัฐศาสตร์และรัฐประศาสนศาสตร์. 4(1): 115-144.

วรางคณา เรียนสุทธิ์. (2560) ตัวแบบพยากรณ์ราคามังคุดคละ. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี. 19(2): 31-42.

สิโรรัตน์ จั่นงาม กนิษฐา ยิ้มนาค และจุฑารัตน์ โพธิ์หลวง. (2567). แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อพยากรณ์ปริมาณการผลิตไบโอดีเซลในประเทศไทย. PBRU SCIENCE JOURNAL. 21(1): 1-16.

สำนักงานเขตบางนา. (2569). ข้อมูลพื้นฐาน. ค้นเมื่อ 21 เมษายน 2569. https://webportal.bangkok.go.th/bangna/index

เสียงมวลชน. (2569). PM 2.5 ปกคลุมสุวรรณภูมิจนแทบมองไม่เห็น. ค้นเมื่อ 21 เมษายน 2569. https://www.seingmualchon.com/144122/

Carlberg C. (2018). Predictive Analytics: Microsoft Excel. Pearson Education: Indiana.

Cleveland R. B., Cleveland W. S., McRae J. E. and Terpenning I. (1990). STL: A Seasonal-Trend Decomposition Procedure Based on Loess. Journal of Official Statistics. 6(1): 3–73.

Fox Z. R., Agbaje J. O., Maguire D., Santos J.E., Logan J., Davis M., Habre R., VanDerslice J., Hanson H.A. (2026). Ground-Level Near Real-Time Modeling for PM2.5 Pollution Prediction. Accessed 21 Apr. 2026. https://doi.org/10.48550/arXiv.2604.18973.

Ketjumpol T., Sakworawich A. (2019). Time Series Models Predicting Fine Particulate Matter in Bangkok by Influence of Meteorological Factors. วารสารสถิติประยุกต์และเทคโนโลยีสารสนเทศ. 4(2): 46–63.

Nirvana. (2563). บางนา...จากอดีตสู่ปัจจุบันและศักยภาพแห่งอนาคต. ค้นเมื่อ 21 เมษายน 2569. https://www.nirvanadevelopment.co.th/th/blog/bangna-past-present-future

Otanasap N., Tadsuan S., Chalermsuk C. (2025). An AIoT-based Air Quality Monitoring System for Real-time PM2.5 Prediction in Urban Environments. ASEAN J. Sci. Tech. Report. 28(1): e255168.

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโมเดลการเรียนรู้ของเครื่องและการเรียนรู้เชิงลึกเพื่อพยากรณ์ราคาหุ้นบริษัท Alphabet Inc. (Google)

A Comparative Study of Machine Learning and Deep Learning Models for Alphabet Inc. (Google) Stock Price Prediction

รวิวรรณ เสืออุดม[1] กฤษกร เวชกุล[1] รังสิมา ศรีนาค[1] สุระสิทธิ์ ทรงม้า[2] และวัชรากรณ์ เนตรหาญ[1*]

Rawiwan Sue-udom[1], Kritsakorn Wechakun[1], Rangsima Srinak[1], Surasit Songma[2] and Watcharakorn Netharn[1*]

[1] สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต*

[1]Department of Information Technology, Faculty of Science and Technology, Suan Dusit University*

[2] สาขาความมั่นคงปลอดภัยไซเบอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต

[2] Department of Cyber Security, Faculty of Science and Technology, Suan Dusit University

[*]Corresponding Author E-mail Address : Watcharakorn_net@dusit.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างโมเดลกลุ่มการเรียนรู้ของเครื่อง และกลุ่มการเรียนรู้เชิงลึก ในการพยากรณ์ราคาหุ้นของบริษัท Alphabet Inc. (Google) โดยใช้ข้อมูลอนุกรมเวลาทางการเงินย้อนหลัง 20 ปี การศึกษาได้ดำเนินการเปรียบเทียบโมเดล 6 โมเดล ได้แก่ การถดถอยเชิงเส้น แรนดอมฟอเรสต์ เอ็กซ์จีบูสต์ โครงข่ายความจำระยะสั้นและระยะยาว โครงข่ายประสาทแบบหน่วยความจำแบบเกต โครงข่ายประสาทคอนโวลูชันและหน่วยความจำระยะสั้นยาว และประเมินผลผ่านกระบวนการทดสอบ 3 รูปแบบ ได้แก่ การแบ่งชุดข้อมูลแบบคงที่และ การตรวจสอบไขว้แบบอนุกรมเวลา พร้อมวัดสมรรถนะผ่านตัวชี้วัดสากลตามลำดับ ได้แก่ ค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย ค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสัมบูรณ์ ค่าอาร์สแควร์

ผลการศึกษาพบว่า ในกลุ่มการเรียนรู้ของเครื่อง โมเดล เอ็กซ์จีบูสต์มีประสิทธิภาพสูงสุดและให้ค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย ดีที่สุดแม้ในสภาวะตลาดที่มีความผันผวนสูง ขณะที่ในกลุ่มการเรียนรู้เชิงลึก โมเดลโครงข่ายลูกผสมประสาทคอนโวลูชันและหน่วยความจำระยะสั้นยาว เป็นโมเดลที่ทำผลงานได้ดีที่สุด เมื่อพิจารณาภาพรวมจากการทดสอบที่เข้มงวดที่สุด สรุปได้ว่า เอ็กซ์จีบูสต์เป็นโมเดลที่มีค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ยต่ำที่สุด คณะผู้วิจัยจึงได้นำศักยภาพของโมเดลเอ็กซ์จีบูสต์ ไปประยุกต์ใช้เป็นกลไกหลักในการพัฒนาแดชบอร์ดเชิงโต้ตอบ เพื่อนำเสนอผลการพยากรณ์ราคาหุ้นล่วงหน้าและช่วงความเชื่อมั่นทางสถิติ ซึ่งระบบดังกล่าวสามารถช่วยอำนวยความสะดวกให้นักลงทุนสามารถมองเห็นภาพรวมของความเสี่ยง เข้าถึงข้อมูลเชิงลึก และใช้เป็นเครื่องมือสนับสนุนการตัดสินใจได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: การพยากรณ์ราคาหุ้น การเรียนรู้ของเครื่อง การเรียนรู้เชิงลึก เอ็กซ์จีบูสต์ แดชบอร์ด

Abstract

This research aims to compare the performance of machine learning and deep learning models for forecasting the stock price of Alphabet Inc. using 20 years of historical financial time-series data. The study evaluated six predictive models, including Linear Regression, Random Forest, XGBoost, Long Short-Term Memory (LSTM), Gated Recurrent Unit (GRU), and a hybrid Convolutional Neural Network–Long Short-Term Memory (CNN-LSTM) model. Model performance was assessed through three evaluation approaches, including fixed train-test split and time-series cross-validation techniques. The predictive performance of each model was measured using standard evaluation metrics, namely Mean Absolute Percentage Error (MAPE), Root Mean Square Error (RMSE), Mean Absolute Error (MAE), and R-squared (R^2).

The experimental results revealed that, among the machine learning models, XGBoost achieved the highest predictive performance and produced the lowest Mean Absolute Percentage Error, even under highly volatile market conditions. Among the deep learning models, the hybrid CNN-LSTM model demonstrated the best overall performance. Considering the overall results obtained from the most rigorous evaluation procedure, XGBoost was identified as the model with the lowest Mean Absolute Percentage Error. Consequently, the researchers applied the potential of the XGBoost model as the core forecasting engine in the development of an interactive dashboard for visualizing future stock price predictions and statistical confidence intervals. The proposed system can assist investors in understanding overall market risks, accessing insightful analytical information, and supporting investment decision-making more effectively.

Keywords: Stock Price Forecasting, Machine Learning, Deep Learning, XGBoost, Dashboard

บทนำ

ปัจจุบันการลงทุนในตลาดหลักทรัพย์ถือเป็นกลไกสำคัญในการขับเคลื่อนเศรษฐกิจและเป็นช่องทางในการสร้างความมั่งคั่งให้แก่ผู้ลงทุนในระยะยาว อย่างไรก็ตาม การวิเคราะห์ทิศทางราคาหลักทรัพย์จัดเป็นภารกิจที่มีความซับซ้อนและมีความเสี่ยงสูง เนื่องจากราคาหุ้นได้รับอิทธิพลจากปัจจัยแวดล้อมที่หลากหลาย ทั้งตัวแปรเชิงมหภาค พลวัตทางเศรษฐกิจ และจิตวิทยาเชิงพฤติกรรมของผู้ลงทุน ซึ่งการบริหารจัดการพอร์ตการลงทุนให้ได้รับผลตอบแทนตามเป้าหมายนั้น จำเป็นต้องอาศัยทักษะการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงลึกและประสบการณ์เฉพาะด้านเป็นสำคัญ (Pompian, 2012; Ozbayoglu et al., 2020) ในทศวรรษที่ผ่านมา เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์โดยเฉพาะในกลุ่มการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) ได้เข้ามามีบทบาทในการพลิกโฉมภาคการเงิน ผ่านการประมวลผลชุดข้อมูลขนาดใหญ่เพื่อสนับสนุนการตัดสินใจลงทุนให้มีความแม่นยำและลดข้อผิดพลาดเชิงระบบ (Dixon et al., 2020)

จากการศึกษาข้อค้นพบเชิงประจักษ์ในตลาดหลักทรัพย์ พบว่าอุปสรรคสำคัญของผู้ลงทุนคือขีดจำกัดในการวิเคราะห์ข้อมูลอนุกรมเวลาของมนุษย์ เนื่องจากพฤติกรรมของราคาหุ้นมีลักษณะที่ไม่เป็นเส้นตรงมีความผันผวนสูงและมีสัญญาณรบกวนปะปนอยู่เป็นจำนวนมาก การวิเคราะห์ด้วยสถิติพื้นฐานหรือการใช้ดุลยพินิจส่วนบุคคล (Subjective Judgment) มักเผชิญกับปัญหาอคติทางอารมณ์ (Emotional Bias) และความบกพร่องในการตรวจจับรูปแบบความสัมพันธ์ที่ซ้อนทับกันในอดีต ส่งผลให้การพยากรณ์ราคาในสภาวะตลาดที่มีพลวัตสูงมีความคลาดเคลื่อน และนำไปสู่ความเสี่ยงต่อการสูญเสียเงินทุนอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ (Arévalo et al., 2021; Jiang, 2021) ดังนั้นการวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโมเดลการเรียนรู้ของเครื่อง และ การเรียนรู้เชิงลึกเพื่อการพยากรณ์ราคาหุ้น Alphabet. (Google) และเพื่อสร้างแดชบอร์ดในการพยากรณ์ราคาหุ้นบริษัท Alphabet. (Google)

จากประเด็นปัญหาที่กล่าวมาข้างต้น คณะผู้วิจัยจึงมุ่งเน้นที่จะนำความสามารถของปัญญาประดิษฐ์มาเป็นเครื่องมือในการพยากรณ์ราคาหุ้นบริษัท Alphabet Inc. (Google) โดยออกแบบการศึกษาเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างกลุ่มโมเดล การเรียนรู้ของเครื่อง และ การเรียนรู้เชิงลึก การสร้างคุณลักษณะเชิงลึก (Feature Engineering)

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

งานวิจัยการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโมเดลการเรียนรู้ของเครื่องและการเรียนรู้เชิงลึก เพื่อพยากรณ์ราคาหุ้นบริษัท Alphabet Inc. (Google) จะมีขอบเขตการวิจัย กรอบแนวคิด วิธีดำเนินการวิจัย การรวบรวมและเตรียมข้อมูล และกระบวนการสร้างแดชบอร์ดเพื่อนำเสนอผลการพยากรณ์

1. ขอบเขตการวิจัย

1. ด้านข้อมูล

1.1 รูปแบบและแหล่งข้อมูล ใช้ข้อมูลทุติยภูมิซึ่งเป็นข้อมูลอนุกรมเวลาของราคาปิดหุ้นของบริษัท อัลฟาเบต อิงก์ (Alphabet Inc.: GOOG) ครอบคลุมระยะเวลาย้อนหลัง 20 ปี ตั้งแต่ปี ค.ศ. 2005 ถึง 2024 รวมจำนวนข้อมูลทั้งสิ้นกว่า 5,031 ชุดข้อมูลที่รวบรวมจากแหล่งข้อมูลสาธารณะอย่างแพลตฟอร์มแคกเกิล (Kaggle)

2. ด้านโมเดลการพยากรณ์

2.1 กลุ่มการเรียนรู้ของเครื่อง โมเดลที่ใช้ในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพทั้งหมด 3 โมเดล ได้แก่ โมเดลการถดถอยเชิงเส้น , โมเดลแรนดอมฟอเรสต์ , โมเดลเอกซ์จีบูสต์

2.2 กลุ่มการเรียนรู้เชิงลึก โมเดลที่ใช้ในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพทั้งหมด 3 โมเดล รูปแบบ ได้แก่ โครงข่ายประสาทเทียมแบบหน่วยเกตเวียนซ้ำ , โครงข่ายประสาทเทียมแบบหน่วยความจำระยะสั้นยาว , โครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชันร่วมกับหน่วยความจำระยะสั้นยาว

3. ด้านตัวชี้วัดที่ใช้ในการวัดประสิทธิภาพโมเดล

งานวิจัยนี้กำหนดเกณฑ์ตัวชี้วัดที่ใช้ในการศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโมเดลการพยากรณ์ราคาหุ้นบริษัท Alphabet Inc. (Google) โดยพิจารณาจากดัชนีชี้วัดทางสถิติจำนวน 4 ตัวชี้วัดเรียงลำดับ ดังนี้

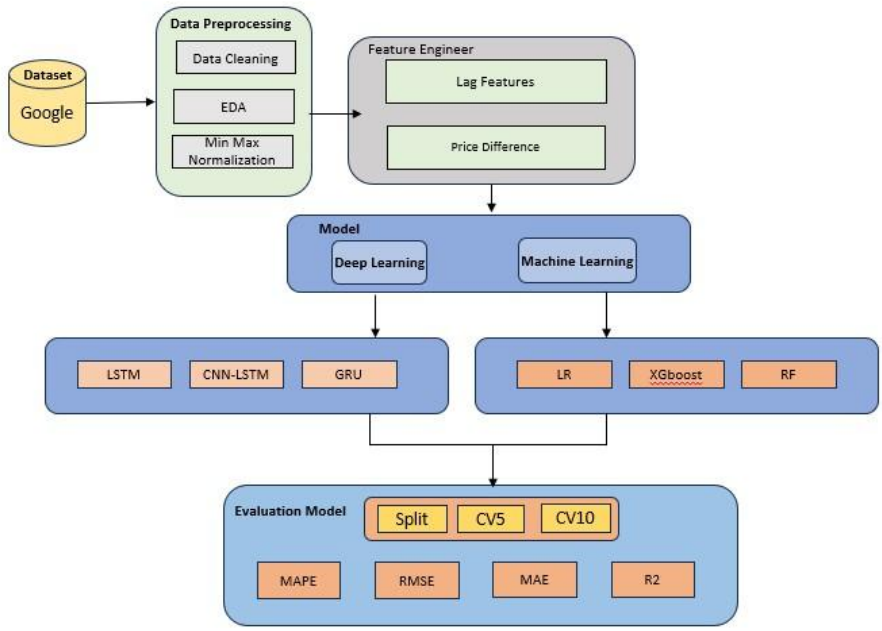
3.1 ค่าเฉลี่ยร้อยละของความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (MAPE) ใช้เป็นดัชนีชี้วัดหลักเพื่อแสดงค่าความผิดพลาดในรูปแบบร้อยละ (Percentage)

3.2 ค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (RMSE) ใช้วัดระดับความคลาดเคลื่อนระหว่างราคาที่พยากรณ์ได้และราคาที่เกิดขึ้นจริง

3.3 ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสัมบูรณ์ (MAE) ใช้เพื่อวัดขนาดเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนในรูปแบบของหน่วยเงินจริง (ดอลลาร์สหรัฐ)

3.4 ค่าอาร์สแควร์ (R2) ใช้เพื่อวัดความสามารถของแบบจำลองในการอธิบายความผันแปรของข้อมูลราคาหุ้น และตรวจสอบความสอดคล้อง (Correlation) ระหว่างทิศทางของราคาพยากรณ์กับทิศทางของราคาตลาดจริง

2. กรอบแนวคิด



รูปที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

3. วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโมเดลการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) และการเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning) สำหรับการพยากรณ์ราคาหุ้นบริษัท Alphabet Inc. (Google) โดยใช้ข้อมูลราคาหุ้นย้อนหลังรายวัน คณะผู้วิจัยได้ออกแบบกรอบแนวคิดการวิจัยอย่างเป็นระบบ ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนหลัก 6 ขั้นตอน ได้แก่ การรวบรวมและเตรียมข้อมูล วิศวกรรมคุณลักษณะ การแบ่งชุดข้อมูลเพื่อฝึกสอนและทดสอบ การสร้างโมเดล การประเมินประสิทธิภาพ และการสร้างแดชบอร์ด

4. การรวบรวมและเตรียมข้อมูล

1. ชุดข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

ในการดำเนินงานวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดให้การรวบรวมข้อมูลเป็นขั้นตอนปฐมภูมิที่มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อความแม่นยำของโมเดล โดยเลือกใช้ชุดข้อมูลทุติยภูมิ ของราคาหลักทรัพย์บริษัท Alphabet Inc. ภายใต้สัญลักษณ์การซื้อขาย GOOG จากแพลตฟอร์มคลังข้อมูลคากเกิล ซึ่งอ้างอิงฐานข้อมูลดิบมาจากระบบของ Yahoo Finance (Hadid, 2024) ชุดข้อมูลดังกล่าวมีลักษณะเป็นข้อมูลอนุกรมเวลาแบบรายวัน ที่บันทึกความเคลื่อนไหวของราคาหุ้นอย่างต่อเนื่อง ครอบคลุมระยะเวลายาวนานถึง 20 ปี นับตั้งแต่ปี ค.ศ. 2005 จนถึงปี 2024 รวมจำนวนข้อมูลทั้งสิ้นประมาณ 5,031 ระเบียน โดยภายในชุดข้อมูลประกอบด้วยตัวแปรพื้นฐานทางสถิติของตลาดทุนที่สำคัญ ได้แก่ ราคาเปิด ราคาสูงสุด ราคาต่ำสุด ราคาปิด ราคาปิดปรับปรุง และปริมาณการซื้อขาย ซึ่งตัวแปรเหล่านี้จะถูกนำมาใช้เป็นองค์ประกอบสารตั้งต้น ในขั้นตอนแรกสุดของการวิจัย เพื่อใช้เป็นตัวแปรนำเข้า สำหรับสร้างแบบจำลองในการพยากรณ์ราคาปิดของวันทำการถัดไป ซึ่งเป็นตัวแปรเป้าหมาย ดังรายละเอียดตารางที่ 1

ตารางที่ 1 รายละเอียดของชุดข้อมูล (Dataset Specification)

คุณลักษณะข้อมูล	รายละเอียด
แหล่งที่มาของข้อมูล	แพลตฟอร์ม Kaggle (อ้างอิงฐานข้อมูลดิบจาก Yahoo Finance)
บริษัท	หุ้นสามัญบริษัท Alphabet Inc. (สัญลักษณ์การซื้อขาย: GOOG)
ประเภทข้อมูล	ข้อมูลอนุกรมเวลาแบบรายวัน (Daily Time Series Data)
ช่วงเวลา	ค.ศ. 2005 – 2024 (ระยะเวลา 20 ปี)
จำนวนข้อมูล	5,031 ระเบียน (Records)
ตัวแปรนำเข้า	ข้อมูล , ราคาเปิด , ราคาสูงสุด , ราคาต่ำสุด , ราคาปิดปรับแล้ว , ปริมาณการซื้อขาย
ตัวแปรเป้าหมาย	ราคาปิดของวันทำการถัดไป (Close_{t+1}) สำหรับพยากรณ์ล่วงหน้า 1 วัน

2. เครื่องมือและสภาพแวดล้อม

เพื่อให้การทดลองเปรียบเทียบประสิทธิภาพของทั้ง 6 แบบจำลองเป็นไปตามมาตรฐานวิทยาศาสตร์ข้อมูล ผู้วิจัยได้คัดเลือกซอฟต์แวร์และไลบรารีที่มีความสอดคล้องกับโครงสร้างข้อมูลอนุกรมเวลาขนาดใหญ่ โดยแบ่งเครื่องมือออกเป็น 3 ส่วนหลัก ดังนี้

2.1 ภาษาโปรแกรมและสภาพแวดล้อมการพัฒนา ประกอบด้วย ภาษาไพธอน (Python) Visual Studio Code (VS Code) และระบบผู้ช่วยเขียนโปรแกรมด้วยปัญญาประดิษฐ์ (AI-Assisted Coding)

2.2 ไลบรารีสำหรับการจัดการและประมวลผลข้อมูล ก็จะมี แพนดา (Pandas) และนัมพาย (NumPy) ะสิทธิภาพสูง

2.3 ไลบรารีสำหรับปัญญาประดิษฐ์และการแสดงผล โดยใช้ Scikit-learn, TensorFlow และ Keras, XGBoost Library, Matplotlib และ Plotlyและ Streamlit

3. กระบวนการเตรียมข้อมูล

เพื่อให้ข้อมูลราคาหุ้นบริษัท Alphabet Inc. (GOOG) มีความพร้อมสำหรับการประมวลผลผ่านปัญญาประดิษฐ์ ผู้วิจัยได้ดำเนินการเตรียมข้อมูลผ่านขั้นตอนเชิงระบบ

3.1 การทำความสะอาดข้อมูล

ในการดำเนินการทำความสะอาดข้อมูล ผู้วิจัยพบว่าชุดข้อมูลดิบ ที่นำเข้ามาในระบบมีจำนวนเริ่มต้นทั้งสิ้น 5,031 ระเบียน อย่างไรก็ตาม เมื่อผ่านการตรวจสอบด้วยฟังก์ชันของไลบรารี Pandas พบว่ามีระเบียนบางส่วนที่มีค่าสูญหาย ซึ่งเกิดจากวันหยุดนักขัตฤกษ์ของตลาดหลักทรัพย์สหรัฐอเมริกา และมีบางระเบียนที่เป็นค่าผิดปกติ เช่น วันที่มีปริมาณการซื้อขาย เป็นศูนย์ซึ่งอาจเกิดจากข้อผิดพลาดของระบบบันทึกข้อมูลต้นทาง คณะผู้วิจัยจึงดำเนินการขจัดข้อมูลที่ไม่สมบูรณ์เหล่านี้ออกไปจากระบบทั้งหมดเพื่อไม่ให้ส่งผลกระทบต่อความต่อเนื่องของอนุกรมเวลา การดำเนินการดังกล่าวส่งผลให้ชุดข้อมูลที่ผ่านการทำความสะอาดแล้ว คงเหลือจำนวนทั้งสิ้น 4,812 ระเบียน

3.2 การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงสำรวจ (EDA)

ภายหลังเสร็จสิ้นกระบวนการทำความสะอาดข้อมูล คณะผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงสำรวจ (EDA) เพื่อตรวจสอบโครงสร้าง พฤติกรรม และความสัมพันธ์ทางสถิติที่ซ่อนอยู่ภายในชุดข้อมูลราคาหุ้น Alphabet Inc. (GOOG) ตลอดระยะเวลา 20 ปี ขั้นตอนนี้ถือเป็นหัวใจสำคัญในการวินิจฉัยสุขภาพของข้อมูลก่อนนำเข้าสู่กระบวนการสร้างแบบจำลอง โดยคณะผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ในมิติหลัก ดังนี้

3.2.1 การวิเคราะห์แนวโน้มและความนิ่งของข้อมูลผู้วิจัยเริ่มต้นจากการพิจารณาภาพรวมของข้อมูลในเชิงทัศนภาพผ่านกราฟเส้นราคาปิดย้อนหลัง

3.2.2 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรในมิติของความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรคณะผู้วิจัยพบปัญหาภาวะร่วมเส้นตรงพหุ โดยตัวแปรราคาเปิด ราคาปิด ราคาสูงสุด และราคาต่ำสุด มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สูงมากจนให้ข้อมูลที่ซ้อนทับกัน

3.3 การปรับมาตรวัดข้อมูล (Min-max scaling)

ภายหลังจากการทำความสะอาดข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงสำรวจ ผู้วิจัยพบความแตกต่างของขนาดข้อมูลในแต่ละตัวแปรอย่างมหาศาล เช่น ราคาปิด ของหุ้น Google มีค่าเฉลี่ยอยู่ในหลักร้อยถึงพันดอลลาร์ ในขณะที่ปริมาณการซื้อขายมีค่าสูงถึงระดับหลายสิบล้านระเบียน หากนำข้อมูลที่มีมาตรวัดแตกต่างกันเช่นนี้เข้าสู่กระบวนการฝึกสอนโดยตรงแบบจำลองปัญญาประดิษฐ์จะเกิดความเอนเอียงทางคณิตศาสตร์ โดยจะให้น้ำหนักความสำคัญกับตัวแปรที่มีค่าตัวเลขสูงกว่ามากเกินไปส่งผลให้อัลกอริทึมมองข้ามความสัมพันธ์ของตัวแปรที่มีค่าตัวเลขน้อยกว่า คณะผู้วิจัยจึงดำเนินการปรับมาตรวัดข้อมูลผ่านเทคนิค Min-Max Normalization

3.3.1 ความจำเป็นของการปรับมาตรวัดจากข้อมูลจริง (Data Range Analysis)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงสำรวจ (EDA) บนชุดข้อมูลหุ้น Alphabet Inc. ผู้วิจัยพบความแตกต่างของพิสัยข้อมูล (Range) ระหว่างตัวแปรอิสระอย่างมีนัยสำคัญ ดังแสดงในตารางที่ 2 ซึ่งหากไม่มีการปรับมาตรฐาน จะส่งผลให้โมเดลเกิดความเอนเอียงไปให้ความสำคัญกับตัวแปรที่มีค่ามหาศาลอย่าง "ปริมาณการซื้อขาย" เพียงอย่างเดียว ดังรายละเอียดตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ค่าสถิติสูงสุดและต่ำสุดของตัวแปรสำคัญก่อนการปรับมาตรวัด

ตัวแปร (Variables)	ค่าต่ำสุด (Min)	ค่าสูงสุด (Max)	หน่วย (Unit)
ราคาปิด (Close Price)	2.49	207.71	ดอลลาร์สหรัฐ
ปริมาณการซื้อขาย (Volume)	158,434	1,650,832,619	หุ้น

จากตารางจะเห็นได้ว่า ค่าสูงสุดของปริมาณการซื้อขายมีค่ามากกว่าราคาปิดถึงกว่า 7.9 ล้านเท่า ผู้วิจัยจึงดำเนินการปรับมาตรวัดข้อมูลผ่านเทคนิค Min-Max Normalization เพื่อบีบอัดข้อมูลทั้งหมดให้อยู่ในระนาบ [0, 1] อย่างสมบูรณ์

3.3.2 ขั้นตอนการปฏิบัติและเครื่องมือที่ใช้

ผู้วิจัยใช้ไลบรารี Scikit-learn ผ่านฟังก์ชัน MinMaxScaler เพื่อทำการบีบอัดช่วงของตัวเลขในทุกคุณลักษณะให้อยู่ภายใต้กรอบระนาบเดียวกันคือระหว่าง 0 ถึง 1 โดยกระบวนการนี้จะช่วยให้ฟังก์ชันกระตุ้นภายในเลเยอร์ของโมเดล Deep Learning เช่น Sigmoid และ Tanh สามารถประมวลผลและคำนวณค่าความชัน เพื่อปรับค่าน้ำหนักได้อย่างมีเสถียรภาพและลู่เข้าหาคำตอบได้รวดเร็วยิ่งขึ้น สอดคล้องกับแนวทางของ Goodfellow et al. (2016)

3.3.3 ตัวอย่างการคำนวณจริง (Calculation Example)

เพื่อให้เห็นภาพกระบวนการทำงานที่ชัดเจน ผู้วิจัยขอยกตัวอย่างการคำนวณปรับค่าราคาปิดสูงสุด (207.71) ให้กลายเป็นค่ามาตรฐานด้วยสมการ Min-Max ดังนี้

$$X_{norm} = \frac{207.71 - 2.49}{207.71 - 2.49} = \frac{205.22}{205.22} = 1.0 \qquad (1)$$

กระบวนการนี้ทำให้มั่นใจได้ว่าไม่ว่าราคาหุ้นจะแกว่งตัวรุนแรงเพียงใด ค่าที่ป้อนเข้าสู่โครงข่ายประสาทเทียมจะมีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 เสมอ ซึ่งช่วยลดภาระการคำนวณของฟังก์ชัน Activation (เช่น Sigmoid หรือ Tanh) ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

5. การสร้างคุณลักษณะเชิงลึก (Feature Engineering)

เพื่อให้แบบจำลองสามารถดักจับความซับซ้อนของกลไกตลาดได้อย่างมีประสิทธิภาพ คณะผู้วิจัยทำได้ดำเนินการสร้างคุณลักษณะ เพิ่มเติมจากข้อมูลหุ้น Alphabet Inc. (Google) เนื่องจากข้อเท็จจริงที่ว่าราคาปิดเพียงตัวแปรเดียวไม่สามารถสะท้อนบริบทและแรงซื้อขายที่ซ่อนอยู่ได้ทั้งหมด คณะผู้วิจัยจึงนำตัวแปรพื้นฐานมาผ่านกระบวนการทางคณิตศาสตร์และการแปลงสภาพ อย่างเป็นระบบ โดยแบ่งขั้นตอนการสร้างคุณลักษณะออกเป็น 4 ส่วนหลัก ดังต่อไปนี้

1. การสร้างคุณลักษณะส่วนต่างราคา (Price Difference)

ขั้นตอนแรกของการแปลงสภาพข้อมูลคือการจัดการกับสภาวะความไม่คงที่ ของข้อมูลราคาหุ้น ซึ่งมักจะเคลื่อนที่โดยมีแนวโน้มหลัก ผสมอยู่ ผู้วิจัยดำเนินการสร้างคุณลักษณะส่วนต่างราคา โดยการนำราคาปิดของวันทำการปัจจุบัน หักลบด้วยราคาปิดของวันทำการก่อนหน้า การคำนวณในลักษณะนี้เป็นการทำอนุพันธ์อันดับที่หนึ่ง ซึ่งมีจุดประสงค์เพื่อล้างค่าแนวโน้มสะสม ออกจากชุดข้อมูล ดังรายละเอียดตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ตัวอย่างการคำนวณส่วนต่างราคา

วันที่	Close_t	Close_(t-1)	Price_Diff
t1	2.4991	–	–
t2	2.6976	2.4991	0.1985
t3	2.7248	2.6976	0.0272
t4	2.6120	2.7248	-0.1128
t5	2.6401	2.6120	0.0281

จากตารางที่ 3 แสดงตัวอย่างกระบวนการคำนวณคุณลักษณะ Price Difference ซึ่งเกิดจากการทำ First-order Differencing ของราคาปิด โดยค่าที่ได้สะท้อนอัตราการเปลี่ยนแปลงของราคาหุ้นระหว่างวัน และช่วยลดความไม่คงที่ของข้อมูล ทำให้แบบจำลองสามารถเรียนรู้พฤติกรรมการแกว่งตัวของราคาได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2. การสร้างคุณลักษณะข้อมูลย้อนหลัง (Lag Feature)

เนื่องจากโมเดลในกลุ่มการเรียนรู้ของเครื่อง เช่น Random Forest และ XGBoost เป็นโมเดลที่พิจารณาข้อมูลแบบระเบียนเดี่ยวและไม่มีระบบหน่วยความจำ ผู้วิจัยจึงต้องสร้างสภาพแวดล้อมที่ทำให้แบบจำลองเหล่านี้สามารถรับรู้เหตุการณ์ในอดีตได้ ผู้วิจัยประยุกต์ใช้เทคนิคการเลื่อนแถวข้อมูล ย้อนหลังตามแกนเวลาเพื่อสร้างคุณลักษณะล่าช้า โดยดึงค่าราคาปิดและปริมาณการซื้อขายย้อนหลัง 1 วัน, 2 วัน, 3 วัน, 5 วัน (เทียบเท่า 1 สัปดาห์การซื้อขาย) และ 10 วัน (เทียบเท่า 2 สัปดาห์) มาสร้างเป็นคอลัมน์ตัว

แปรนำเข้าอิสระชุดใหม่ การดำเนินการนี้ตั้งอยู่บนหลักการพึ่งพาตนเองในอดีต เพื่อให้โมเดลสามารถประเมินแรงส่งของราคาในอดีตมาประกอบการตัดสินใจพยากรณ์อนาคตได้ ทั้งนี้ กระบวนการเลื่อนข้อมูลจะทำให้เกิดค่าสูญหายในแถวข้อมูล 10 วันแรกของชุดข้อมูล ผู้วิจัยจึงดำเนินการตัดแถวข้อมูลช่วงต้นเหล่านั้นทิ้งเพื่อรักษาสมดุลและความถูกต้องของการคำนวณทางคณิตศาสตร์ (Mneirji & Göransson Hörnfeldt, 2025) ดังรายละเอียดตารางที่ 4

ตารางที่ 4 การสร้างคุณลักษณะข้อมูลย้อนหลัง

ลำดับ	ตัวแปรต้นฉบับ	Lag ที่ใช้	ชื่อตัวแปรใหม่	คำอธิบาย
1	Close Price	Lag 1	Close_lag1	ราคาปิดย้อนหลัง 1 วัน
2	Close Price	Lag 2	Close_lag2	ราคาปิดย้อนหลัง 2 วัน
3	Close Price	Lag 3	Close_lag3	ราคาปิดย้อนหลัง 3 วัน
4	Close Price	Lag 5	Close_lag5	ราคาปิดย้อนหลัง 5 วัน
5	Close Price	Lag 10	Close_lag10	ราคาปิดย้อนหลัง 10 วัน
6	Volume	Lag 1	Volume_lag1	ปริมาณซื้อขายย้อนหลัง 1 วัน
7	Volume	Lag 2	Volume_lag2	ปริมาณซื้อขายย้อนหลัง 2 วัน
8	Volume	Lag 3	Volume_lag3	ปริมาณซื้อขายย้อนหลัง 3 วัน
9	Volume	Lag 5	Volume_lag5	ปริมาณซื้อขายย้อนหลัง 5 วัน
10	Volume	Lag 10	Volume_lag10	ปริมาณซื้อขายย้อนหลัง 10 วัน

จากตารางที่ 4 คณะผู้วิจัยได้สร้างคุณลักษณะข้อมูลย้อนหลัง จากตัวแปรราคาปิดและปริมาณการซื้อขาย โดยใช้เทคนิคการเลื่อนข้อมูลตามแกนเวลา ที่ช่วงเวลา 1, 2, 3, 5 และ 10 วัน เพื่อให้แบบจำลองสามารถเรียนรู้

ความสัมพันธ์ของข้อมูลในอดีตและนำไปใช้ในการพยากรณ์ค่าในอนาคต ทั้งนี้ การสร้าง Lag Feature ส่งผลให้เกิดค่าที่หายไปในช่วงต้นของชุดข้อมูล ผู้วิจัยจึงดำเนินการตัดแถวข้อมูลดังกล่าวออกก่อนนำไปฝึกโมเดล

3. การบูรณาการดัชนีทางเทคนิค นอกเหนือจากข้อมูลราคาดิบ ผู้วิจัยได้บูรณาการตัวชี้วัดทางสถิติทางการเงินเข้ามาเป็นตัวแปรนำเข้า เพื่อเป็นการจำลองและถ่ายทอดองค์ความรู้ของผู้เชี่ยวชาญ (Domain Knowledge) เข้าสู่อัลกอริทึม ซึ่งประกอบด้วย 3 ตัวชี้วัดหลัก ได้แก่ เส้นค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ (SMA) : ผู้วิจัยใช้กรอบเวลา 20 วันในการหาค่าเฉลี่ยเลขคณิต ดัชนีกำลังสัมพัทธ์ (RSI) : คำนวณจากค่าเฉลี่ยของผลกำไรและขาดทุนในรอบ 14 วัน และออสซิลเลเตอร์ MACD : คำนวณจากการลบกันของเส้นค่าเฉลี่ย Exponential 12 วันและ 26 วัน เพื่อให้โมเดลใช้เป็นสัญญาณตรวจจับการเกิดจุดตัดของราคาและจุดกลับตัวของแนวโน้มหลัก การป้อนคุณลักษณะที่ผ่านการประมวลผลเชิงวิเคราะห์เหล่านี้ จะช่วยลดภาระของแบบจำลองในการค้นหารูปแบบด้วยตนเอง และเพิ่มความรวดเร็วในการลู่เข้าหาคำตอบ (Livieris et al., 2020) ดังรายละเอียดตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ตัวอย่างค่าดัชนีทางเทคนิคที่สร้างขึ้น

Date	Close	SMA20	RSI14	MACD
t-3	100	98.5	55.2	1.20
t-2	102	99.1	60.4	1.35
t-1	101	99.8	58.7	1.28
t	103	100.4	63.5	1.42

4. การประยุกต์ใช้เทคนิคหน้าต่างข้อมูล (Sliding Window)

ขั้นตอนสุดท้ายของการเตรียมคุณลักษณะ ซึ่งมีความสำคัญอย่างยิ่งยวดต่อแบบจำลองกลุ่มการเรียนรู้เชิงลึกคือการจัดเตรียมโครงสร้างข้อมูลเชิงเวลา ผู้วิจัยประยุกต์ใช้เทคนิคหน้าต่างข้อมูล ด้วยการนำข้อมูลที่ผ่านกระบวนการแปลงสภาพทั้งหมดแล้ว มาจัดกลุ่มมัดรวมกันโดยกำหนดขนาดหน้าต่างที่ 60 วันทำการ เพื่อสร้างเป็นโครงสร้างข้อมูลลำดับเวลา ดังรายละเอียดตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ตารางตัวอย่าง Sliding Window

Window	Input (60 วันย้อนหลัง)	Target
1	Day1 ⟶ Day60 (ทุก feature)	Close Day61
2	Day2 ⟶ Day61 (ทุก feature)	Close Day62
3	Day3 ⟶ Day62 (ทุก feature)	Close Day63

จากตารางที่ 6 แสดงตัวอย่างการประยุกต์ใช้เทคนิค Sliding Window โดยกำหนดขนาดหน้าต่างข้อมูลย้อนหลัง 60 วัน ซึ่งประกอบด้วยคุณลักษณะด้านราคา ปริมาณการซื้อขาย Lag Features และตัวชี้วัดทางเทคนิค เพื่อสร้างโครงสร้างข้อมูลลำดับเวลา สำหรับใช้เป็นตัวแปรนำเข้าในการทำนายราคาปิดในวันถัดไป โดยหน้าต่างข้อมูลจะถูกเลื่อนไปข้างหน้าทีละ 1 วันอย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้ได้ชุดข้อมูลตัวอย่างจำนวนมากสำหรับการฝึกแบบจำลองเชิงลึก

การแบ่งชุดข้อมูลเพื่อฝึกสอนและทดสอบ

กระบวนการแบ่งชุดข้อมูล ถือเป็นขั้นตอนหัวใจสำคัญที่จะชี้วัดว่าโมเดลปัญญาประดิษฐ์มีความสามารถในการวางนัยทั่วไป หรือสามารถนำไปใช้งานจริงกับข้อมูลที่ไม่เคยเห็นมาก่อนได้ดีเพียงใด ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดสถาปัตยกรรมการแบ่งข้อมูลออกเป็น 2 กลไกหลักที่ทำงานสอดประสานกัน ได้แก่ การแบ่งชุดข้อมูลแบบคงที่ตามลำดับเวลา และการตรวจสอบไขว้แบบขยายกรอบเวลา การแบ่งชุดข้อมูลในอัตราส่วน 70/30 ถูกเลือกใช้เนื่องจากเป็นแนวทางมาตรฐานที่ได้รับความนิยมในงานวิจัยด้านการพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลาและการเรียนรู้ของเครื่อง โดยสัดส่วนดังกล่าวช่วยสร้างสมดุลระหว่างปริมาณข้อมูลสำหรับการฝึกแบบจำลองและข้อมูลสำหรับการประเมินผลกับข้อมูลที่ไม่เคยเห็นมาก่อน นอกจากนี้งานวิจัยยังใช้การแบ่งข้อมูลตามลำดับเวลา (Chronological Split) เพื่อป้องกันปัญหา Data Leakage และสะท้อนสถานการณ์จริงของการพยากรณ์ราคาหุ้น อย่างไรก็ตาม อัตราส่วน 70/30 ไม่ได้ถือว่าเป็นสัดส่วนที่ดีที่สุดในทุกกรณี แต่เป็นสัดส่วนที่เหมาะสมกับลักษณะข้อมูลและวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ โดยผู้วิจัยได้เพิ่มความเข้มแข็งในการประเมินผลผ่านเทคนิค Time Series Cross-Validation แบบ 5-fold และ 10-fold เพื่อยืนยันเสถียรภาพและความสามารถในการวางนัยทั่วไปของแบบจำลองเพิ่มเติมอีกระดับหนึ่ง

ในการแบ่งช่วงเวลา ปี ค.ศ. ในตารางการแบ่งข้อมูล มีความสัมพันธ์โดยตรงกับหลักการของการพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลา (Time Series Forecasting) และเป็นหัวใจสำคัญของการออกแบบงานวิจัยด้านราคาหุ้น เนื่องจากข้อมูลทางการเงินมีลักษณะ “ขึ้นกับลำดับเวลา” (Temporal Dependency) กล่าวคือ ข้อมูลในอดีตจะส่งผลต่อพฤติกรรมของข้อมูลในอนาคตอย่างต่อเนื่อง ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยกำหนดช่วงเวลา ไว้ 2 ช่วงได้แก่

ปี ค.ศ. 2005–2018 เป็นชุดฝึกสอน (Training Set)

ปี ค.ศ. 2019–2024 เป็นชุดทดสอบ (Testing Set)

การกำหนดช่วงเวลาดังกล่าวไม่ได้เป็นเพียงการ แบ่งปี ตามสัดส่วน 70/30 เท่านั้น แต่เป็นการจำลองสถานการณ์จริงของนักลงทุนและระบบปัญญาประดิษฐ์ ที่ต้องใช้ข้อมูลในอดีตเพื่อพยากรณ์เหตุการณ์ในอนาคตที่ยังไม่เกิดขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับหลักการ Forecasting: Principles and Practice ของ Hyndman และ Athanasopoulos (2018) ที่ระบุว่าการแบ่งข้อมูลสำหรับอนุกรมเวลาจะต้องรักษาลำดับเวลาเดิมไว้เสมอ เพื่อป้องกันปัญหา Data Leakage

ในเชิงวิชาการ ช่วงเวลา มีบทบาทสำคัญต่อการเรียนรู้ของโมเดล เนื่องจากตลาดหุ้นในแต่ละยุคมีลักษณะทางเศรษฐกิจและพฤติกรรมตลาดที่แตกต่างกัน เช่น ช่วงปี 2008 เกิดวิกฤตซับไพรม์ ช่วงปี 2020 เกิดวิกฤต COVID-19 และช่วงปี 2023–2024 ตลาดได้รับอิทธิพลจากกระแส AI Boom

ดังนั้น การให้โมเดลเรียนรู้ข้อมูลในช่วงปี 2005–2018 ทำให้โมเดลสามารถเรียนรู้รูปแบบของ: ตลาดกระทิง (Bull Market) ตลาดหมี (Bear Market) ความผันผวนรุนแรง (High Volatility) และ การฟื้นตัวทางเศรษฐกิจ ในช่วงเวลาที่ยาวถึง 20 ปี ยังช่วยเพิ่ม “ความหลากหลายของสภาวะตลาด” (Market Regime Diversity) ซึ่งมีความสำคัญต่อโมเดลกลุ่ม Deep Learning และ Ensemble Learning เช่น XGBoost LSTM GRU CNN-LSTM เพราะโมเดลเหล่านี้ต้องการข้อมูลจำนวนมากและหลากหลายเพื่อเรียนรู้ความสัมพันธ์เชิงซับซ้อนของตลาดทุนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

กลไกที่ 1: การแบ่งชุดข้อมูลอัตราส่วน 70/30 ตามลำดับเวลา

คณะผู้วิจัยได้กำหนดสัดส่วนการแบ่งชุดข้อมูลหลักออกเป็นร้อยละ 70 สำหรับชุดฝึกสอน ซึ่งคิดเป็นจำนวนข้อมูลประมาณ 3,368 ระเบียน และร้อยละ 30 สำหรับชุดทดสอบ ดังรายละเอียดตารางที่ 7

ตารางที่ 7 การแบ่งชุดข้อมูลอัตราส่วน 70/30 ตามลำดับเวลา

ชุดข้อมูล	สัดส่วน (%)	จำนวนระเบียน	ช่วงเวลา (ปี ค.ศ.)	วัตถุประสงค์
Training Set	70%	3,368	2005 – 2018	ใช้ฝึกแบบจำลองเพื่อเรียนรู้รูปแบบของข้อมูลย้อนหลัง
Testing Set	30%	1,444	2019 – 2024	ใช้ประเมินประสิทธิภาพการพยากรณ์ของแบบจำลองกับข้อมูลที่ไม่เคยเห็น

จากตารางที่ 7 แสดงการแบ่งชุดข้อมูลตามลำดับเวลา โดยคณะผู้วิจัยกำหนดสัดส่วนร้อยละ 70 สำหรับชุดฝึกสอน และร้อยละ 30 สำหรับชุดทดสอบ เพื่อให้แบบจำลองสามารถเรียนรู้จากข้อมูลในอดีตและประเมินผลกับข้อมูลอนาคตได้อย่างสมจริง ทั้งนี้ผู้วิจัยหลีกเลี่ยงการใช้เทคนิคการสุ่มแบ่งข้อมูลเนื่องจากอาจก่อให้เกิดปัญหา Data Leakage และทำให้ผลการประเมินมีความคลาดเคลื่อนจากสถานการณ์จริงของการพยากรณ์อนุกรมเวลา

กลไกที่ 2 : การตรวจสอบไขว้สำหรับข้อมูลอนุกรมเวลา

แม้การแบ่งข้อมูลแบบ 70/30 จะเป็นมาตรฐานที่ได้รับการยอมรับ แต่สำหรับข้อมูลตลาดทุนที่มีความผันผวนสูงและมีการเปลี่ยนสภาวะตลาด อยู่ตลอดเวลา การประเมินประสิทธิภาพแบบจำลองเพียงครั้งเดียวผ่านชุดทดสอบชุดเดียวอาจไม่เพียงพอต่อการยืนยันความเสถียร คณะผู้วิจัยจึงได้บูรณาการเทคนิคการตรวจสอบไขว้สำหรับข้อมูลอนุกรมเวลา เข้ามาใช้ในขั้นตอนการฝึกสอนเพิ่มเติม โดยทดสอบทั้งในระดับ 5 ส่วน และ 10 ส่วน

6. การสร้างโมเดล

ในขั้นตอนนี้ ผู้วิจัยได้นำชุดข้อมูลอนุกรมเวลาที่ผ่านกระบวนการวิศวกรรมคุณลักษณะ (Feature Engineering) และการจัดรูปแบบหน้าต่างเวลา (Sliding Window) ขนาด 60 วัน มาใช้เป็นข้อมูลนำเข้า (Input) เพื่อสร้างและฝึกสอนแบบจำลองพยากรณ์จำนวน 6 อัลกอริทึม โดยแบ่งการพัฒนาออกเป็นกลุ่มการเรียนรู้ของเครื่อง และกลุ่มการเรียนรู้เชิงลึกเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพเชิงลึก ทั้งนี้ ทุกโมเดลได้รับการตั้งค่ากลไกการสุ่ม (Random State = 42) เพื่อให้การทดลองมีความโปร่งใสและสามารถทำซ้ำได้ (Reproducibility) โดยมีรายละเอียดการออกแบบของแต่ละโมเดลดังต่อไปนี้

1. กลุ่มโมเดลการเรียนรู้ของเครื่อง

1.1 โมเดลการถดถอยเชิงเส้น

โมเดลนี้คำนวณค่าน้ำหนัก (Weights) ของแต่ละตัวแปรผ่านวิธีการกำลังสองน้อยที่สุด (Ordinary Least Squares: OLS) เพื่อหาเส้นตรงที่เบี่ยงเบนจากจุดข้อมูลจริงน้อยที่สุด ตามแนวทางของ Montgomery et al. (2021) ที่ระบุว่า OLS เป็นวิธีการมาตรฐานที่มีประสิทธิภาพในการประมาณค่าพารามิเตอร์สำหรับตัวแบบการถดถอย โดยมีรายละเอียดการกำหนดพารามิเตอร์ ดังรายละเอียดตารางที่ 8

ตารางที่ 8 รายละเอียดการกำหนดค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลองการถดถอยเชิงเส้น

รายการพารามิเตอร์	ค่าที่กำหนดในการวิจัย	วิธีการเลือกค่า/อ้างอิง
Window Size	60 วัน	อ้างอิงจากพฤติกรรมราคารายไตรมาส เพื่อสะท้อนข้อมูลย้อนหลังที่เพียงพอ
Fit Intercept	True	กำหนดเพื่อคำนวณหาค่าคงที่ของตัวแบบ (β_0)
Scaling Method	MinMaxScaler (0, 1)	ใช้เพื่อปรับสเกลข้อมูลให้อยู่ในช่วงเดียวกัน ลดผลกระทบจากความต่างของช่วงราคา
Random State	42	กำหนดเพื่อให้การทดลองสามารถทำซ้ำได้ (Reproducibility)

1.2 โมเดลแรนดอมฟอเรสต์ (Random Forest)

คณะผู้วิจัยได้ประยุกต์ใช้เทคนิคการเรียนรู้แบบรวมกลุ่ม (Ensemble Learning) ประเภท Bagging (Bootstrap Aggregating) เพื่อจัดการกับโครงสร้างข้อมูลที่มีความซับซ้อนและความสัมพันธ์แบบไม่เชิงเส้นของราคาหุ้น Alphabet Inc. โดยแบบจำลองนี้ทำงานด้วยการสร้างต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Trees) จำนวนมากที่ทำงานเป็นอิสระต่อกัน และใช้ค่าเฉลี่ยจากผลลัพธ์ของต้นไม้ทุกต้นในการพยากรณ์เพื่อลดความแปรปรวน (Variance) ดังรายละเอียดตารางที่ 9

ตารางที่ 9 รายละเอียดการกำหนดค่าพารามิเตอร์ของโมเดลแรนดอมฟอเรสต์

รายการพารามิเตอร์	ค่าที่กำหนดในการวิจัย	วิธีการเลือกค่า / เหตุผล
Window Size	60 วัน	ครอบคลุมพฤติกรรมราคาย้อนหลัง 1 ไตรมาส
n_estimators	100	ค่าเริ่มต้นมาตรฐานที่ให้ความแม่นยำและความเสถียร
random_state	42	เพื่อควบคุมการทำซ้ำของการทดลอง
n_jobs	-1	ใช้ CPU ทุกคอร์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการคำนวณ
Scaling Method	MinMaxScaler (-1,1)	เหมาะกับข้อมูล Diff และลดผลกระทบ outlier
Learning Target	Diff Mode	ลดปัญหา non-stationary ของข้อมูลราคา
Model Type	RandomForestRegressor	ตัวแบบ ensemble สำหรับจับ nonlinear pattern

1.3 โมเดลเอ็กซ์จีบูสต์ (Extreme Gradient Boosting: XGBoost)

คณะผู้วิจัยสร้างโมเดล เอ็กซ์จีบูสต์ เพื่อยกระดับความแม่นยำในการตรวจจับทิศทางราคาที่มีสัญญาณรบกวนสูง ผ่านกลไกการเรียนรู้แบบต่อเนื่อง (Sequential Boosting) โดยอาศัยหลักการสร้างต้นไม้ตัดสินใจทีละต้นเพื่อให้ต้นไม้ลำดับถัดไปเรียนรู้และแก้ไขข้อผิดพลาด (Residuals) จากลำดับก่อนหน้าอย่างเป็นระบบ ดังรายละเอียดตารางที่ 10

ตารางที่ 10 รายละเอียดการกำหนดค่าพารามิเตอร์ของโมเดลเอ็กซ์จีบูสต์

รายการพารามิเตอร์	ค่าที่กำหนดในการวิจัย	วิธีการเลือกค่า/เหตุผล
Window Size	60 วัน	ใช้สร้าง Sliding Window เพื่อเรียนรู้รูปแบบย้อนหลัง
n_estimators	100	จำนวนต้นไม้เพื่อเพิ่มความแม่นยำของ Ensemble
learning_rate	0.1	ควบคุมอัตราการเรียนรู้ ลดความเสี่ยง overfitting
max_depth	5	จำกัดความลึกต้นไม้เพื่อควบคุมความซับซ้อน
random_state	42	เพื่อให้ผลลัพธ์สามารถทำซ้ำได้
Scaling Method	MinMaxScaler (-1,1)	ปรับสเกล Diff Mode ให้เหมาะกับโมเดล

2. กลุ่มโมเดลการเรียนรู้เชิงลึก

คณะผู้วิจัยได้สร้างโมเดลโครงข่ายประสาทเทียมผ่านไลบรารี TensorFlow และ Keras โดยกำหนดให้ทุกโมเดลในกลุ่มนี้ใช้ตัวปรับค่าเหมาะสม Adam Optimizer ด้วยอัตราการเรียนรู้ (Learning Rate) ที่ 0.001 และประมวลผลด้วยขนาดแบทช์ (Batch Size) เท่ากับ 32 พร้อมทั้งใช้กลไก EarlyStopping (Patience = 5) เพื่อป้องกันการฝึกสอนที่นานเกินไปจนเกิด Overfitting โดยมีรายละเอียดเชิงลึกของแต่ละโมเดลดังนี้

2.1 โครงข่ายความจำระยะสั้นและระยะยาว (Long Short-Term Memory: LSTM)

โครงข่ายนี้ประกอบด้วยชั้นหน่วยความจำหลัก 2 ชั้น ชั้นแรกกำหนดขนาดไว้ที่ 64 นิวรอน โดยมีการตั้งค่าพารามิเตอร์ return_sequences = True ซึ่งมีความสำคัญอย่างยิ่งในการรักษาโครงสร้างข้อมูลแบบลำดับ (Temporal Order) เพื่อส่งต่อข้อมูลไปยังชั้นถัดไปในรูปแบบอาร์เรย์ 3 มิติ แทนที่จะส่งเพียงค่าสุดท้ายเพียงค่าเดียว ส่วนชั้นที่สองมีขนาด 32 นิวรอน ทำหน้าที่ประมวลผลข้อมูลที่ผ่านการคัดกรองมาจากชั้นแรก

เพื่อเพิ่มความสามารถในการวางนัยทั่วไป (Generalization) และป้องกันไม่ให้แบบจำลองจดจำสัญญาณรบกวน (Noise) ของตลาดหุ้นมากเกินไป ผู้วิจัยได้แทรกชั้น Dropout ในอัตรา 0.2 ไว้หลังชั้น LSTM ในทุกระดับ การดำเนินการนี้เป็นการสุ่มตัดการเชื่อมต่อของนิวรอนในอัตราร้อยละ 20 ระหว่างกระบวนการฝึกสอน เพื่อบังคับให้โครงข่ายเรียนรู้คุณลักษณะที่แข็งแกร่ง (Robust Features) จากหลายแหล่ง สอดคล้องกับหลักการของ Kaur & Sharma (2023) ก่อนที่ข้อมูลจะถูกส่งไปยังชั้น Dense ขนาด 16 นิวรอน ซึ่งใช้ฟังก์ชันกระตุ้นแบบ ReLU (Rectified Linear Unit) เพื่อรวบรวมและแปลงผลลัพธ์สุดท้ายให้เป็นค่าพยากรณ์ราคาที่แม่นยำ ดังรายละเอียดตารางที่ 11

ตารางที่ 11 รายละเอียดการกำหนดค่าพารามิเตอร์ของโมเดลหน่วยความจำระยะสั้นและยาว

พารามิเตอร์	ค่าที่กำหนด	คำอธิบาย / เหตุผล
Window size	60	ขนาดหน้าต่างย้อนหลัง (days) ใช้สร้าง sequence input
Feature scaling	MinMaxScaler (0,1)	ปรับค่าข้อมูลให้อยู่ในช่วง [0,1] เพื่อช่วยให้ LSTM เรียนรู้ได้เสถียร
Input shape	(60, 1)	(timesteps, features) — reshape เป็น 3D สำหรับ LSTM
LSTM layer 1 units	64	ชั้นแรก return_sequences=True เพื่อส่งต่อลำดับไปยังชั้นถัดไป
Dropout (หลังชั้น1)	0.2	ป้องกัน overfitting
LSTM layer 2 units	32	ชั้นสุดท้ายของ LSTM ก่อนเข้าสู่ Dense
Dropout (หลังชั้น2)	0.2	ป้องกัน overfitting
Dense hidden units	16 (activation='relu')	เฟสการรวมคุณลักษณะก่อน output
Output layer	Dense(1)	ค่าพยากรณ์หนึ่งค่า (price หรือ diff)
Optimizer	Adam	optimizer ยอดนิยมสำหรับ DL
Learning rate	0.001	ค่าเริ่มต้นที่ใช้ในโค้ดเพื่อให้การเรียนรู้คงที่
Batch size	32	ขนาดแบทช์ในการฝึก

2.2 โครงข่ายลูกผสม (CNN-LSTM Neural Network)

คณะผู้วิจัยพัฒนาโมเดลไฮบริดโดยใช้ชั้น Conv1D (64 Filters, Kernel=3) เพื่อสกัดคุณลักษณะเด่นเชิงพื้นที่ (Spatial Features) และใช้ MaxPooling1D (Pool=2) ขจัดสัญญาณรบกวนจากข้อมูลหน้าต่างเวลา 60 วัน ตามแนวทางของ Aadhitya et al. (2023) จากนั้นส่งต่อแผนผังคุณลักษณะ (Feature Maps) ให้ชั้น LSTM 2 ชั้น (ชั้นละ 50 นิวรอน) วิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงเวลาในระยะยาว (Long-term Dependencies) พร้อมกำหนด Dropout 0.2 เพื่อลด Overfitting สอดคล้องกับ Yan et al. (2024) ที่ระบุว่าโครงสร้างลูกผสมช่วยลดอัตราความคลาดเคลื่อนได้ดีกว่าโมเดลเดี่ยว 15-20% โดยมีการใช้ ReduceLROnPlateau เพื่อเพิ่มความละเอียดในการปรับค่าน้ำหนักระหว่างการฝึกสอน ดังรายละเอียดตารางที่ 12

ตารางที่ 12 รายละเอียดการกำหนดค่าพารามิเตอร์ของโมเดลผสมโครงข่ายประสาทคอนโวลูชันและหน่วยความจำระยะสั้นยาว

รายการพารามิเตอร์	ค่าที่กำหนดในการวิจัย	เหตุผล / คำอธิบาย
Window Size	60 วัน	ใช้สร้างลำดับข้อมูลย้อนหลังสำหรับการเรียนรู้อนุกรมเวลา
Scaling Method	MinMaxScaler (0,1)	ปรับช่วงข้อมูลเพื่อลดผลกระทบจากความผันผวน
Input Shape	(60, 1)	รูปแบบข้อมูล 3 มิติสำหรับ Conv1D และ LSTM
Conv1D Filters	64	สกัดรูปแบบเชิงพื้นที่ของลำดับข้อมูล
Kernel Size	3	ตรวจจับรูปแบบย่อยของ time series
MaxPooling	pool_size = 2	ลดขนาด sequence และลด noise
Dropout (CNN)	0.2	ลด overfitting หลัง convolution
LSTM Layer 1	50 units (return_sequences=True)	วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระยะยาวของข้อมูล
LSTM Layer 2	50 units (return_sequences=False)	รวมลำดับก่อนเข้าสู่ Dense
Dropout (LSTM)	0.2	ป้องกัน overfitting ในส่วน recurrent
Dense Hidden	25 (ReLU)	รวม feature representation ก่อน output
Output Layer	Dense(1)	พยากรณ์ค่าราคาหุ้น 1 ค่า
Learning Rate	0.001	ค่าเริ่มต้นที่เหมาะสมสำหรับ Adam
Batch Size	32	สมดุลระหว่างความเร็วและความแม่นยำ
Epochs	สูงสุด 100	ใช้ EarlyStopping เพื่อหยุดก่อน overfitting
ReduceLROnPlateau	factor = 0.5, patience = 5	ลด learning rate เมื่อโมเดลไม่พัฒนา

2.3 โครงข่ายประสาทแบบหน่วยความจำแบบเกต (Gated Recurrent Unit: GRU)

แบบจำลองนี้ประกอบด้วยชั้น GRU จำนวน 1 ชั้น ขนาด 64 นิวรอน โดยใช้กลไกการควบคุมการไหลของข้อมูลผ่าน 2 เกตหลัก คือ Update Gate (ทำหน้าที่ตัดสินใจว่าข้อมูลเก่าส่วนใดควรถูกรักษาไว้) และ Reset Gate (ทำหน้าที่ตัดสินใจว่าจะผสมผสานข้อมูลใหม่เข้ากับข้อมูลในอดีตอย่างไร) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Roshni et al. (2022) ที่ระบุว่าการลดทอนโครงสร้างเกตลงจาก 3 เกตใน LSTM เหลือเพียง 2 เกตใน GRU ช่วยให้แบบจำลองสามารถเรียนรู้รูปแบบของราคาหุ้น Alphabet Inc. ได้อย่างรวดเร็วและใช้ทรัพยากรการคำนวณน้อยลงโดยไม่สูญเสียความแม่นยำ ดังรายละเอียดตารางที่ 13

ตารางที่ 13 รายละเอียดการกำหนดค่าพารามิเตอร์ของหน่วยเกตเวียนซ้ำ (GRU)

รายการพารามิเตอร์	ค่าที่กำหนดในการวิจัย	วิธีการเลือกค่า/อ้างอิง
Window Size	60 วัน	อ้างอิงจากพฤติกรรมข้อมูลอนุกรมเวลาและการทดลองเบื้องต้น
GRU Units	64	เลือกเพื่อสร้างสมดุลระหว่างความแม่นยำและการเกิด overfitting
Activation Function	Tanh	เป็นค่าเริ่มต้นมาตรฐานของ GRU
Recurrent Activation	sigmoid	ใช้ควบคุมกลไก gate ของ GRU
Dropout	0.2	ลดปัญหา overfitting
Optimizer	Adam	เป็น optimizer มาตรฐานสำหรับ deep learning
Learning Rate	0.001	ค่าเริ่มต้นที่ให้การลู่เข้าเสถียร
Batch Size	32	เลือกจากแนวปฏิบัติทั่วไปและการทดลอง
Epochs	100	กำหนดเพื่อให้โมเดลเรียนรู้ได้เพียงพอ
Scaling Method	MinMaxScaler (0,1)	มาตรฐานสำหรับ time series deep learning
Random State	42	เพื่อให้ผลลัพธ์สามารถทำซ้ำได้

ตัวชี้วัดที่ใช้ประเมินประสิทธิภาพของโมเดล

ในการวิจัยครั้งนี้ คณะผู้วิจัยได้คัดเลือกตัวชี้วัดประสิทธิภาพที่นิยมใช้ เพื่อให้ครอบคลุมทั้งในด้านสัดส่วนความคลาดเคลื่อนร้อยละ และขนาดของความคลาดเคลื่อนในหน่วยสกุลเงิน โดยมีรายละเอียดและสมการการคำนวณดังนี้

1. ค่าความคลาดเคลื่อนร้อยละสัมบูรณ์เฉลี่ย (Mean Absolute Percentage Error: MAPE)

$$MAPE = \left(\frac{1}{n}\sum_{t=1}^{n}\left|\frac{y_t - \hat{y}_t}{y_t}\right|\right) \times 100\% \qquad (2)$$

โดยที่

y_t คือ ค่าจริงของราคาปิดหุ้นบริษัท Alphabet Inc. ณ วันที่ t

$\hat{y}_t$ คือ ค่าราคาปิดที่ได้จากการพยากรณ์โดยแบบจำลอง ณ วันที่ t

n คือ จำนวนข้อมูลทั้งหมดในชุดทดสอบ (Test Set)

$|\ y_t - \hat{y}_t\ |$ คือ ค่าสัมบูรณ์ของความคลาดเคลื่อนระหว่างราคาจริงและราคาพยากรณ์

2. ค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Error: RMSE)

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^{n}(y_t - \hat{y}_t)^2}{n}} \qquad (3)$$

โดยที่

y_t คือ ค่าราคาปิดจริง (Actual Price) ของหุ้น Alphabet Inc. ณ วันที่ t

$\hat{y}_t$ คือ ค่าราคาปิดที่ได้จากการพยากรณ์ (Predicted Price) โดยแบบจำลอง ณ วันที่ t

n คือ จำนวนระเบียนทั้งหมดในชุดข้อมูลทดสอบ (Test Set)

$(y_t - \hat{y}_t)$ คือ ส่วนเหลือ (Residual) หรือความคลาดเคลื่อนระหว่างราคาจริงและราคาพยากรณ์

$\sum_{t=1}^{n}(y_t - \hat{y}_t)^2$คือ ผลรวมของความคลาดเคลื่อนยกกำลังสอง เพื่อเน้นขนาดความผิดพลาดที่เกิดชัดเจน

3. ค่าความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์เฉลี่ย (Mean Absolute Error: MAE)

$$MAE = \frac{1}{n}\sum_{t=1}^{n}|y_t - \hat{y}_t| \quad (4)$$

โดยที่

y_t คือ ค่าราคาปิดจริง (Actual Price) ของหุ้น Alphabet Inc. ณ วันที่ t

$\hat{y}_t$ คือ ค่าราคาปิดที่ได้จากการพยากรณ์ (Predicted Price) โดยแบบจำลอง ณ วันที่ t

n คือ จำนวนระเบียนทั้งหมดในชุดข้อมูลทดสอบ (Test Set)

$(y_t - \hat{y}_t)$ คือ ส่วนเหลือ (Residual) หรือความคลาดเคลื่อนระหว่างราคาจริงและราคาพยากรณ์

$\sum_{t=1}^{n}(y_t - \hat{y}_t)^2$ คือ ผลรวมของความคลาดเคลื่อนยกกำลังสอง เพื่อเน้นขนาดความผิดพลาดที่เกิดชัดเจน

4. อาสแควร์ (R-squared: R^2)

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{t=1}^{n}(y_t - \hat{y}_t)^2}{\sum_{t=1}^{n}(y_t - \bar{y})^2} \quad (5)$$

โดยที่

y_tคือ ค่าราคาปิดจริง (Actual Price) ของหุ้น Alphabet Inc. ณ วันที่ t

$\hat{y}_t$คือ ค่าราคาปิดที่ได้จากการพยากรณ์ (Predicted Price) โดยแบบจำลอง ณ วันที่ t

$\bar{y}$คือ ค่าเฉลี่ยของราคาปิดหุ้นจริงทั้งหมด (Mean of Actual Price) ในชุดข้อมูลทดสอบ

nคือ จำนวนระเบียนทั้งหมดในชุดข้อมูลทดสอบ (Test Set)

$\sum_{t=1}^{n}(y_t - \hat{y}_t)^2$คือ ผลรวมของความคลาดเคลื่อนยกกำลังสอง (Residual Sum of Squares)

$\sum_{t=1}^{n}(y_t - \bar{y})^2$คือ ผลรวมกำลังสองทั้งหมด (Total Sum of Squares) ซึ่งแสดงถึงความแปรปรวนทั้งหมดของราคาหุ้นจริง

7. กระบวนการสร้างแดชบอร์ดเพื่อนำเสนอผลการพยากรณ์

ภายหลังจากที่คณธผู้วิจัยได้ดำเนินการฝึกสอนและประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลองทั้ง 6 รูปแบบเรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนถัดมาคือการนำโมเดลที่มีสมรรถนะสูงสุดมาพัฒนาเป็นการสนับสนุนการตัดสินใจในรูปแบบของ แดชบอร์ด (Dashboard) ผ่านเฟรมเวิร์ก Streamlit โดยมีลำดับการดำเนินงานดังนี้

ก่อนเริ่มกระบวนการพัฒนาแดชบอร์ด ผู้วิจัยได้ดำเนินการคัดเลือกและเตรียมองค์ประกอบพื้นฐานเชิงระบบ โดยพิจารณาคัดเลือกแบบจำลองที่มีสมรรถนะ

1. การออกแบบส่วนควบคุม (Input Control) ผู้วิจัยดำเนินการสร้างส่วนควบคุม (Sidebar) เพื่อเป็นจุดรับพารามิเตอร์จากผู้ใช้งาน โดยระบบจะถูกตั้งค่าให้เรียกใช้งาน

2. การพัฒนาตรรกะการประมวลผลและการพยากรณ์ราคา (Backend Logic & Inference) ในส่วนของการประมวลผล ผู้วิจัยได้กำหนดกระบวนการทำงานเริ่มจากการดึงข้อมูลราคาปิดย้อนหลังจากชุดข้อมูลที่อัปโหลดไว้

3. การออกแบบระบบแสดงผลเชิงทัศนภาพ (Visualization Design) ผู้วิจัยกำหนดให้มีการแสดงผลข้อมูลในรูปแบบของกราฟอนุกรมเวลา (Time Series Plot)

4. การจัดทำส่วนสรุปข้อมูลเชิงตัวเลขในรูปแบบตาราง (Tabular Presentation) นอกจากการแสดงผลเชิงทัศนภาพผ่านกราฟอนุกรมเวลา

ผลการวิจัย

1. สรุปผลการทดสอบประสิทธิภาพด้วยการแบ่งชุดข้อมูลตามลำดับเวลา (70/30 Split)

ตารางที่ 14 สรุปผลการทดสอบประสิทธิภาพด้วยการแบ่งชุดข้อมูลตามลำดับเวลา (70/30 Split)

กลุ่มโมเดล	โมเดล	RMSE	MAE	MAPE	R2
Deep Learning	หน่วยเกตเวียนซ้ำ (GRU)	$7.97	$6.45	4.3%	0.9237
	หน่วยความจำระยะสั้นยาว (LSTM)	$8.57	$6.75	4.45%	0.9237
	โครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชันร่วมกับหน่วยความจำระยะสั้นยาว (CNN-LSTM)	$10.89	$8.41	5.71%	0.8576
Machine Learning	การถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression)	$2.45	$1.73	1.48%	0.9962
	แรนดอมฟอเรสต์ (Random Forest)	$2.80	$2.05	1.49%	0.9906
	เอ็กซ์จีบูสต์ (XGBoost)	$2.81	$2.04	1.49%	0.9905

จากตารางที่ 14 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพบนชุดข้อมูลทดสอบ (ร้อยละ 30 สุดท้าย) พบว่า กลุ่มการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) ให้ผลลัพธ์ที่แม่นยำกว่ากลุ่มการเรียนรู้เชิงลึกอย่างมีนัยสำคัญ โดยแบบจำลอง การถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression) มีสมรรถนะสูงสุดด้วยค่า MAPE ที่ต่ำที่สุดร้อยละ 1.48 และมีค่า R^2 สูงถึง 0.9962 สะท้อนให้เห็นว่าพฤติกรรมราคาหุ้น Alphabet Inc. ในช่วงเวลาที่ศึกษามีลักษณะเชิงเส้นที่ชัดเจน

ในส่วนของ กลุ่มการเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning) หน่วยเกตเวียนซ้ำ (GRU) มีผลงานดีที่สุดในกลุ่ม (MAPE 4.30%, RMSE 7.97) ซึ่งเหนือกว่า หน่วยความจำระยะสั้นยาว (LSTM) และ โครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชันร่วมกับหน่วยความจำระยะสั้นยาว (CNN-LSTM) ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม แม้กลุ่ม Deep Learning จะรักษาค่า R^2 ได้สูงกว่า 0.85 แต่ยังไม่สามารถลดทอนค่าความคลาดเคลื่อน (MAE) ให้ต่ำเท่ากับกลุ่มแบบจำลองดั้งเดิมได้

2. ผลการทดสอบด้วยการตรวจสอบไขว้แบบอนุกรมเวลา 5 ส่วน (5-Fold Time Series Cross-Validation)

ตารางที่ 15 ผลการทดสอบด้วยการตรวจสอบไขว้แบบอนุกรมเวลา 5 ส่วน

กลุ่มโมเดล	อัลกอริทึม	RMSE	MAE	MAPE	R2
Deep Learning	หน่วยเกตเวียนซ้ำ (GRU)	$5.18	$4.21	26.92%	0.8786
	หน่วยความจำระยะสั้นยาว (LSTM)	$7.42	$6.28	26.82%	0.8015
	โครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชันร่วมกับหน่วยความจำระยะสั้นยาว (CNN-LSTM)	$10.89	$8.19	12.48%	0.4531
Machine Learning	การถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression)	$1.14	$0.81	29.72%	0.9935
	แรนดอมฟอเรสต์ (Random Forest)	$1.14	$0.82	1.33%	0.9934
	เอ็กซ์จีบูสต์(XGBoost)	$1.15	$0.82	1.32%	0.9934

จากตารางที่ 15 ผลการทดสอบแบบตรวจสอบไขว้ (Cross-Validation) แสดงให้เห็นว่า เอ็กซ์จีบูสต์(XGBoost) เป็นโมเดลที่มีประสิทธิภาพสูงสุดในภาพรวม โดยมีค่า MAPE ต่ำสุดที่ร้อยละ 1.32 และค่า R^2สูงถึง 0.9934 ตามด้วย แรนดอมฟอเรสต์ (Random Forest) (MAPE 1.33%) ในขณะที่ การถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression) ประสบปัญหาความไม่เสถียรอย่างรุนแรง โดยค่า MAPE พุ่งสูงถึงร้อยละ 29.72 เมื่อเพิ่มจำนวนข้อมูลกลุ่ม Tree-based ที่ใช้เทคนิค “Diff Mode” มีความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของราคาหุ้นได้ดีกว่าแบบจำลองเชิงเส้นแบบดั้งเดิม

ในส่วนของ กลุ่มการเรียนรู้เชิงลึก โครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชันร่วมกับหน่วยความจำระยะสั้นยาว (CNN-LSTM) ให้ผลลัพธ์โดดเด่นที่สุดในกลุ่มด้วยค่า MAPE ร้อยละ 12.48 ซึ่งต่ำกว่า หน่วยความจำระยะสั้นยาว (LSTM) และหน่วยเกตเวียนซ้ำ (GRU) อย่างมีนัยสำคัญ อย่างไรก็ตาม กลุ่ม Deep Learning ยังคงมีความผันผวนของประสิทธิภาพสูงเมื่อเผชิญกับสัญญาณรบกวนในข้อมูล โดยค่า R^2มีความแปรปรวนอยู่ในช่วง 0.45 ถึง 0.82

3. ผลการทดสอบด้วยการตรวจสอบไขว้แบบอนุกรมเวลา 10 ส่วน (10-Fold Time Series Cross-Validation)

ตารางที่ 16 ผลการทดสอบและวิเคราะห์เชิงลึกด้วยการตรวจสอบไขว้แบบอนุกรมเวลา 10 ส่วน

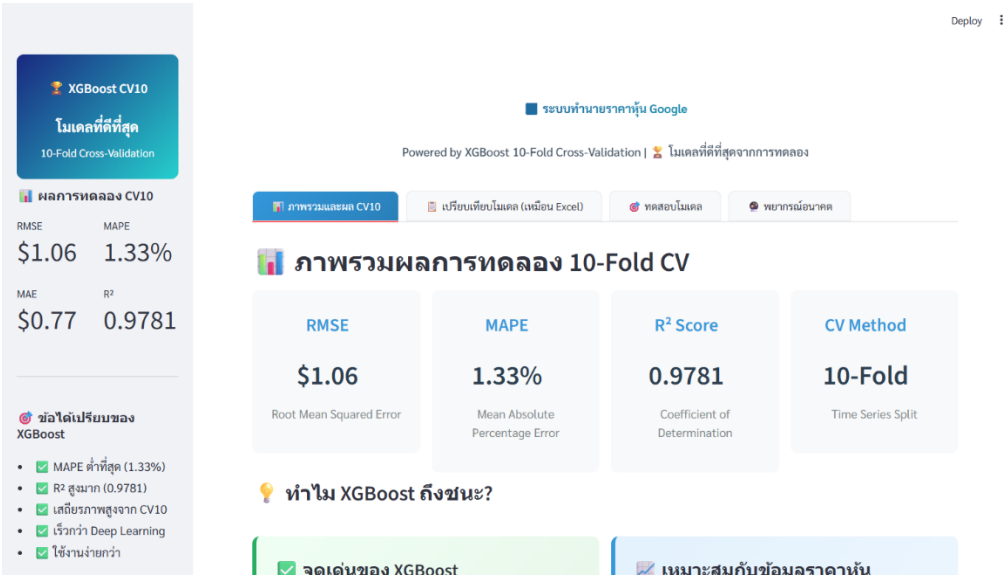
กลุ่มโมเดล	อัลกอริทึม	RMSE	MAE	MAPE	R2
Deep Learning	หน่วยเกตเวียนซ้ำ (GRU)	$4.61	4.21	17.24%	0.6664
	หน่วยความจำระยะสั้นยาว (LSTM)	5.67	4.98	16.49%	0.6015
	โครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชันร่วมกับหน่วยความจำระยะสั้นยาว (CNN-LSTM)	4.29	3.38	6.3%	0.6285
Machine Learning	การถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression)	1.05	0.76	17.65%	0.9783
	แรนดอมฟอเรสต์ (Random Forest)	1.06	0.77	1.33%	0.9777
	เอ็กซ์จีบูสต์(XGBoost)	1.06	0.77	1.33%	0.9781

จากตารางที่ 16 ผลการทดสอบพบว่าโมเดลกลุ่ม Tree-based ได้แก่ เอ็กซ์จีบูสต์ (XGBoost) และ แรนดอมฟอเรสต์ (Random Forest) มีสมรรถนะการพยากรณ์ยอดเยี่ยมที่สุด โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (MAPE) ต่ำเพียงร้อยละ 1.33 และมีค่า R^2สูงกว่า 0.977 (XGBoost ให้ค่าอาสแควร์สูงสุดที่ $R^2 = 0.9781$) ในทางกลับกัน การถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression) จะพบความผันผวนของตลาดในหลายช่วงเวลา ส่งผลให้ค่า MAPE พุ่งสูงถึงร้อยละ 17.65

สำหรับกลุ่มการเรียนรู้เชิงลึก โครงข่ายลูกผสม โครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชันร่วมกับหน่วยความจำระยะสั้นยาว (CNN-LSTM) ทำผลงานโดดเด่นเป็นอันดับหนึ่งด้วยค่า MAPE ร้อยละ 6.30 และ RMSE 4.29 ซึ่งแม่นยำ หน่วยความจำระยะสั้นยาว (LSTM) (MAPE 16.49%) และ หน่วยเกตเวียนซ้ำ (GRU) (MAPE 17.24%) อย่างมีนัยสำคัญ ผลลัพธ์นี้ยืนยันว่าการประยุกต์ใช้ชั้นคอนโวลูชันสกัดคุณลักษณะและลดทอนสัญญาณรบกวนก่อนส่งต่อให้ หน่วยความจำระยะสั้นยาว (LSTM) ประมวลผลเชิงเวลา ช่วยยกระดับความแม่นยำได้ดีกว่า หน่วยความจำระยะสั้นยาว (LSTM) เพียงอย่างเดียว

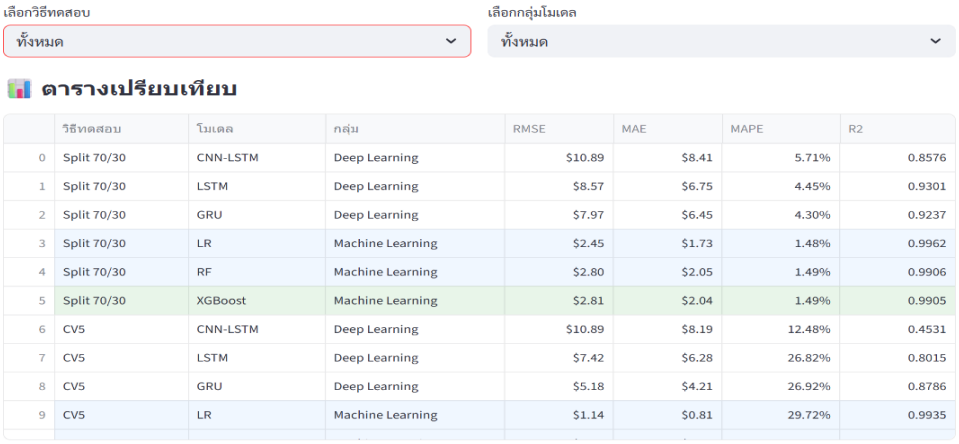
1. ผลการสร้างแดชบอร์ดเพื่อนำเสนอผลการพยากรณ์

จากการศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโมเดลการเรียนรู้ของเครื่อง และการเรียนรู้เชิงลึกเพื่อการพยากรณ์ราคาหุ้นบริษัท Alphabet Inc. (Google) คณะผู้วิจัยได้นำผลลัพธ์ที่ได้มาประยุกต์ใช้ในการพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจในรูปแบบเว็บแอปพลิเคชัน (Web Application) เพื่อเปลี่ยนข้อมูลเชิงสถิติที่ซับซ้อนให้เป็นสารสนเทศที่ง่ายต่อการทำความเข้าใจ โดยมีผลการดำเนินงานดังนี้



รูปที่ 2 ภาพหน้าจอหลักและผลการประเมิน

จากรูปที่ 2 หน้าจอนี้ทำหน้าที่เป็น "หลักฐานเชิงประจักษ์" เพื่อสร้างความเชื่อมั่นให้กับผู้ใช้งานก่อนการนำข้อมูลไปใช้งานจริง โดยมีการแสดงรายละเอียดดังนี้ การแสดงผลดัชนีชี้วัดหลักระบุค่าความแม่นยำของเอ็กซ์จีบูสต์(XGBoost ซึ่งเป็นโมเดลที่ได้รับคัดเลือก โดยแสดงค่า RMSE (1.06), MAPE (1.33%) และ R^2 Score (0.9781) ไว้อย่างชัดเจน ระบุว่าผลลัพธ์นี้ผ่านกระบวนการตรวจสอบไขว้แบบ 10-Fold Time Series Split ซึ่งเป็นวิธีการทดสอบที่มีความเข้มงวดสูงที่สุดในงานวิจัยนี้



	วิธีทดสอบ	โมเดล	กลุ่ม	RMSE	MAE	MAPE	R2
0	Split 70/30	CNN-LSTM	Deep Learning	$10.89	$8.41	5.71%	0.8576
1	Split 70/30	LSTM	Deep Learning	$8.57	$6.75	4.45%	0.9301
2	Split 70/30	GRU	Deep Learning	$7.97	$6.45	4.30%	0.9237
3	Split 70/30	LR	Machine Learning	$2.45	$1.73	1.48%	0.9962
4	Split 70/30	RF	Machine Learning	$2.80	$2.05	1.49%	0.9906
5	Split 70/30	XGBoost	Machine Learning	$2.81	$2.04	1.49%	0.9905
6	CV5	CNN-LSTM	Deep Learning	$10.89	$8.19	12.48%	0.4531
7	CV5	LSTM	Deep Learning	$7.42	$6.28	26.82%	0.8015
8	CV5	GRU	Deep Learning	$5.18	$4.21	26.92%	0.8786
9	CV5	LR	Machine Learning	$1.14	$0.81	29.72%	0.9935

รูปที่ 3 ภาพหน้าจอการแสดงผลการเปรียบเทียบแบบจำลอง

จากรูปที่ 3 ในส่วนหน้าจอนี้ ได้ถูกออกแบบให้เป็นศูนย์กลางการแสดงผลข้อมูลทางสถิติที่ได้จากการทดลองจริงทั้งหมดของ เพื่อเปลี่ยนผลลัพธ์เชิงตัวเลขที่ซับซ้อนให้กลายเป็นสารสนเทศที่ง่ายต่อการเปรียบเทียบและตรวจสอบย้อนกลับ โดยจะทำการรวบรวมและโชว์ค่าตัวชี้วัดประสิทธิภาพของโมเดลทั้ง 6 รูปแบบ อันได้แก่ การถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression), แรนดอมฟอเรสต์ (Random Forest), เอ็กซ์จีบูสต์ (XGBoost), หน่วยความจำระยะสั้นยาว (LSTM) , หน่วยเกตเวียนซ้ำ (GRU) และ โครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชันร่วมกับหน่วยความจำระยะสั้นยาว (CNN-LSTM) มาจัดเรียงในรูปแบบตารางสรุปผล ซึ่งประกอบด้วยค่าความคลาดเคลื่อนทางสถิติที่สำคัญอย่างครบถ้วน ได้แก่ ค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยกำลังสอง (RMSE), ค่าความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์เฉลี่ย (MAE), ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยร้อยละ (MAPE) และค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2 Score) เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถวิเคราะห์สมรรถนะของแต่ละโมเดลได้ครบ

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

จากการศึกษาวิจัยเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโมเดลกลุ่มการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) และกลุ่มการเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning) ในการพยากรณ์ราคาหุ้นบริษัท Alphabet Inc. (Google) พบว่า เอ็กซ์จีบูสต์ (XGBoost) มีประสิทธิภาพสูงสุด โดยเฉพาะเมื่อผ่านกระบวนการตรวจสอบไขว้แบบอนุกรมเวลา (Time Series Cross-Validation) ทั้ง 5 ส่วนและ 10 ส่วน ซึ่ง XGBoost สามารถรักษาอัตราความคลาดเคลื่อนร้อยละสัมบูรณ์เฉลี่ย (MAPE) ไว้ได้ต่ำเพียงร้อยละ 1.32 ถึง 1.33 และมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R-squared) สูงถึง 0.9781 ถึง 0.9934 ในขณะที่การถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression) แม้จะทำผลงานได้ดีเยี่ยมในการทดสอบระยะสั้นแบบแบ่งสัดส่วน 70/30 (MAPE ร้อยละ 1.48) แต่กลับประสบปัญหาในการตรวจสอบไขว้ (MAPE พุ่งสูงถึงร้อยละ 17.65 - 29.72)

ผลลัพธ์นี้อภิปรายได้ว่า พฤติกรรมราคาหุ้นในระยะยาวมีความสัมพันธ์แบบไม่เป็นเส้นตรง (Non-linear) และมีการเปลี่ยนแปลงเชิงโครงสร้างอยู่ตลอดเวลา โมเดลกลุ่ม Tree-based ที่ทำงานร่วมกับข้อมูลที่ปรับให้อยู่ในรูปแบบส่วนต่างราคา (Diff Mode) จึงสามารถดักจับรูปแบบความผันผวนที่ซับซ้อนได้ดีกว่าสมการเชิงเส้นแบบดั้งเดิม ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ

Dey และคณะ (2016) รวมถึง พงศธร ศิริยาภัสร์ (2562) ที่ชี้ให้เห็นว่าแบบจำลองเชิงเส้นมักมีข้อจำกัดในการรับมือกับความผันผวนของตลาดทุนยุคใหม่

เมื่อพิจารณาผลการทดสอบในกลุ่มการเรียนรู้เชิงลึก พบว่าโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชันร่วมกับหน่วยความจำระยะสั้นยาว (CNN-LSTM) ให้ผลลัพธ์ที่โดดเด่นและที่สุดในกลุ่ม โดยมีค่า MAPE อยู่ที่ร้อยละ 6.30 (ในการทดสอบ 10-Fold CV) ซึ่งเหนือกว่าหน่วยความจำระยะสั้นยาว (LSTM) (ร้อยละ 16.49) และ หน่วยเกตเวียนซ้ำ (GRU) (ร้อยละ 17.24) อย่างมีนัยสำคัญ ทั้งนี้พิจารณาโดยละเอียดพบว่า การใช้ชั้นคอนโวลูชัน (Convolutional Layer) เข้ามาช่วยทำหน้าที่สกัดคุณลักษณะเด่นและขจัดสัญญาณรบกวนออกจากข้อมูลก่อนส่งต่อให้โครงข่ายเวียนซ้ำประมวลผลความสัมพันธ์เชิงเวลา ช่วยให้โมเดลสามารถลดความคลาดเคลื่อนลงได้อย่างมาก ผลลัพธ์เชิงประจักษ์นี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Aadhitya และคณะ (2023) และ Yan และคณะ (2024) ที่ยืนยันว่าสถาปัตยกรรมแบบลูกผสมสามารถกรองสัญญาณรบกวนและยกระดับความแม่นยำได้ดีกว่าโมเดลเดี่ยว อย่างไรก็ตาม เมื่อเปรียบเทียบภาพรวมทั้งหมด กลุ่มการเรียนรู้เชิงลึกยังมีประสิทธิภาพเป็นรองกลุ่มการเรียนรู้ของเครื่อง ทั้งนี้เนื่องจากการประมวลผลข้อมูลอนุกรมเวลาทางการเงินที่จัดอยู่ในรูปแบบข้อมูลตาราง (Tabular Data) โมเดลกลุ่ม Tree-based อย่าง เอ็กซ์จีบูสต์ (XGBoost), จะมีกลไกควบคุมความซับซ้อนที่ช่วยลดสภาวะการจดจำข้อมูลมากเกินไป (Overfitting) ได้ดีและมีประสิทธิภาพกว่าโครงข่ายประสาทเทียมขนาดใหญ่ ซึ่งเป็นไปตามทฤษฎีของ Chen และ Guestrin (2016) ผู้พัฒนาอัลกอริทึม เอ็กซ์จีบูสต์ (XGBoost)ที่ระบุถึงจุดแข็งด้านการควบคุมความซับซ้อนของตัวแบบ (Regularization) เมื่อเผชิญกับชุดข้อมูลที่มีสัญญาณรบกวนสูง

จากผลการทดสอบที่พิสูจน์ถึงประสิทธิภาพของโมเดล เอ็กซ์จีบูสต์ (XGBoost)t คณะผู้วิจัยจึงได้นำโมเดลดังกล่าวมาสร้างต่อยอดเป็น การสนับสนุนการตัดสินใจในรูปแบบแดชบอร์ด (Dashboard) ซึ่งผลการดำเนินงานพบว่า แดชบอร์ดสามารถรับค่าพารามิเตอร์ที่ผู้ใช้งานกำหนดมาประมวลผลร่วมกับข้อมูลย้อนหลัง เพื่อสร้างเป็นกราฟพยากรณ์อนุกรมเวลาและตารางสรุปผลล่วงหน้าได้อย่างแม่นยำ พร้อมทั้งสามารถแสดงช่วงความเชื่อมั่น (Confidence Interval) เพื่อระบุขอบเขตความเสี่ยงได้อย่างชัดเจน การนำเสนอในรูปแบบแดชบอร์ดนี้ ช่วยเปลี่ยนผลลัพธ์เชิงตัวเลขทางสถิติที่ซับซ้อนให้กลายเป็นสารสนเทศที่เข้าใจง่าย ทำให้ผู้ใช้งานสามารถประเมินแนวโน้มความผันผวนของตลาดทุนเพื่อประกอบการตัดสินใจได้อย่างเป็นรูปธรรมและมีประสิทธิภาพสูงสุด

ข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้จะแสดงให้เห็นถึงศักยภาพของเอ็กซ์จีบูสต์ (XGBoost) ในการพยากรณ์ราคาหุ้นจากข้อมูล แต่ในบริบทของตลาดทุนจริง ราคาหุ้นยังได้รับอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญจากข้อมูลเชิงคุณภาพ (Qualitative Data) เช่น ข่าวสารเศรษฐกิจระดับมหภาค การประกาศผลประกอบการ และเหตุการณ์ไม่คาดฝันระดับโลก ดังนั้น ในการวิจัยครั้งต่อไปจึงมีข้อเสนอแนะดังนี้

1. การบูรณาการแบบจำลองภาษาขนาดใหญ่ (Large Language Models: LLMs : ควรนำเทคโนโลยี LLM เข้ามาประยุกต์ใช้ในระบบแดชบอร์ด เพื่อทำหน้าที่อธิบายผลการพยากรณ์และตัวเลขทางสถิติให้เป็นภาษาที่เข้าใจง่าย ซึ่งจะช่วยให้การสื่อสารและโต้ตอบกับผู้ใช้งานมีความเป็นธรรมชาติ ลดอุปสรรคในการทำความเข้าใจข้อมูลของนักลงทุนทั่วไป รวมถึงสามารถใช้ LLM ช่วยวิเคราะห์ทิศทางอารมณ์ตลาด จากข่าวสารทางเศรษฐกิจเพื่อเป็นปัจจัยเสริมในการพยากรณ์ได้อีกด้วย

2. การพัฒนากลไกเชิงลึกและการขยายขอบเขตการทดสอบ ควรศึกษาการใช้กลไกความสนใจ (Attention Mechanism) ร่วมกับโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชันร่วมกับหน่วยความจำระยะสั้นยาว (CNN-LSTM) เพื่อให้โมเดล

สามารถให้น้ำหนักกับเหตุการณ์สำคัญในอดีต (เช่น วิกฤตเศรษฐกิจ) ได้อย่างแม่นยำยิ่งขึ้น ตลอดจนนำสถาปัตยกรรมระบบที่พัฒนาขึ้นไปทดสอบกับหลักทรัพย์ในกลุ่มอุตสาหกรรมอื่น เพื่อยืนยันความสามารถในการวางนัยทั่วไป และความยืดหยุ่นของตัวแบบในระยะยาว

เอกสารอ้างอิง

Aadhitya, A., et al. (2023). Predicting Stock Market time-series data using CNN-LSTM Neural Network model. arXiv preprint arXiv:2305.14378.

Arévalo, A., et al. (2021). High-frequency trading strategy based on deep neural networks. Intelligent Systems in Accounting, Finance and Management, 28 (1), 3-20.

Breiman, L. (2001). Random forests. Machine learning, 45 (1), 5-32.

Chen, T. & Guestrin, C. (2016). XGBoost: A scalable tree boosting system. Proceedings of the 22nd ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining, 785-794.

Chicco, D., Warrens, M. J. & Jurman, G. (2021). The coefficient of determination R-squared is more informative than SMAPE, MAE, MAPE, MSE and RMSE in regression analysis evaluation. PeerJ Computer Science, 7, e623.

Chollet, F. (2015). Keras. GitHub. Retrieved from https://github.com/fchollet/keras

Dey, S., Kumar, Y., Saha, S. & Basak, S. (2016). Forecasting to classification: Predicting the direction of stock market price using Xtreme Gradient Boosting. Technical Report.

Dixon, M. F., Halperin, I. & Bilokon, P. (2020). Machine learning in finance: From theory to practice. Springer.

Goodfellow, I., Bengio, Y. & Courville, A. (2016). Deep learning. MIT press.

Hadid, A. (2024). Alphabet Inc. (GOOG) Stock Historical Prices. Kaggle Dataset.

Hastie, T., Tibshirani, R. & Friedman, J. (2009). The elements of statistical learning: data mining, inference, and prediction. Springer Science & Business Media.

Hyndman, R. J. & Athanasopoulos, G. (2018). Forecasting: principles and practice (2nd ed.). OTexts.

Jiang, W. (2021). Applications of deep learning in stock market prediction: recent progress. Expert Systems with Applications, 184, 115537.

Karnpiwan, J. (2021). Comparison of Stock Price Forecasting Methods Using ARIMA, Neural Networks, and Hybrid Models. Master's thesis, Chulalongkorn University. (in Thai)

Kaur, R. & Sharma, A. (2023). A Deep Learning-Based Stock Market Prediction Using Stacked LSTM Network. Journal of Computational Intelligence and Data Science, 6 (1), 45-58.

Livieris, I. E., Pintelas, E. & Pintelas, P. (2020). A CNN–LSTM model for gold price time-series forecasting. Neural computing and applications, 32 (23), 17351-17360.

Mallika, P., Anupong, S. & Uthit, P. (2023). Stock Price Forecasting by Industry Group Using Machine Learning

Techniques. National Conference on Business, Economics and Communications, Naresuan University.

McKinney, W. (2010). Data structures for statistical computing in python. Proceedings of the 9th Python in Science Conference, 51-56.

Mneirji, M. & Göransson Hörnfeldt, M. (2025). Feature engineering for machine learning in financialforecasting.

Montgomery, D. C., Peck, E. A. & Vining, G. G. (2021). Introduction to linear regression analysis. John Wiley Sons.

Ozbayoglu, A. M., Gudelek, M. U. & Sezer, O. B. (2020). Deep learning for financial applications: A survey. Applied Soft Computing, 93, 106384.

Patel, V. & Thakkar, A. (2024). Deep Learning in Financial Forecasting: A Modern Perspective on Recurrent Architectures. Expert Systems with Applications, 238, 121920.

Pedregosa, F., et al. (2011). Scikit-learn: Machine learning in Python. the Journal of machine Learning research, 12, 2825-2830.

Pompian, M. M. (2012). Behavioral finance and wealth management: How to build optimal portfolios that account for investor biases. John Wiley & Sons.

Roshni, R., et al. (2022). A Comparative Study of LSTM and GRU for Stock Market Prediction. International Journal of Advanced Computer Science and Applications, 13 (5).

Selvin, S., Vinayakumar, R., Gopalakrishnan, E. A., Menon, V. K. & Soman, K. P. (2017). Stock price prediction using LSTM, RNN and CNN-sliding window model. 2017 international conference on advances in computing, communications and informatics, 1643-1647.

Siami-Namini, S., Namin, A. S. & Bandaratapu, A. S. (2024). Deep Learning in Stock Market Forecasting: A Comprehensive Review. IEEE Access, 12.

Yan, H., et al. (2024). Financial Time Series Forecasting Based on Improved CNN-LSTM Model. Journal of Financial Data Science, 16 (2), 88-105.

การวิเคราะห์เสถียรภาพและความเสี่ยงของราคาน้ำมันปาล์มในประเทศไทยโดยใช้วิธีทางสถิติ

Price Stability and Risk Analysis of Palm Oil Prices in Thailand Using Statistical Methods

วันรัฐ มะสัน[1*] พรสิริ ชาติปรีชา[1] บุญศิริ มะสัน[2] และจุมพล วรสายัณห์ [1]

Wanrad Masan[1*], Pornsiri Chatpreecha [1], Boonsiri Masan[2] and Jumpol Vorasayan [1]

[1]คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จังหวัดกรุงเทพมหานคร*

[1]Faculty of Agro-Industry, Kasetsart University, Bangkok*

[2]คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยศรีปทุม กรุงเทพมหานคร

[2]Faculty of Information Technology, Sripatum University, Bangkok, Thailand

[*]Corresponding Author E-mail Address : Wanrad.m@ku.th

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์เสถียรภาพและความเสี่ยงของราคาน้ำมันปาล์มในประเทศไทย โดยใช้ข้อมูลราคาน้ำมันปาล์มเฉลี่ยรายปีในช่วงปี พ.ศ. 2558 ถึง พ.ศ. 2567 ซึ่งเป็นข้อมูลทุติยภูมิจากสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร การวิเคราะห์ข้อมูลประกอบด้วยการวิเคราะห์แนวโน้มด้วยกราฟเส้น การวิเคราะห์เสถียรภาพของราคาโดยใช้ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ (Moving Average) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน รวมถึงการประเมินความเสี่ยงของราคาด้วยค่า Z-score

ผลการศึกษาพบว่าราคาน้ำมันปาล์มมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.89 บาทต่อกิโลกรัม และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.58 สะท้อนให้เห็นถึงความผันผวนของราคาในระดับปานกลาง โดยราคามีแนวโน้มผันผวนตามกลไกของตลาด มีช่วงราคาลดลงอย่างชัดเจนในปี พ.ศ. 2561 ถึง พ.ศ. 2562 และปรับตัวเพิ่มขึ้นในช่วงปี พ.ศ. 2564 ถึง พ.ศ. 2565 จากการวิเคราะห์ด้วยค่า Z-score พบว่าค่าดังกล่าวอยู่ในช่วง -1.57 ถึง 1.84 ซึ่งไม่เกินเกณฑ์ที่กำหนด กล่าวคือ ค่า Z-score อยู่ในช่วง -2 ถึง 2 แสดงว่าไม่พบความผิดปกติของราคาในเชิงสถิติ อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาค่าที่มีค่าสัมบูรณ์มากกว่า 1.5 พบว่ามีบางช่วงเวลาที่สะท้อนถึงความเสี่ยงด้านราคาสูง โดยเฉพาะในปี พ.ศ. 2562 และ 2565

โดยสรุป แม้ว่าราคาน้ำมันปาล์มในประเทศไทยจะไม่พบความผิดปกติของราคาในเชิงสถิติอย่างมีนัยสำคัญ แต่ยังมีช่วงเวลาที่สะท้อนถึงความไม่เสถียรของราคาและความเสี่ยงที่เพิ่มขึ้น ผลการศึกษานี้สามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลสนับสนุนการวางแผน การบริหารความเสี่ยง และการตัดสินใจในภาคเกษตรกรรมได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: ราคาน้ำมันปาล์ม เสถียรภาพของราคา ความเสี่ยงของราคา Z-score ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่

Abstract

This study aims to analyze the stability and risk of palm oil prices in Thailand using annual average price data from 2015 to 2024. The data were obtained from secondary sources provided by the Office of Agricultural Economics. The data analysis consisted of trend analysis using line graphs, price stability analysis using moving averages and standard deviation, and risk assessment using Z-score analysis.

The results revealed that palm oil prices had an average value of 4.89 baht per kilogram, with a standard deviation of 1.58, indicating a moderate level of price fluctuation. The prices fluctuated according to market mechanisms, showing a significant decline during 2018–2019 and a marked increase during 2021–2022. Based on Z-score analysis, the values ranged from -1.57 to 1.84, which did not exceed the predefined threshold. Specifically, Z-score values remained within the range of -2 to 2, indicating no statistically significant price anomalies. However, when considering absolute Z-score values greater than 1.5, certain periods reflected a high level of price risk, particularly in 2019 and 2022.

In conclusion, although palm oil prices in Thailand did not show statistically significant price abnormalities, certain periods still reflected price instability and increased risk. The findings of this study can be used to support planning, risk management, and decision-making in the agricultural sector effectively.

Keywords: Palm oil price, Price stability, Price risk, Z-score, Moving Average

บทนำ

น้ำมันปาล์มเป็นหนึ่งในสินค้าเกษตรเศรษฐกิจที่มีบทบาทสำคัญต่อระบบเศรษฐกิจของประเทศไทย ทั้งในด้านการบริโภคภายในประเทศ อุตสาหกรรมอาหาร อุตสาหกรรมพลังงานชีวภาพ และการส่งออก โดยประเทศไทยจัดเป็นหนึ่งในประเทศผู้ผลิตน้ำมันปาล์มรายสำคัญของโลก ส่งผลให้การเปลี่ยนแปลงของราคาน้ำมันปาล์มมีความเชื่อมโยงกับภาคเศรษฐกิจในหลายมิติ ทั้งด้านรายได้ของเกษตรกร ต้นทุนการผลิต และเสถียรภาพของตลาดสินค้าเกษตร (World Bank, 2024; Food and Agriculture Organization, 2023)

ราคาน้ำมันปาล์มมีลักษณะเปลี่ยนแปลงตามกลไกของตลาด ซึ่งได้รับอิทธิพลจากหลายปัจจัย ได้แก่ ภาวะอุปสงค์และอุปทานของตลาดโลก สภาพภูมิอากาศ ต้นทุนการผลิต นโยบายภาครัฐ และความต้องการใช้น้ำมันปาล์มในภาคพลังงาน โดยเฉพาะการส่งเสริมการใช้ไบโอดีเซล ซึ่งอาจส่งผลให้ราคาน้ำมันปาล์มเกิดความผันผวนในแต่ละช่วงเวลา ความผันผวนดังกล่าวส่งผลกระทบโดยตรงต่อรายได้ของเกษตรกร การบริหารจัดการห่วงโซ่อุปทาน และการวางแผนด้านการผลิตและการตลาดในภาคเกษตรกรรม (World Bank, 2024)

การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงสถิติเป็นแนวทางสำคัญที่ช่วยอธิบายพฤติกรรมของราคาและประเมินระดับความเสี่ยงได้อย่างเป็นระบบ โดยการวิเคราะห์แนวโน้ม (Trend analysis) สามารถช่วยแสดงทิศทางการเปลี่ยนแปลงของราคาในแต่ละช่วงเวลา ขณะที่ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ (Moving average) เป็นวิธีการที่ช่วยลดผลกระทบจากความผันผวนระยะสั้นและสะท้อนแนวโน้มของข้อมูลใน

ระยะยาวได้อย่างชัดเจน (Hyndman and Athanasopoulos, 2021) นอกจากนี้ การวิเคราะห์ความเสี่ยงด้วยค่า Z-score ยังเป็นเครื่องมือทางสถิติที่ช่วยวัดระดับความเบี่ยงเบนของข้อมูลจากค่าเฉลี่ย และสามารถใช้ระบุช่วงเวลาที่ราคามีความเสี่ยงสูงหรือมีลักษณะเบี่ยงเบนจากภาวะปกติได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Pang et al., 2021)

จากความสำคัญดังกล่าว การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์เสถียรภาพและความเสี่ยงของราคาน้ำมันปาล์มในประเทศไทย โดยใช้ข้อมูลราคาน้ำมันปาล์มเฉลี่ยรายปีในช่วงปี พ.ศ. 2558 ถึง พ.ศ. 2567 ซึ่งรวบรวมจากสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร ผ่านการประยุกต์ใช้วิธีการทางสถิติ ได้แก่ การวิเคราะห์แนวโน้ม การใช้ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ และการวิเคราะห์ค่า Z-score เพื่ออธิบายพฤติกรรมของราคา ประเมินเสถียรภาพ และระบุช่วงเวลาที่มีความเสี่ยงด้านราคาสูง อันจะเป็นประโยชน์ต่อการวางแผนและการตัดสินใจในภาคเกษตรกรรม

นอกจากนี้ แนวทางการวิเคราะห์ข้อมูลดังกล่าวยังสามารถต่อยอดสู่การพัฒนาแบบจำลองปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence; AI) และเทคนิคการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) เพื่อสนับสนุนการพยากรณ์ราคาสินค้าเกษตรและการบริหารความเสี่ยงในอนาคตได้อย่างมีประสิทธิภาพ

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

แหล่งข้อมูล

การศึกษานี้ใช้ข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary data) ด้านราคาน้ำมันปาล์มเฉลี่ยรายปีของประเทศไทย ซึ่งรวบรวมจากสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ โดยข้อมูลครอบคลุมช่วงปี พ.ศ. 2558 ถึง พ.ศ. 2567 เพื่อสะท้อนการเปลี่ยนแปลงของราคาน้ำมันปาล์มในประเทศไทยทั้งในช่วงราคาปรับตัวเพิ่มขึ้นและลดลงอย่างต่อเนื่อง (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2567)

ข้อมูลดังกล่าวเป็นข้อมูลทางการที่มีความน่าเชื่อถือ และได้รับการนำมาใช้อย่างแพร่หลายในงานศึกษาด้านเศรษฐศาสตร์การเกษตรและการวิเคราะห์ตลาดสินค้าเกษตร โดยข้อมูลราคาที่ใช้ในการศึกษานี้เป็นค่าเฉลี่ยรายปี ซึ่งสามารถสะท้อนภาพรวมของระดับราคาในแต่ละช่วงเวลาได้อย่างเหมาะสม และเอื้อต่อการวิเคราะห์ข้อมูลในลักษณะอนุกรมเวลา (Time series) เพื่อศึกษาทั้งแนวโน้ม เสถียรภาพ และความเสี่ยงของราคา

นอกจากนี้ เพื่อสนับสนุนการอภิปรายผลและเพิ่มความครอบคลุมของการวิเคราะห์ ยังมีการใช้อ้างอิงข้อมูลประกอบจากรายงานสถานการณ์ตลาดสินค้าเกษตรโลกของธนาคารโลกและองค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ ซึ่งให้ข้อมูลเกี่ยวกับอุปสงค์ อุปทาน และแนวโน้มราคาสินค้าเกษตรในระดับนานาชาติ อันช่วยให้การตีความผลการศึกษามีความสอดคล้องกับบริบททางเศรษฐกิจในระดับสากล (World Bank, 2024; Food and Agriculture Organization, 2023)

การเตรียมข้อมูล

ข้อมูลราคาน้ำมันปาล์มที่ใช้ในการศึกษานี้เป็นข้อมูลทุติยภูมิในลักษณะอนุกรมเวลา (Time series) ซึ่งประกอบด้วยข้อมูลราคาน้ำมันปาล์มเฉลี่ยรายปีในช่วงปี พ.ศ. 2558 ถึง พ.ศ. 2567 ก่อนดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูล ได้มีการเตรียมข้อมูลอย่างเป็นระบบ เพื่อให้ข้อมูลมีความถูกต้อง ครบถ้วน และเหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์ทางสถิติ

ในขั้นตอนแรก มีการตรวจสอบความครบถ้วนและความถูกต้องของข้อมูล (Data validation) เพื่อคัดกรองข้อมูลที่ผิดพลาดหรือไม่สอดคล้องกัน รวมถึงตรวจสอบความต่อเนื่องของข้อมูลให้ครอบคลุมช่วงเวลาที่ศึกษา จากนั้นจึงจัดรูปแบบ

ข้อมูลให้อยู่ในลักษณะตาราง โดยกำหนดให้ปี พ.ศ. เป็นตัวแปรเวลา (Time variable) และราคาน้ำมันปาล์มเป็นตัวแปรหลักของการศึกษา (Primary variable)

ในขั้นตอนถัดมา มีการจัดเตรียมข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบที่เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์ทางสถิติ (Data preparation) โดยตรวจสอบความสอดคล้องของหน่วยข้อมูลให้อยู่ในมาตรฐานเดียวกัน คือ บาทต่อกิโลกรัม และจัดเรียงข้อมูลตามลำดับเวลา เพื่อรองรับการคำนวณค่าสถิติที่สำคัญ ได้แก่ ค่าเฉลี่ย (Mean) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ (Moving average) และค่า Z-score

กระบวนการเตรียมข้อมูลดังกล่าวช่วยให้ชุดข้อมูลมีความพร้อมสำหรับการวิเคราะห์แนวโน้ม การประเมินเสถียรภาพ และการวิเคราะห์ความเสี่ยงของราคาน้ำมันปาล์มในขั้นตอนถัดไป

วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล

1. การวิเคราะห์แนวโน้ม (Trend Analysis)

การวิเคราะห์แนวโน้ม (Trend analysis) และการใช้ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ (Moving average) ในการศึกษานี้อาศัยแนวคิดการวิเคราะห์ข้อมูลอนุกรมเวลา โดยใช้เทคนิคการทำให้ข้อมูลเรียบ (Smoothing) เพื่อช่วยแยกแนวโน้มของข้อมูลออกจากความผันผวนระยะสั้น (Hyndman and Athanasopoulos, 2021)

การวิเคราะห์แนวโน้มของราคาน้ำมันปาล์มดำเนินการโดยใช้กราฟเส้น (Line graph) เพื่อแสดงการเปลี่ยนแปลงของราคาน้ำมันปาล์มเฉลี่ยรายปีในช่วงปี พ.ศ. 2558 ถึง พ.ศ. 2567 โดยกำหนดให้แกนแนวนอนแสดงช่วงเวลา (ปี) และแกนแนวตั้งแสดงระดับราคาน้ำมันปาล์ม (บาทต่อกิโลกรัม) ซึ่งเหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลอนุกรมเวลา และช่วยให้สามารถอธิบายรูปแบบการเปลี่ยนแปลงของราคา ทั้งแนวโน้มเพิ่มขึ้น (Upward trend) แนวโน้มลดลง (Downward trend) และแนวโน้มคงที่ (Stable trend) รวมถึงระบุช่วงเวลาที่เกิดความผันผวนของราคาได้อย่างชัดเจน (Hyndman and Athanasopoulos, 2021)

ผลการวิเคราะห์แนวโน้มถูกนำมาใช้เป็นพื้นฐานสำหรับการวิเคราะห์ในขั้นตอนถัดไป ได้แก่ การประเมินเสถียรภาพของราคาด้วยค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ (Moving average) และการวิเคราะห์ความเสี่ยงด้วยค่า Z-score เพื่อช่วยให้การอธิบายพฤติกรรมของราคามีความครอบคลุมมากยิ่งขึ้น (Pang et al., 2021)

การวิเคราะห์ข้อมูลดำเนินการโดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel และภาษา Python สำหรับการคำนวณทางสถิติและการจัดทำกราฟประกอบการวิเคราะห์

2. การวิเคราะห์เสถียรภาพ

การวิเคราะห์เสถียรภาพของราคาน้ำมันปาล์มในงานวิจัยนี้ดำเนินการโดยใช้ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ (Moving Average) เพื่อศึกษาพฤติกรรมของราคาในระยะยาว โดยในการศึกษานี้ใช้ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบ 3 ปี (3-year Moving Average) ซึ่งช่วยลดผลกระทบจากความผันผวนระยะสั้น (short-term fluctuations) และทำให้สามารถมองเห็นแนวโน้มที่แท้จริงของราคาได้ชัดเจนยิ่งขึ้น แนวทางดังกล่าวสอดคล้องกับหลักการวิเคราะห์อนุกรมเวลาที่เสนอโดย Hyndman and Athanasopoulos (2021)

นอกจากนี้ ยังมีการใช้ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) เพื่อประเมินระดับความผันผวนของราคา โดยค่าดังกล่าวใช้วัดการกระจายตัวของข้อมูลจากค่าเฉลี่ย หากมีค่าสูงแสดงว่าราคามีความผันผวนสูงและมีความไม่เสถียร ในทางตรงกันข้าม หากมีค่าต่ำแสดงว่าราคามีความเสถียรมากกว่า

ผลการวิเคราะห์เสถียรภาพโดยใช้ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ร่วมกับส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานช่วยให้สามารถประเมินระดับความมั่นคงของราคาน้ำมันปาล์มในแต่ละช่วงเวลาได้อย่างเป็นระบบ และเป็นพื้นฐานสำคัญสำหรับการวิเคราะห์ความเสี่ยงของราคาในขั้นตอนถัดไป

3. การตรวจจับความเสี่ยง

การตรวจจับความเสี่ยงของราคาน้ำมันปาล์มในงานวิจัยนี้ดำเนินการโดยใช้ค่า Z-score ซึ่งเป็นเครื่องมือทางสถิติที่ใช้วัดระดับความเบี่ยงเบนของข้อมูลจากค่าเฉลี่ย โดยสามารถสะท้อนระดับความผิดปกติหรือความเสี่ยงของราคาในแต่ละช่วงเวลาได้อย่างมีประสิทธิภาพ ตามแนวทางการวิเคราะห์ข้อมูลที่นำเสนอโดย Pang et al. (2021)

$$Z = \frac{X - \mu}{\sigma} \quad (1)$$

เมื่อ X คือ ค่าราคาน้ำมันปาล์มในช่วงเวลาที่พิจารณา (Observed value)

μ คือ ค่าเฉลี่ยของข้อมูลทั้งหมด (Mean)

σ คือ ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ซึ่งใช้วัดระดับการกระจายตัวของข้อมูล (Standard Deviation)

เนื่องจากการศึกษานี้ใช้ข้อมูลรายปีจำนวน 10 ค่า (N=10) การวิเคราะห์ค่า Z-score จึงมุ่งเน้นการประเมินความเสี่ยงเชิงสัมพัทธ์ (Relative risk) ภายในกรอบเวลาที่ศึกษา เพื่อเปรียบเทียบระดับความเบี่ยงเบนของราคาในแต่ละปีเมื่อเทียบกับค่าเฉลี่ยของข้อมูลทั้งหมด มากกว่าการสรุปความผิดปกติในเชิงสถิติแบบสมบูรณ์ ทั้งนี้ แนวทางดังกล่าวช่วยให้สามารถระบุช่วงเวลาที่มีความเสี่ยงด้านราคาสูงได้อย่างเหมาะสมภายใต้ข้อจำกัดของขนาดข้อมูล

ในการศึกษานี้ กำหนดเกณฑ์การพิจารณาความผิดปกติ (Anomaly) ที่ค่า Z-score มากกว่า 2 หรือน้อยกว่าลบ 2 ซึ่งสะท้อนถึงค่าที่มีการเบี่ยงเบนจากค่าเฉลี่ยในระดับสูงและอาจบ่งชี้ถึงความผิดปกติของราคาในเชิงสถิติ นอกจากนี้ ยังได้กำหนดช่วงความเสี่ยงของราคา (Risk level) โดยใช้เกณฑ์ค่าสัมบูรณ์ของ Z-score มากกว่า 1.5 เพื่อระบุช่วงเวลาที่ราคามีความผันผวนสูง แม้ว่ายังไม่ถึงระดับความผิดปกติในเชิงสถิติ

ผลการวิจัย

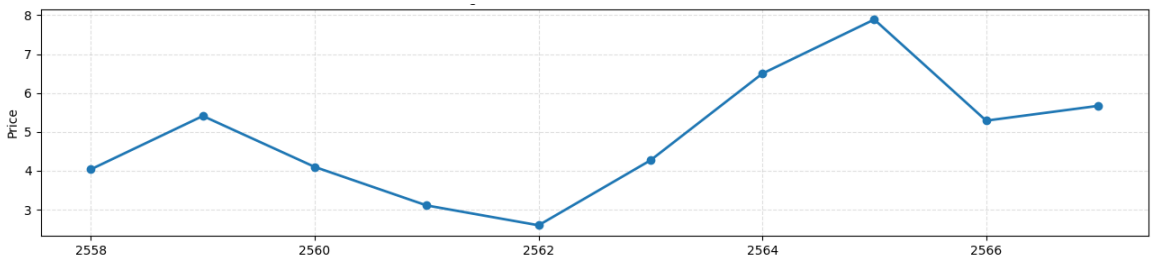
1. ผลการวิเคราะห์แนวโน้มราคา

การวิเคราะห์แนวโน้มราคาน้ำมันปาล์มในประเทศไทยในช่วงปี พ.ศ. 2558 ถึง พ.ศ. 2567 พบว่าราคามีการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่อง โดยมีลักษณะการเคลื่อนไหวของราคาเป็นช่วง (Phase) ประกอบด้วยช่วงแนวโน้มลดลง ช่วงแนวโน้มเพิ่มขึ้น และช่วงปรับตัวเข้าสู่ภาวะทรงตัว สะท้อนให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงของราคาน้ำมันปาล์มตามช่วงเวลาอย่างชัดเจน ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ราคาน้ำมันปาล์มในประเทศไทย (พ.ศ. 2558 ถึง พ.ศ. 2567)

ปี พ.ศ.	ราคา (บาทต่อกิโลกรัม)
2558	4.04
2559	5.41
2560	4.10
2561	3.11
2562	2.60
2563	4.27
2564	6.50
2565	7.89
2566	5.29
2567	5.67

แหล่งที่มา: สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2567)



รูปที่ 1 แนวโน้มราคาน้ำมันปาล์มเฉลี่ยรายปีในประเทศไทย (พ.ศ. 2558 ถึง พ.ศ. 2567)

จากตารางที่ 1 และกราฟแนวโน้มราคา รูปที่ 1 พบว่าราคาน้ำมันปาล์มมีการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่องตลอดช่วงเวลาที่ศึกษา โดยสามารถแบ่งลักษณะการเปลี่ยนแปลงของราคาออกเป็น 3 ช่วงสำคัญ ได้แก่

1) ช่วงปี พ.ศ. 2558 ถึง พ.ศ. 2562 ราคามีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่อง

2) ช่วงปี พ.ศ. 2563 ถึง พ.ศ. 2565 ราคามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน

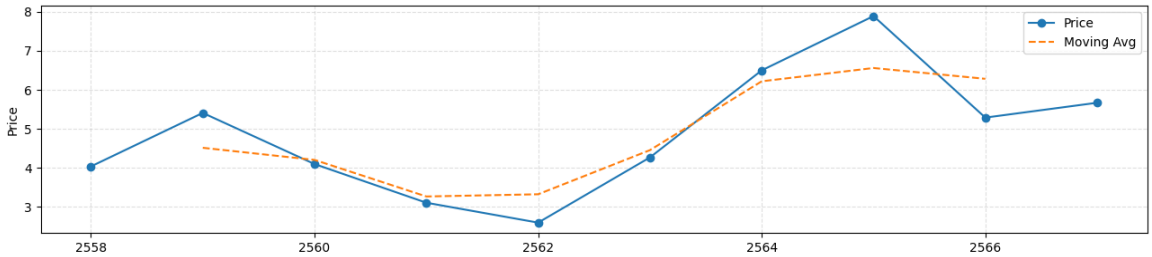
3) ช่วงปี พ.ศ. 2566 ถึง พ.ศ. 2567 ราคามีการปรับตัวลดลงและเริ่มทรงตัว

2. ผลการวิเคราะห์เสถียรภาพของราคา

การวิเคราะห์เสถียรภาพของราคาน้ำมันปาล์มดำเนินการโดยใช้ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ (Moving Average) ร่วมกับส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) เพื่อประเมินทั้งแนวโน้มระยะยาวและระดับความผันผวนของข้อมูลในรูปที่ 2 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างราคาจริงและค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ พบว่าเส้นค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่มีลักษณะเรียบกว่าราคาจริงอย่างชัดเจน แสดงถึงความสามารถในการลดความผันผวนในระยะสั้น และช่วยให้แนวโน้มของราคาในระยะยาวมีความชัดเจนยิ่งขึ้น

เมื่อพิจารณาร่วมกับแนวโน้มของราคาในภาพรวม พบว่าราคามีการปรับตัวลดลงในช่วงปี พ.ศ. 2558 ถึง พ.ศ. 2562 ก่อนที่จะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในช่วงปี พ.ศ. 2563 ถึง พ.ศ. 2565 และเริ่มชะลอตัวในช่วงปี พ.ศ. 2566 ถึง พ.ศ. 2567 ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์แนวโน้มในส่วนก่อนหน้า

นอกจากนี้ ความแตกต่างระหว่างราคาจริงและค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ในบางช่วงเวลา โดยเฉพาะในช่วงที่ราคามีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว สะท้อนถึงระดับความไม่เสถียรของราคาในระยะสั้น



รูปที่ 2 ราคาน้ำมันปาล์มเทียบกับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ (Moving Average)

จากรูปที่ 2 พบว่าค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ (Moving Average) สามารถช่วยลดความผันผวนของข้อมูลในระยะสั้น และสะท้อนแนวโน้มของราคาน้ำมันปาล์มในระยะยาวได้ชัดเจนยิ่งขึ้น อย่างไรก็ตาม เพื่อให้เห็นลักษณะการกระจายตัวของข้อมูลและระดับความผันผวนของราคาอย่างเป็นระบบ ผู้วิจัยจึงได้วิเคราะห์สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) ประกอบด้วย ค่าเฉลี่ย (Mean) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ค่าสูงสุด (Maximum) และค่าต่ำสุด (Minimum) ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 สถิติเชิงพรรณนาของราคาน้ำมันปาล์มในประเทศไทย (พ.ศ. 2558–2567)

สถิติ	ค่า
ค่าเฉลี่ย (Mean)	4.89
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)	1.58
ค่าสูงสุด (Maximum)	7.89
ค่าต่ำสุด (Minimum)	2.60

แหล่งที่มา: คำนวณโดยผู้วิจัยจากข้อมูลสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2567)

จากตารางที่ 2 พบว่าราคาน้ำมันปาล์มเฉลี่ยในช่วงเวลาที่ศึกษามีค่าเท่ากับ 4.89 บาทต่อกิโลกรัม โดยมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.58 สะท้อนถึงระดับความผันผวนของราคาในระดับปานกลาง ทั้งนี้ ราคาสูงสุดอยู่ที่ 7.89 บาทต่อกิโลกรัมในปี พ.ศ. 2565 และราคาต่ำสุดอยู่ที่ 2.60 บาทต่อกิโลกรัมในปี พ.ศ. 2562

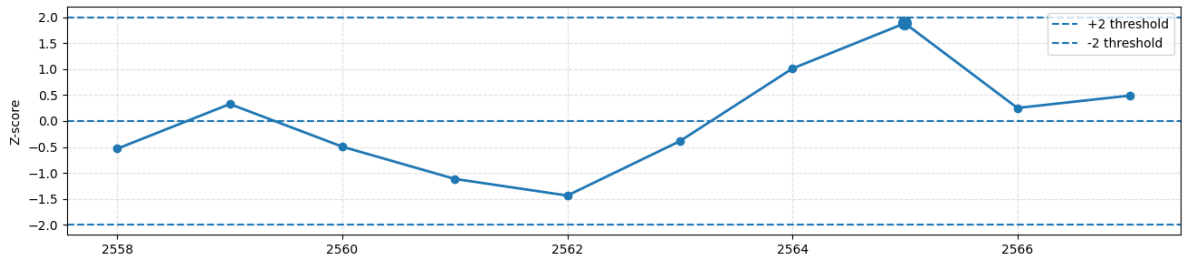
3. ผลการวิเคราะห์ความเสี่ยงของราคา

การวิเคราะห์ความเสี่ยงของราคาน้ำมันปาล์มในประเทศไทยดำเนินการโดยใช้ค่า Z-score เพื่อประเมินระดับความเบี่ยงเบนของราคาในแต่ละช่วงเวลา ซึ่งสามารถสะท้อนระดับความเสี่ยงของราคาได้อย่างเป็นระบบ โดยค่า Z-score แสดงให้เห็นว่าราคาของแต่ละปีแตกต่างจากค่าเฉลี่ยของข้อมูลมากน้อยเพียงใด

ตารางที่ 3 ค่า Z-score ของราคาน้ำมันปาล์มในประเทศไทย (พ.ศ. 2558 ถึง พ.ศ. 2567)

ปี พ.ศ.	ราคา (บาทต่อกิโลกรัม)	Z-score	การแปลผล
2558	4.04	-0.64	ปกติ
2559	5.41	0.30	ปกติ
2560	4.10	-0.60	ปกติ
2561	3.11	-1.29	ปกติ
2562	2.60	-1.57	ปกติ (มีความเสี่ยงสูง)
2563	4.27	-0.48	ปกติ
2564	6.50	1.06	ปกติ
2565	7.89	1.84	ปกติ (มีความเสี่ยงสูง)
2566	5.29	0.20	ปกติ
2567	5.67	0.46	ปกติ

แหล่งที่มา: คำนวณโดยผู้วิจัยจากข้อมูลสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2567)



รูปที่ 3 การวิเคราะห์ความเสี่ยงของราคาน้ำมันปาล์มด้วยค่า Z-score

จากตารางที่ 3 และรูปที่ 3 พบว่าค่า Z-score ของราคาน้ำมันปาล์มอยู่ในช่วง -1.57 ถึง 1.84 ซึ่งยังไม่ถึงเกณฑ์ความผิดปกติที่กำหนดไว้ คือ มากกว่า 2 หรือน้อยกว่า -2 จึงแสดงว่าไม่พบความผิดปกติของราคาในเชิงสถิติอย่างมีนัยสำคัญ โดยภาพรวมค่าดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่าราคาน้ำมันปาล์มยังคงเคลื่อนไหวอยู่ภายในขอบเขตปกติเมื่อเทียบกับค่าเฉลี่ยของข้อมูล

อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาในเชิงรายละเอียด พบว่าค่า Z-score มีการเปลี่ยนแปลงในลักษณะสอดคล้องกับระดับราคาที่เกิดขึ้นในแต่ละช่วงเวลา โดยในช่วงที่ราคาปรับตัวลดลง ค่า Z-score มีแนวโน้มเป็นค่าติดลบ ขณะที่ในช่วงที่ราคาปรับตัวเพิ่มขึ้น ค่า Z-score มีแนวโน้มเป็นค่าบวก ซึ่งแสดงถึงการเบี่ยงเบนของราคาจากค่าเฉลี่ยในทิศทางที่แตกต่างกัน

นอกจากนี้ เมื่อพิจารณาค่าที่มีค่าสัมบูรณ์มากกว่า 1.5 พบว่ามีบางช่วงเวลาที่สามารถจัดเป็นช่วงความเสี่ยงด้านราคาสูง โดยเฉพาะในปี พ.ศ. 2562 และ 2565 ซึ่งเป็นช่วงที่ค่า Z-score มีค่าต่ำและสูงที่สุดตามลำดับ สะท้อนถึงระดับการเบี่ยงเบนของราคาจากค่าเฉลี่ยในระดับสูง แม้ว่ายังไม่ถึงเกณฑ์ความผิดปกติในเชิงสถิติ

การอภิปรายผล

ผลการศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่าราคาน้ำมันปาล์มในประเทศไทยมีความผันผวนตามกลไกของตลาดสินค้าเกษตร โดยพบแนวโน้มลดลงในช่วงปี พ.ศ. 2561 ถึง พ.ศ. 2562 และปรับตัวเพิ่มขึ้นในช่วงปี พ.ศ. 2564 ถึง พ.ศ. 2565 ซึ่งสะท้อนถึงอิทธิพลของปัจจัยด้านอุปสงค์และอุปทาน รวมถึงสภาวะเศรษฐกิจทั้งในระดับประเทศและระดับโลก ทั้งนี้ ผลลัพธ์ดังกล่าวสอดคล้องกับรายงานของ World Bank (2024) และ Food and Agriculture Organization (2023) ที่ระบุว่าราคาสินค้าเกษตรมีความอ่อนไหวต่อการเปลี่ยนแปลงของตลาดโลกและปัจจัยด้านเศรษฐกิจมหภาค

แม้ผลการวิเคราะห์จะไม่พบความผิดปกติของราคาในเชิงสถิติ (Anomaly) ตามเกณฑ์ที่กำหนด แต่สามารถระบุช่วงเวลาที่มีความเสี่ยงด้านราคาสูง (High-risk period) ได้อย่างชัดเจน โดยเฉพาะในปี พ.ศ. 2562 และ 2565 ซึ่งเป็นช่วงที่ราคามีการเบี่ยงเบนจากค่าเฉลี่ยในระดับสูง แม้ว่ายังไม่ถึงระดับความผิดปกติ ทั้งนี้สะท้อนให้เห็นว่าการใช้ค่า Z-score สามารถตรวจจับความเสี่ยงเชิงสัมพัทธ์ได้ แม้ในกรณีที่ไม่เกิดเหตุการณ์ผิดปกติรุนแรง (Pang et al., 2021)

การใช้ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ (Moving Average) ร่วมกับค่า Z-score มีบทบาทสำคัญในการเพิ่มความแม่นยำในการตีความพฤติกรรมของราคา โดยค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ช่วยลดความผันผวนในระยะสั้นและทำให้เห็นแนวโน้มระยะยาวได้ชัดเจนยิ่งขึ้น ขณะที่ค่า Z-score ช่วยวัดระดับความเบี่ยงเบนของราคาในแต่ละช่วงเวลา ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดการวิเคราะห์อนุกรมเวลาของ Hyndman and Athanasopoulos (2021) และแนวคิดการตรวจจับความผิดปกติของข้อมูล (Anomaly detection) ตามแนวทางของ Pang et al. (2021)

อย่างไรก็ตาม การศึกษานี้มีข้อจำกัดด้านขนาดข้อมูล เนื่องจากใช้ข้อมูลเฉลี่ยรายปีจำนวน 10 ค่า (N=10) ซึ่งอาจยังไม่สามารถสะท้อนความผันผวนของราคาในระยะสั้นได้อย่างละเอียด ดังนั้น การศึกษาในอนาคตควรพิจารณาใช้ข้อมูลรายเดือนหรือรายสัปดาห์ รวมถึงประยุกต์ใช้แบบจำลองขั้นสูง เช่น ARIMA หรือ Machine Learning เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการประเมินความเสี่ยงและการพยากรณ์ราคาในอนาคต

บทสรุป

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์เสถียรภาพและความเสี่ยงของราคาน้ำมันปาล์มในประเทศไทยในช่วงปี พ.ศ. 2558 ถึง พ.ศ. 2567 โดยประยุกต์ใช้การวิเคราะห์แนวโน้ม (Trend Analysis) ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ (Moving Average) และค่า Z-score เพื่อประเมินพฤติกรรมของราคา เสถียรภาพ และระดับความเสี่ยงของราคา

ผลการศึกษาพบว่าราคาน้ำมันปาล์มมีการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่องตามกลไกของตลาดสินค้าเกษตร แม้ไม่พบความผิดปกติของราคาในเชิงสถิติจากค่า Z-score แต่สามารถระบุช่วงเวลาที่มีความเสี่ยงด้านราคาสูงได้ โดยเฉพาะในปี พ.ศ. 2562 และ 2565 ซึ่งสะท้อนถึงการเบี่ยงเบนของราคาจากค่าเฉลี่ยในระดับสูง

ผลการศึกษานี้สามารถใช้เป็นข้อมูลสนับสนุนการติดตามสถานการณ์ราคา การบริหารความเสี่ยง และการตัดสินใจในภาคเกษตรกรรม อย่างไรก็ตาม การศึกษานี้ยังมีข้อจำกัดด้านขนาดข้อมูล เนื่องจากใช้ข้อมูลเฉลี่ยรายปีจำนวน 10 ค่า (N=10) ดังนั้น การศึกษาในอนาคตควรพิจารณาใช้ข้อมูลรายเดือนหรือรายสัปดาห์ รวมถึงประยุกต์ใช้เทคนิคปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence; AI) และ Machine Learning เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการพยากรณ์ราคาและการประเมินความเสี่ยงในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอแสดงความขอบคุณมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร สาขาวิชานวัตกรรมและการจัดการอุตสาหกรรมเกษตร ที่ได้สนับสนุนองค์ความรู้และทรัพยากรอันเป็นประโยชน์ต่อการดำเนินงานวิจัยครั้งนี้ รวมถึงมหาวิทยาลัยศรีปทุม คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ ที่ได้ให้การสนับสนุนและความอนุเคราะห์ทางวิชาการ

นอกจากนี้ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษา คณาจารย์ และผู้มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่าน ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำ แนวคิด และข้อเสนอแนะอันเป็นประโยชน์ตลอดระยะเวลาการศึกษา ซึ่งมีส่วนสำคัญทำให้งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์

เอกสารอ้างอิง

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2567). ข้อมูลราคาน้ำมันปาล์ม. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

Food and Agriculture Organization. (2023). FAOSTAT Statistical Database. Rome, Italy: FAO.

Gilbert, C. L. (2010). How to understand high food prices. Journal of Agricultural Economics, 61(2), 398–425.

Hyndman, R. J., & Athanasopoulos, G. (2021). Forecasting: Principles and Practice (3rd ed.). OTexts.

Pang, G., Shen, C., Cao, L., & Van Den Hengel, A. (2021). Deep learning for anomaly detection: A review. ACM Computing Surveys, 54(2), 1–38.

Pindyck, R. S. (2004). Volatility in natural resource markets. Journal of Environmental Economics and Management, 47(2), 205–230.

World Bank. (2024). Commodity Markets Outlook. World Bank Publications.

ระบบตรวจสอบความสมบูรณ์ของหัวสกรูด้วยปัญญาประดิษฐ์
Ai-based screw head integrity inspection system

เทพนิมิตร อาสาสำเร็จ[1*]
Thapnimit Arsasamrej[1*]

[1*]*โรงเรียนศรียาภัย จังหวัดชุมพร*
[*]*Corresponding Author E-mail Address :* ***std47737@sriyapai.ac.th***

บทคัดย่อ

ปัญหาหัวน็อตรูด(Strippedscrew)เป็นอุปสรรคสำคัญในงานซ่อมบำรุงอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์การใช้แรงบิดที่มากเกินไปส่งผลให้เกิดเศษโลหะ(Metalshavings)หลุดร่วงลงบนแผงวงจรก่อให้เกิดการลัดวงจรการตรวจสอบด้วยสายตามนุษย์มีข้อจำกัดด้านความเหนื่อยล้าและความลำเอียงงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบตรวจสอบความสมบูรณ์ของหัวสกรูด้วยปัญญาประดิษฐ์โดยใช้เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์วิชัน(ComputerVision)และสถาปัตยกรรมโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน(CNN)ผ่านโมเดลYOLOv8วิธีการดำเนินงานประกอบด้วยการรวบรวมชุดข้อมูลภาพหัวสกรูจำนวนระบุจำนวนภาพแบ่งชุดข้อมูลเป็นTrain/Validation/Testในสัดส่วนระบุสัดส่วนเช่น70:20:10และทำการฝึกสอนโมเดล

ผลการทดลองพบว่าในสภาวะแสงสว่างปกติ (500Lux) ระบบสามารถทำผลลัพธ์ได้ดีที่สุดโดยมีค่าความถูกต้อง ร้อยละ 98.50, ค่าความแม่นยำ (Precision) ร้อยละ97.80 และค่าความระลึก (Recall) ร้อยละ98.20 อย่างไรก็ตามประสิทธิภาพจะลดลงในสภาพแสงน้อยหรือมีคราบสกปรกสรุปได้ว่าระบบนี้มีความสามารถในการตรวจจับสภาพความสึกหรอของหัวสกรูได้อย่างรวดเร็วและแม่นยำช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการซ่อมบำรุง และลดความเสี่ยงจากเศษโลหะได้อย่างมีนัยสำคัญ

คำสำคัญ: หัวสกรูรูด คอมพิวเตอร์วิชัน ปัญญาประดิษฐ์ โครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน YOLOv8

Abstract

The problem of stripped screws is a significant obstacle in electronic equipment maintenance. Applying excessive torque causes metal shavings to fall onto circuit boards, which can subsequently lead to short circuits. Manual visual inspection is highly limited by human fatigue and subjectivity. Therefore, this research aims to develop an AI-based screw head integrity inspection system , utilizing Computer Vision technology and a Convolutional Neural Network (CNN) architecture via the YOLOv8 model. The methodology involves collecting an image dataset of screw heads (*[Please specify the number of images]*), dividing the dataset into Train/Validation/Test sets at a specified ratio (e.g., 70:20:10), and training the model.

The experimental results revealed that the system achieved optimal performance under normal lighting conditions (500 Lux). It yielded an accuracy of 98.50%, a precision of 97.80%, and a recall of 98.20%.

However, the efficiency decreased in low-light environments or when the screws had oil or dust stains. In conclusion, this system is capable of detecting the wear condition of screw heads rapidly and accurately , significantly improving maintenance efficiency and mitigating the risks associated with metal shavings.

Keywords: Stripped screw, Computer Vision, Artificial Intelligence, Convolutional Neural Network YOLOv8

บทนำ

ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ปัญหาหัวน็อตรูด(Strippedscrew)โดยเฉพาะเมื่อหัวสกรูเกิดการสึกหรอจากการใช้แรงบิดที่มากเกินไปหรือการเลือกใช้เครื่องมือที่ไม่เหมาะสมส่งผลให้เกิดเศษโลหะขนาดเล็ก(Metalshavings)หลุดร่วงและกระจายตัวลงบนแผงวงจรซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดการลัดวงจรและสร้างความเสียหายถาวรแก่ส่วนประกอบภายในอย่างไรก็ตามการตรวจสอบความผิดปกติเหล่านี้ด้วยสายตามนุษย์(ManualVisualInspection)มีข้อจำกัดสูงเนื่องจากในงานที่มีความละเอียดระดับไมโครสายตามนุษย์มักเกิดความเหนื่อยล้าเมื่อต้องปฏิบัติงานติดต่อกันเป็นเวลานานอีกทั้งยังมีปัจจัยด้านความลำเอียงส่วนบุคคลและมีโอกาสเกิดความคลาดเคลื่อนสูง (Human Error)

การทบทวนวรรณกรรมและช่องว่างงานวิจัย (Literature Review & Research Gap)

ที่ผ่านมาการนำเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ (AI) และการประมวลผลภาพ (Computer Vision) มาประยุกต์ใช้ในงานอุตสาหกรรมได้รับการพิสูจน์แล้วว่าช่วยเพิ่มความแม่นยำในการตรวจสอบคุณภาพ (Quality Control) ได้อย่างมีประสิทธิภาพสถาปัตยกรรมโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน (CNN) โดยเฉพาะโมเดลในกลุ่ม YOLO (You Only Look Once) มีความโดดเด่นด้านการตรวจจับวตถุแบบเรียลไทม์ อย่างไรก็ตามงานวิจัยส่วนใหญ่ยังเน้นที่การตรวจสอบรอยร้าวของวัสดุขนาดใหญ่ และยังขาดการประยุกต์ใช้กับการตรวจสอบเชิงลึกในระดับหัวสกรูขนาดไมโครในแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์งานวิจัยนี้จึงมุ่งเติมเต็มช่องว่างดังกล่าว

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อพัฒนาระบบตรวจสอบความสมบูรณ์ของหัวสกรูด้วยปัญญาประดิษฐ์ผ่านโมเดล YOLOv8 เพื่อประเมินและเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานของโมเดลภายใต้สภาวะแวดล้อมที่แตกต่างกัน

ข้อจำกัดของการตรวจสอบด้วยสายตามนุษย์และคอมพิวเตอร์วิชัน

ขั้นตอนและกระบวนการในการซ่อมบำรุงและควบคุมคุณภาพระดับอุตสาหกรรมการพึ่งพาผู้ปฏิบัติงานเพื่อตรวจสอบข้อบกพร่อง (Manua Visual Inspection) มักนำไปสู่ความผิดพลาดที่เกิดจากความเหนื่อยล้าและข้อจำกัดทางการมองเห็น Czimmermann และคณะ (2020) ได้ศึกษาและยืนยันว่าการนำเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์และคอมพิวเตอร์วิชันมาใช้ในการตรวจจับข้อบกพร่อง(DefectDetection)สามารถลดความผิดพลาดด้อย่างเป็นรูปธรรมและให้ผลลัพธ์ที่มีความสม่ำเสมอสูงกว่าในสายพานการทำงานจริง

โครงข่ายประสาทเทียมและการประยุกต์ใช้โมเดลตระกูล YOLOสถาปัตยกรรมโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน (Convolutional NeuralNetworks:CNN) ได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวางในงานวิเคราะห์ภาพถ่ายโดยเฉพาะโมเดลตระกูล YOLO(YouOnlyLookOnce) ที่ถูกพัฒนาขึ้นโดยRedmonและคณะ(2016)ซึ่งมีจุดเด่นในด้านความเร็วและการตรวจจับวัตถุแบบเรียลไทม์(Realtimeobjectdetection)เทคโนโลยีนี้ได้ถูกนำไปประยุกต์ใช้ในการตรวจสอบข้อบกพร่องบนแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์(PCB)อย่างแพร่หลายดังที่Liและคณะ(2022)ได้สาธิตให้เห็นถึงประสิทธิภาพของYOLOในการจำแนกชิ้นส่วนที่มีปัญหาได้อย่างแม่นยำงานวิจัยนี้จึงได้เลือกใช้YOLOv8(Jocheretal.,2023)ซึ่งเป็นเวอร์ชันที่มีความทันสมัยและมีความแม่นยำสูงมาประยุกต์ใช้เพื่อแก้ปัญหาในระดับไมโครสเกลอย่างการวิเคราะห์ความสมบูรณ์ของหัวสกรู

บทความวิจัยนี้มุ่งพัฒนาระบบตรวจจับความสมบูรณ์ของหัวสกรูเพื่อแก้ปัญหาหัวน็อตรูดและเศษโลหะหลุดร่วงในงานซ่อมบำรุงอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์โดยใช้เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์วิชันและโมเดลYOLOv8ทดแทนสายตามนุษย์ที่มีข้อจำกัดด้านความเหนื่อยล้าวิธีดำเนินการเริ่มจากการถ่ายภาพหัวสกรูด้วยกล้องความละเอียดสูงร่วมกับไฟวงแหวนLEDนำมาจัดทำชุดข้อมูลและฝึกสอนโมเดลผลการทดลองพบว่าระบบสามารถจำแนกและวิเคราะห์ความสึกหรอของหัวสกรูได้อย่างรวดเร็วและแม่นยำที่สุดในสภาวะแสงปกติแม้ประสิทธิภาพจะลดลงบ้างในสภาพแสงน้อยหรือมีคราบสกปรกแต่ในภาพรวมสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางการตรวจสอบเชิงป้องกันเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในงานซ่อมบำรุงได้อย่างมีนัยสำคัญ

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

วัสดุและอุปกรณ์

กล้องดิจิทัลความละเอียดสูง (Macro Lens)
ชุดควบคุมแสงสว่างแบบ LED Ring Light
ตัวอย่างทดสอบ: แผงวงจร (PCB), สกรูสภาพสมบูรณ์ สภาพรูด และเศษโลหะ
เครื่องคอมพิวเตอร์ประมวลผล (GPU-enabled)
ซอฟต์แวร์: Python, OpenCV, ชุดพัฒนา YOLOv8 และโปรแกรม LabelImg / Roboflow

วิธีการดำเนินงานวิจัย (Methodology)

การรวบรวมและจัดการชุดข้อมูล (Data Collection & Augmentation): ถ่ายภาพหัวสกรูในสภาพแวดล้อมต่างๆ จำนวนทั้งหมด ระบุจำนวนภาพ ภาพ โดยใช้เทคนิค Data Augmentation เพื่อเพิ่มความหลากหลายของข้อมูล

การติดฉลากข้อมูล (Labeling Process): กำหนด Bounding Box และจำแนกคลาส (Class) เป็น "สกรูสมบูรณ์" และ "สกรูรูด"

การแบ่งชุดข้อมูล (Train/Test Split): แบ่งชุดข้อมูลสำหรับฝึกสอน (Training), ตรวจสอบ (Validation), และทดสอบ (Testing) ในสัดส่วน ระบุตัวเลข เช่น 70:20:10 หรือ 80:10:10

การตั้งค่าและการฝึกสอนโมเดล (Model Training): ฝึกสอนโมเดล YOLOv8 โดยกำหนดค่า Epoch = ระบุตัวเลข, Batch size = ระบุตัวเลข, Learning rate = ระบุตัวเลข, และ Optimizer = ระบุชื่อ

สมการและดัชนีชี้วัด (Mathematical Formulation & Metrics): ประเมินประสิทธิภาพผ่านค่าตัวแปร Confusion Matrix

ผังงานและระเบียบวิธีวิจัย

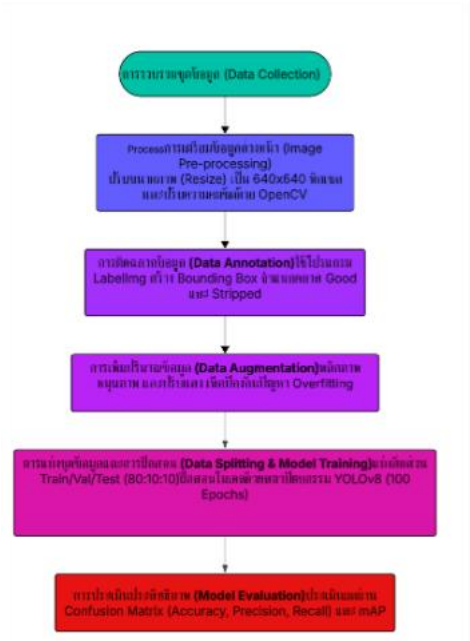
การเตรียมข้อมูลล่วงหน้า (Image Pre-processing): นำภาพถ่ายหัวสกรูที่รวบรวมได้มาปรับมิติและขนาด (Resize) ให้เป็นมาตรฐานที่โมเดลต้องการ พร้อมใช้ไลบรารี OpenCV ในการปรับค่าความคมชัดขั้นต้น

การเพิ่มจำนวนข้อมูลภาพ (Data Augmentation): ป้องกันการเกิด Overfitting โดยการเพิ่มความหลากหลายให้แก่ชุดข้อมูลผ่านการหมุนภาพ การกลับด้าน และการปรับระดับแสงจำลองสถานการณ์หน้างาน

การติดฉลากข้อมูล (Data Annotation): นำภาพเข้าสู่โปรแกรม LabelImg เพื่อสร้างกรอบพิกัดและกำหนดคลาสข้อมูลออกเป็น 2 คลาส ได้แก่ คลาสหัวสกรูสมบูรณ์ใช้งานได้ (Good) และคลาสหัวสกรูชำรุดเสียหาย (Stripped)

การแบ่งชุดข้อมูลและการฝึกสอนโมเดล: ทำการสุ่มแบ่งชุดข้อมูลออกเป็นชุดข้อมูลสำหรับฝึกสอน (Train Set) และชุดข้อมูลสำหรับทดสอบ (Test Set) จากนั้นป้อนเข้าสู่สถาปัตยกรรม YOLOv8 เพื่อทำการคำนวณปรับเปลี่ยนค่าน้ำหนัก (Weights) ผ่านระบบ GPU

การประเมินประสิทธิภาพ: ประเมินผลลัพธ์ผ่านตัวชี้วัด Confusion Matrix โดยคำนวณค่าจาก (TP), (TN),(FP), และ False Negative (FN)ผ่านสมการทางคณิตศาสตร์ดังนี้:



รูปที่ 1 ผังงานแสดงขั้นตอนวิธีดำเนินงานวิจัยระบบตรวจสอบหัวสกรูด้วยปัญญาประดิษฐ์

ผลการวิจัย

จากการทดสอบระบบตรวจสอบความสมบูรณ์ของหัวสกรูด้วยปัญญาประดิษฐ์ พบว่าโมเดล AI (YOLOv8) สามารถระบุตำแหน่งของหัวสกรูขนาดM3และจำแนกสภาวะความสึกหรอได้อย่างรวดเร็วและแม่นยำโดยคณะผู้ตรวจวิจัยได้การทดลองประเมินประสิทธิภาพในสภาวะและสิ่งแวดล้อมหลารูปแบบ ซึ่งแสดงผลการจำแนกเปรียบเทียบในรูปแบบร้อยละ



รูปที่ 2 ภาพแสดงผลการตรวจจับหัวน็อตขนาด M3 ของ AI YOLOv8

นอกจากนี้ เพื่อให้ทราบถึงขีดจำกัดและความคงเส้นคงวาในการทำงานของระบบ ผู้ศึกษาวิจัยได้ทำการประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลองภายใต้สภาวะแวดล้อมและตัวแปรควบคุมที่หลากหลาย ประกอบด้วย ระดับความเข้มแสง ระยะห่าง และสิ่งปนเปื้อน โดยเก็บสถิติตัวเลขในรูปของค่าความถูกต้อง (Accuracy) ค่าความแม่นยำ (Precision) และค่าความระลึก (Recall) ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ประสิทธิภาพของโมเดลในการจำแนกหัวสกรู

ภาวะการทดลอง	ACCURACY (ร้อยละ)	PRECISION (ร้อยละ)	RECALL (ร้อยละ)
แสงสว่างปกติ (500 LUX)	98.50	97.80	98.20
แสงสว่างน้อย (100 LUX)	88.20	85.40	86.10
ระยะห่าง 5 เซนติเมตร	96.40	95.90	96.00
ระยะห่าง 10 เซนติเมตร	92.10	91.50	90.80
สกรูที่มีคราบน้ำมัน/ฝุ่น	85.30	82.70	83.50

การอภิปรายผล

สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ในการวิจัย ผลลัพธ์เชิงตัวเลขบ่งชี้อย่างชัดเจนว่าระบบปัญญาประดิษฐ์ที่พัฒนาขึ้นสามารถนำไปใช้ปฏิบัติงานเพื่อป้องกันการเกิดปัญหาน็อตรูดได้อย่างมีประสิทธิภาพ ก่อนที่ผู้ปฏิบัติงานจะลงมือขันหรือใช้แรงบิดจริงกับตัววัสดุ รูปแบบการทำงานนี้ถือเป็นการเปลี่ยนผ่านจากการซ่อมบำรุงเมื่อเกิดความเสียหาย ไปสู่แนวคิด "การตรวจสอบเชิงป้องกัน" (Preventive Inspection) ซึ่งช่วยยับยั้งความผิดพลาดตั้งแต่ต้นน้ำและลดอัตราความสูญเสียของวัสดุอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ราคาแพงได้อย่างเป็นรูปธรรม (Shaeffer et al., 1996)

เมื่อพิจารณาเจาะลึกถึงปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อเสถียรภาพของแบบจำลอง การที่ประสิทธิภาพลดลงเหลือร้อยละ 88.20 ภายใต้แสง 100 Lux อธิบายได้ว่า โครงข่ายประสาทเทียมแบบ CNN จำเป็นต้องพึ่งพาความเด่นชัดของเส้นขอบ (Edge Features) และมิติความลึกภายในร่องสกรูในการสกัดคุณลักษณะเด่น (Feature Extraction) ข้อค้นพบนี้ช่วยยืนยันและสนับสนุนความจำเป็นของการออกแบบโครงสร้างฮาร์ดแวร์ที่ต้องมีชุดควบคุมแสงสว่างอย่างไฟวงแหวน LED (LED Ring Light) เพื่อรักษาความเข้มแสงให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน 500 Lux เสมอ

ในประเด็นความท้าทายจากคราบน้ำมันและฝุ่นละลอง ซึ่งส่งผลให้ค่าความถูกต้องลดลงต่ำสุดเหลือร้อยละ 85.30 นั้น เกิดจากการที่สิ่งสกปรกและคราบน้ำมันไปเปลี่ยนทิศทางการสะท้อนของแสงและบดบังองค์ประกอบทางกายภาพที่แท้จริงของหัวสกรู ส่งผลให้ตัวแบบจำลองตรวจจับเกิดความสับสนในการจำแนกฟีเจอร์ ปรากฏการณ์นี้สะท้อนให้เห็นว่าในสภาวะการทำงานจริงภายในโรงงานอุตสาหกรรม จำเป็นต้องกำหนดขั้นตอนการทำความสะอาดหัวสกรูก่อนเข้าสู่ระบบตรวจสอบ หรือต้องทำการเพิ่มความหลากหลายของชุดข้อมูลฝึกสอนโดยการใส่ภาพถ่ายสกรูที่ปนเปื้อนคราบน้ำมันเข้าไปเพิ่มเติม (Data Augmentation) เพื่อยกระดับความทนทาน (Robustness) ของโมเดลต่อสัญญาณรบกวนในอนาคต

บทสรุป

ระบบ YOLOv8 สามารถตรวจจับและจำแนกความสึกหรอของหัวสกรูได้อย่างรวดเร็วช่วยป้องกันเศษโลหะลัดวงจรบนแผงวงจรได้อย่างมีประสิทธิภาพอย่างไรก็ตามระบบมีข้อจำกัดด้านการพึ่งพาสภาพแสงสูงต้องใช้ RingLight หน้างานและยังทดสอบเพียงสกรูขนาด M3

เอกสารอ้างอิง

บุญธรรม กิจปรีดาบริสุทธิ์. (2540). ระเบียบวิธีการวิจัยทางสังคมศาสตร์. พิมพ์ครั้งที่ 7. โรงพิมพ์เจริญผล: นครนายก.

Shaeffer R.L., Mendenhall W. and Ott L. (1996). Elementary Survey Sampling. 5th Edition. Duxbury Press: CA.

Czimmermann T., Ciuti G., Milazzo M., Chiurazzi M., Roccella S., Oddo C.M. and Dario P. (2020). Visual-based defect detection and classification approaches for industrial applications—A survey. Sensors. 20(5): 1459.

Li Z., Tian X., Liu X., Liu Y. and Shi X. (2022). Defect detection of printed circuit boards based on lightweight YOLOv5. IET Image Processing. 16(11): 2950–2962.

Redmon J., Divvala S., Girshick R. and Farhadi A. (2016). You only look once: Unified, real-time object detection. ใน Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition. IEEE: Las Vegas. 779–788.

Jocher G., Chaurasia A. and Qiu J. (2023). YOLO by Ultralytics. ค้นเมื่อ 31 กุมภาพันธ์ 2569 https://github.com/ultralytics/ultralytics.

ระบบบริหารการศึกษาสำหรับศูนย์ช่วยเหลือนักศึกษาพิการเรียนร่วม
An Educational Management System for Supporting Students with Disabilities in Inclusive Education

ก้องคีรี เกษเวชสุริยา[1]ณัฐพงษ์ อาปะเม[1] สตายุ บรรทัดเที่ยง[1] ปริศนา มัชฌิมา[1] ทินกร ชุณหภัทรกุล[1] และวัชรากรณ์ เนตรหาญ[1*]

Kongkeeree Kedvessuriya[1], Nattapong Apame[1], Staya Bantudthaing[1], Prisana Mutchima[1] Thinnagorn Chunhapataragul[1] and Watcharakorn Netharn[1*]

[1] สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต*

[1]Department of Information Technology, Faculty of Science and Technology, Suan Dusit University*

[*]Corresponding Author E-mail Address : Watcharakorn_net@dusit.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยระบบบริหารการศึกษาสำหรับศูนย์ช่วยเหลือนักศึกษาพิการเรียนร่วม มีวัตถุประสงค์เพื่อ พัฒนาระบบบริหารการศึกษาให้ใช้งานได้สะดวกและเป็นระเบียบมากขึ้น และ ศึกษาความพึงพอใจของนักศึกษาที่ใช้ระบบดังกล่าว

ระบบถูกพัฒนาให้รองรับการจัดเก็บข้อมูลและการดำเนินงานของศูนย์ช่วยเหลือนักศึกษาพิการอย่างเป็นระบบ ใช้งานง่าย และเหมาะสมกับผู้ใช้งาน โดยประเมินความพึงพอใจใน 4 ด้าน ได้แก่ ความเหมาะสมและประโยชน์ของระบบ การออกแบบและการใช้งาน ประสิทธิภาพการทำงานของระบบ และความพึงพอใจโดยรวม ผลการประเมินพบว่า ด้านความเหมาะสมและประโยชน์ของระบบมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับดี 4.50 ด้านการออกแบบและการใช้งานมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับดี 4.39 ด้านประสิทธิภาพการทำงานมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับดีมาก 4.57 และความพึงพอใจโดยรวมมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับดีมาก 4.55 สรุปได้ว่าระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ช่วยเพิ่มความเป็นระเบียบในการจัดการข้อมูล และผู้ใช้งานมีความพึงพอใจในระดับดีมาก สามารถนำไปใช้ในการดำเนินงานจริงของศูนย์ช่วยเหลือนักศึกษาพิการเรียนร่วมได้อย่างเหมาะสม

คำสำคัญ: ระบบบริหารการศึกษา นักศึกษาพิการ การเรียนร่วม

Abstract

This research on Education Management System for the Inclusive Support Center for Students with Disabilities aimed to: Develop an education management system to improve convenience and organization in administrative work, and Study the satisfaction of students who use the developed system.

The system was developed to support systematic data storage and operational processes of the support center. It was designed to be user-friendly, easy to use, and appropriate for the target users. User satisfaction was evaluated in four aspects: system suitability and usefulness, system design and usability,

system performance, and overall satisfaction. The evaluation results showed that the suitability and usefulness of the system were at a good level (mean = 4.50). The design and usability were at a good level (mean = 4.39). System performance was at a very good level (mean = 4.57). Overall satisfaction was also at a very good level (mean = 4.55). In conclusion, the developed system can be effectively implemented, improves the organization of data management, and achieves a very high level of user satisfaction. The system is appropriate for practical use in the operation of the Inclusive Support Center for Students with Disabilities.

Keywords: Education Management System, Students with Disabilities, Inclusive Education

บทนำ

ในสภาพของสังคมปัจจุบัน ระบบการศึกษามีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ โดยเฉพาะการศึกษาระดับอุดมศึกษา ซึ่งเป็นช่วงสำคัญในการพัฒนาความรู้ ทักษะ และศักยภาพของผู้เรียนเพื่อเตรียมความพร้อมสู่การทำงานและการดำรงชีวิตในสังคม การจัดการศึกษาที่มีคุณภาพจึงไม่ควรมุ่งเน้นเฉพาะผู้เรียนทั่วไปเท่านั้น แต่ควรคำนึงถึงผู้เรียนทุกกลุ่มอย่างเท่าเทียม รวมถึงนักศึกษาที่มีความต้องการพิเศษหรือมีความพิการด้วย (สำนักงานคณะกรรมการกฤษฎีกา, 2551) โดยงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ก็คือเพื่อพัฒนาระบบบริหารการศึกษาศูนย์ช่วยเหลือนักศึกษาพิการเรียนร่วมให้ใช้งานได้สะดวกและเป็นระเบียบมากขึ้น และเพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักศึกษาที่ใช้ระบบบริหารการศึกษาศูนย์ช่วยเหลือนักศึกษาพิการเรียนร่วม

แนวคิดเรื่องความเสมอภาคทางการศึกษา (Educational Equity) และการศึกษารวม (Inclusive Education) ได้รับการยอมรับในระดับสากลว่าเป็นหลักการสำคัญที่ช่วยลดความเหลื่อมล้ำและเปิดโอกาสให้ผู้เรียนทุกคนสามารถเข้าถึงการศึกษาได้อย่างเหมาะสม ในการนำแนวคิดดังกล่าวมาปรับใช้ในทางปฏิบัติ โดยเฉพาะในระดับอุดมศึกษา ยังคงประสบกับอุปสรรคหลายประการ ทั้งด้านระบบบริหารจัดการ เครื่องมือสนับสนุน และความพร้อมของบุคลากร (ศิริพร, 2563; ราชกิจจานุเบกษา, 2561)

โดยเฉพาะนักศึกษาที่มีความต้องการพิเศษในระดับอุดมศึกษาอาจเผชิญกับข้อจำกัดหลายด้าน เช่น การเข้าถึงสื่อการเรียนการสอนที่ไม่เหมาะสมกับลักษณะความพิการ การสื่อสารกับอาจารย์ผู้สอนที่ยังขาดความเข้าใจเฉพาะด้าน รวมถึงการประเมินผลการเรียนที่อาจไม่สอดคล้องกับศักยภาพที่แท้จริงของผู้เรียน ปัญหาเหล่านี้ส่งผลให้การเรียนร่วมของนักศึกษากลุ่มดังกล่าวไม่สามารถบรรลุเป้าหมายของการศึกษารวมได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ (ศิริพร, 2563)

เพื่อสนับสนุนการเรียนร่วมในระดับอุดมศึกษา สถาบันการศึกษาหลายแห่งได้จัดตั้งศูนย์ช่วยเหลือนักศึกษาพิการ (Disability Support Service: DSS) เพื่อทำหน้าที่เป็นหน่วยงานกลางในการดูแล ช่วยเหลือ และสนับสนุนนักศึกษาที่มีความต้องการพิเศษ ทั้งด้านวิชาการ เทคโนโลยี สิ่งอำนวยความสะดวก และการประสานงานกับอาจารย์หรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง อย่างไรก็ตาม จากการดำเนินงานของศูนย์ช่วยเหลือนักศึกษาพิการพบว่า การให้บริการยังมีข้อจำกัดด้านระบบสารสนเทศ โดยเฉพาะการจัดเก็บข้อมูลนักศึกษาในรูปแบบเอกสารหรือไฟล์ที่กระจัดกระจาย การค้นหาข้อมูลที่ทำได้ยาก การประสานงานระหว่างบุคลากรหลายฝ่ายที่ยังไม่เป็นระบบ และการขาดเครื่องมือกลางในการวางแผน ติดตาม และประเมินผลแผนบริการเฉพาะบุคคล (Individualized Service Plan: ISP) อย่างต่อเนื่อง ซึ่งอาจส่งผลให้การให้บริการล่าช้า ซ้ำซ้อน หรือไม่ครอบคลุมความต้องการเฉพาะบุคคลของนักศึกษาแต่ละราย (มหาวิทยาลัยสวนดุสิต, 2567)

จากปัญหาและข้อจำกัดดังกล่าว จึงเห็นได้ว่าการนำเทคโนโลยีสารสนเทศมาประยุกต์ใช้ในการพัฒนาระบบบริหารการศึกษาสำหรับศูนย์ช่วยเหลือนักศึกษาพิการเรียนร่วมมีความจำเป็นอย่างยิ่ง ระบบดังกล่าวจะช่วยให้การจัดเก็บข้อมูล การติดตามผลการช่วยเหลือ การประสานงาน และการจัดทำแผนบริการเฉพาะบุคคลเป็นไปอย่างเป็นระบบ ถูกต้อง และมีประสิทธิภาพมากขึ้น อีกทั้งยังช่วยลดภาระงานของบุคลากร สนับสนุนการตัดสินใจด้านการบริหารจัดการ และส่งเสริมให้นักศึกษาที่มีความต้องการพิเศษสามารถเข้าถึงการศึกษาได้อย่างเท่าเทียมและเหมาะสมกับศักยภาพของตนเอง

ด้วยเหตุนี้ คณะผู้วิจัยจึงพัฒนาระบบบริหารการศึกษาสำหรับศูนย์ช่วยเหลือนักศึกษาพิการเรียนร่วม เพื่อสนับสนุนการบริหารจัดการข้อมูล การจัดบริการเฉพาะบุคคล และการติดตามผลการช่วยเหลือนักศึกษาอย่างเป็นระบบ โดยมุ่งให้ระบบสามารถตอบสนองต่อการดำเนินงานของศูนย์ช่วยเหลือนักศึกษาพิการได้อย่างเหมาะสม และเป็นแนวทางในการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อสนับสนุนการศึกษารวมในระดับอุดมศึกษาต่อไป โดยการวิจัยและพัฒนาระบบในครั้งนี้มีข้อจำกัดบางประการ ได้แก่ การดำเนินงานเป็นการพัฒนาระบบต้นแบบ (Prototype) เพื่อใช้เป็นแนวทางในการบริหารจัดการข้อมูลและการให้บริการช่วยเหลือนักศึกษาพิการเรียนร่วม ระบบอาจยังไม่ครอบคลุมการเชื่อมต่อกับระบบสารสนเทศอื่นของสถาบันการศึกษา รวมถึงข้อจำกัดด้านเวลาและทรัพยากรในการพัฒนาระบบ

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

วัสดุเครื่องมือและสภาพแวดล้อมในการพัฒนา

1. เครื่องมือและสภาพแวดล้อมในการพัฒนา

การพัฒนาระบบใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีหน่วยประมวลผลกลาง Intel Core i5 หรือเทียบเท่า หน่วยความจำหลัก 8 GB และพื้นที่จัดเก็บข้อมูลแบบ SSD เพื่อให้สามารถพัฒนา ทดสอบ และประมวลผลระบบได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ด้านซอฟต์แวร์ ใช้ระบบปฏิบัติการ Windows 11 แบบ 64-bit ใช้ XAMPP Control Panel Version 3.3.0 เป็นชุดโปรแกรมจำลองเว็บเซิร์ฟเวอร์ ซึ่งประกอบด้วย Apache HTTP Server สำหรับรันไฟล์ PHP, MariaDB/MySQL สำหรับจัดการฐานข้อมูล และ PHP 8.x สำหรับประมวลผลฝั่งเซิร์ฟเวอร์ นอกจากนี้ยังใช้ Visual Studio Code เป็นเครื่องมือหลักในการเขียนโปรแกรม โดยติดตั้งส่วนเสริมที่เกี่ยวข้อง เช่น PHP Intelephense, HTML CSS Support และ Prettier เพื่อสนับสนุนการเขียนโค้ดและการจัดรูปแบบโค้ดให้มีความถูกต้องและเป็นมาตรฐาน ส่วนการทดสอบการแสดงผลและการทำงานของระบบใช้ Google Chrome ร่วมกับ Developer Tools เพื่อช่วยตรวจสอบข้อผิดพลาดระหว่างการพัฒนา

2. ขอบเขตการวิจัย

2.1 ศึกษาและออกแบบระบบบริหารการศึกษาสำหรับศูนย์ช่วยเหลือนักศึกษาพิการเรียนร่วม

2.2 ระบบครอบคลุมการจัดเก็บข้อมูลนักศึกษาที่มีความต้องการพิเศษเป็นรายบุคคล

2.3 ระบบรองรับการสร้างและบริหารแผนบริการเฉพาะบุคคล (ISP)

2.4 ระบบสามารถบันทึกและติดตามผลการช่วยเหลือนักศึกษาได้

2.5 ระบบรองรับการทำงานร่วมกันของบุคลากรและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องหลายฝ่าย

3. กรอบแนวคิด

การวิจัยครั้งนี้ใช้กรอบแนวคิดการศึกษารวม (Inclusive Education) ร่วมกับแนวคิดแผนบริการเฉพาะบุคคล (Individualized Service Plan: ISP) และการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อการศึกษา โดยนำข้อมูลนักศึกษาที่มีความต้องการพิเศษ ข้อมูลแผนบริการ และข้อมูลการติดตามผล มาใช้ในการออกแบบระบบบริหารการศึกษา เพื่อให้เกิดผลลัพธ์คือการเพิ่มประสิทธิภาพในการให้บริการ การลดภาระงานของบุคลากร และการสนับสนุนการเข้าถึงการศึกษาอย่างเท่าเทียม

4. คำจำกัดความที่ใช้ในงานวิจัย

ระบบบริหารการศึกษาสำหรับการช่วยเหลือนักศึกษาพิการของมหาวิทยาลัยสวนดุสิต หมายถึง ระบบสารสนเทศที่พัฒนาขึ้นเพื่อใช้ในการจัดเก็บ จัดการ และประมวลผลข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการให้ความช่วยเหลือนักศึกษาพิการของมหาวิทยาลัยสวนดุสิตอย่างเป็นระบบ ครอบคลุมการวางแผน การติดตามผล และการประเมินผลการให้บริการสนับสนุนทางการศึกษา

นักศึกษาพิการของมหาวิทยาลัยสวนดุสิต หมายถึง นักศึกษาที่กำลังศึกษาอยู่ในมหาวิทยาลัยสวนดุสิต และมีความพิการทางร่างกาย ทางการมองเห็น ทางการได้ยิน ทางสติปัญญา หรือมีข้อจำกัดด้านการเรียนรู้ ซึ่งจำเป็นต้องได้รับการสนับสนุนและอำนวยความสะดวกทางการศึกษาเพิ่มเติมตามความเหมาะสม

การเรียนร่วมในบริบทของมหาวิทยาลัยสวนดุสิต (Inclusive Education) หมายถึง การจัดการศึกษาของมหาวิทยาลัยสวนดุสิตที่เปิดโอกาสให้นักศึกษาพิการได้เรียนร่วมกับนักศึกษาทั่วไปในสภาพแวดล้อมเดียวกัน โดยมีการจัดสิ่งอำนวยความสะดวก สื่อการเรียนการสอน และการสนับสนุนเฉพาะด้านตามความจำเป็นของแต่ละบุคคล

แผนบริการเฉพาะบุคคล (Individualized Service Plan: ISP) ของมหาวิทยาลัยสวนดุสิต หมายถึง แผนการให้บริการและการสนับสนุนทางการศึกษาที่จัดทำขึ้นเฉพาะสำหรับนักศึกษาพิการแต่ละรายของมหาวิทยาลัยสวนดุสิต โดยพิจารณาจากลักษณะความพิการ ความต้องการจำเป็น และเป้าหมายทางการศึกษา เพื่อส่งเสริมให้สามารถเรียนได้อย่างเต็มศักยภาพ

5. วิธีการวิจัย

งานวิจัยเรื่อง ระบบบริหารการศึกษาสำหรับศูนย์ช่วยเหลือนักศึกษาพิการเรียนร่วม เป็นโครงงานเชิงพัฒนา (Developmental Research) ที่มุ่งเน้นการออกแบบและพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อสนับสนุนการจัดบริการเฉพาะบุคคล (Individualized Service Plan: ISP) สำหรับนักศึกษาที่มีความต้องการพิเศษในระบบการศึกษารวม โดยบทนี้จะกล่าวถึงแนวทาง วิธีการ ขั้นตอน เครื่องมือ และกระบวนการที่ใช้ในโครงงานเป็นระบบโดยตามลำดับขั้นตอน ตามนี้

6. รูปแบบการดำเนินงานวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการวิจัยและพัฒนา (Research and Development: R&D) ร่วมกับการพัฒนาระบบสารสนเทศ (System Development) โดยมีการศึกษาข้อมูลพื้นฐาน วิเคราะห์ปัญหา ออกแบบระบบ พัฒนา ทดสอบ และประเมินผลการใช้งานระบบ เพื่อให้ได้ระบบที่สามารถใช้งานได้จริงและตอบสนองต่อความต้องการของศูนย์ช่วยเหลือนักศึกษาพิการ (Disability Support Service: DSS)

รูปแบบการดำเนินงานแบ่งออกเป็นขั้นตอนหลัก ดังนี้ การวางแผน (Planning) การวิเคราะห์ความต้องการ (Requirement Analysis) การออกแบบระบบ (System Design) การพัฒนา (Implementation / Development) การทดสอบ (Testing) และการติดตั้งและใช้งานจริง (Deployment)

7. กลุ่มเป้าหมาย

กลุ่มเป้าหมายของงานวิจัยนี้ประกอบด้วย บุคลากรศูนย์ช่วยเหลือนักศึกษาพิการ (DSS) จำนวน 9 คน อาจารย์ผู้สอนที่เกี่ยวข้องกับนักศึกษาพิการเรียนร่วม จำนวน 7 คน

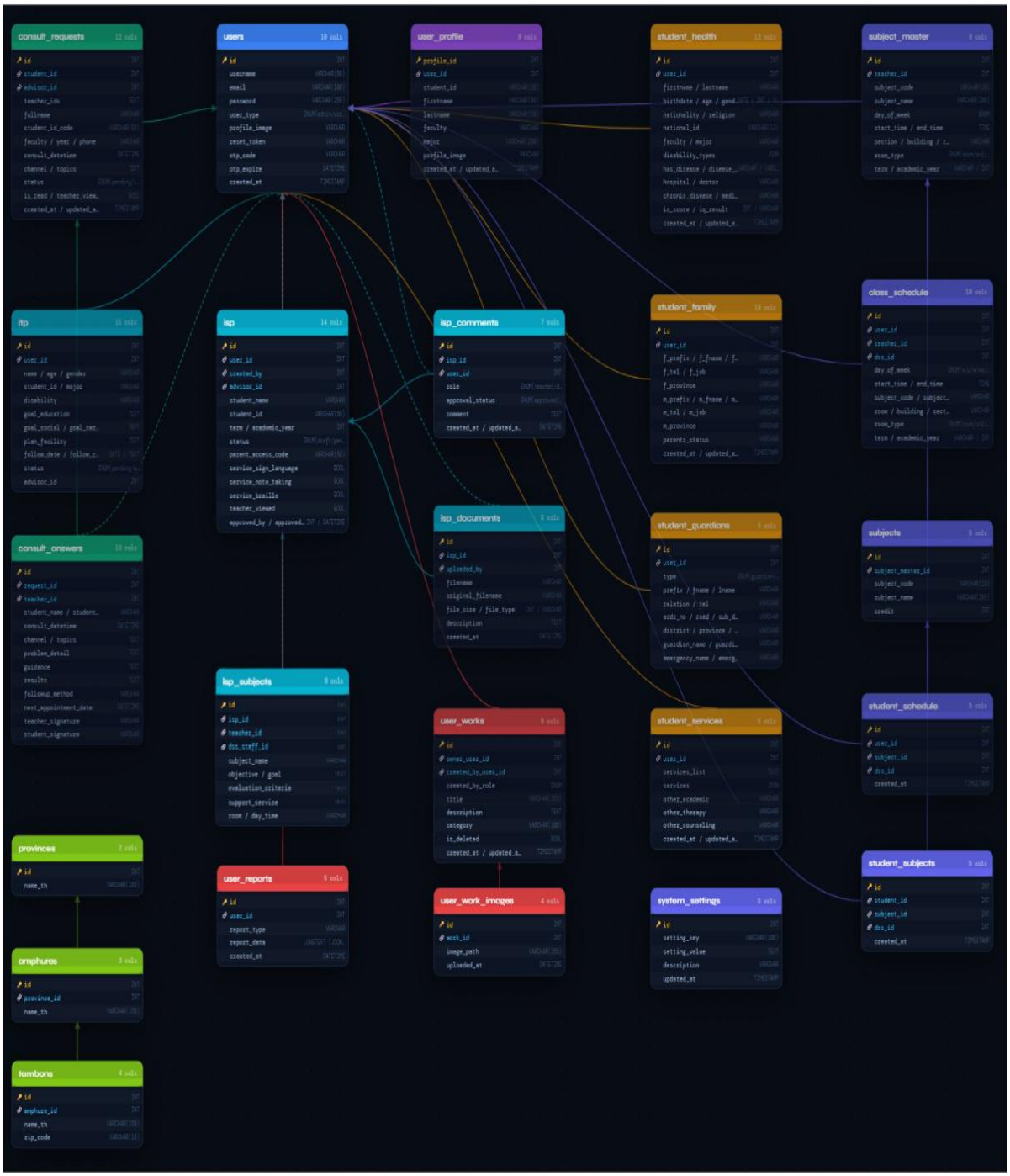
การพัฒนาระบบจะอ้างอิงจากลักษณะการทำงานจริงของศูนย์ช่วยเหลือนักศึกษาพิการในสถานศึกษา เพื่อให้ระบบมีความสอดคล้องกับการใช้งานจริงและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ในอนาคต (มหาวิทยาลัยสวนดุสิต, 2567)

8. เครื่องมือในการเก็บข้อมูล

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูล และคำตอบที่เป็นความจริงตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย ผู้วิจัยได้ใช้เทคนิคหลายๆ อย่าง เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อเท็จจริง จึงได้ค้นคว้าข้อมูลด้วยการใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาและ

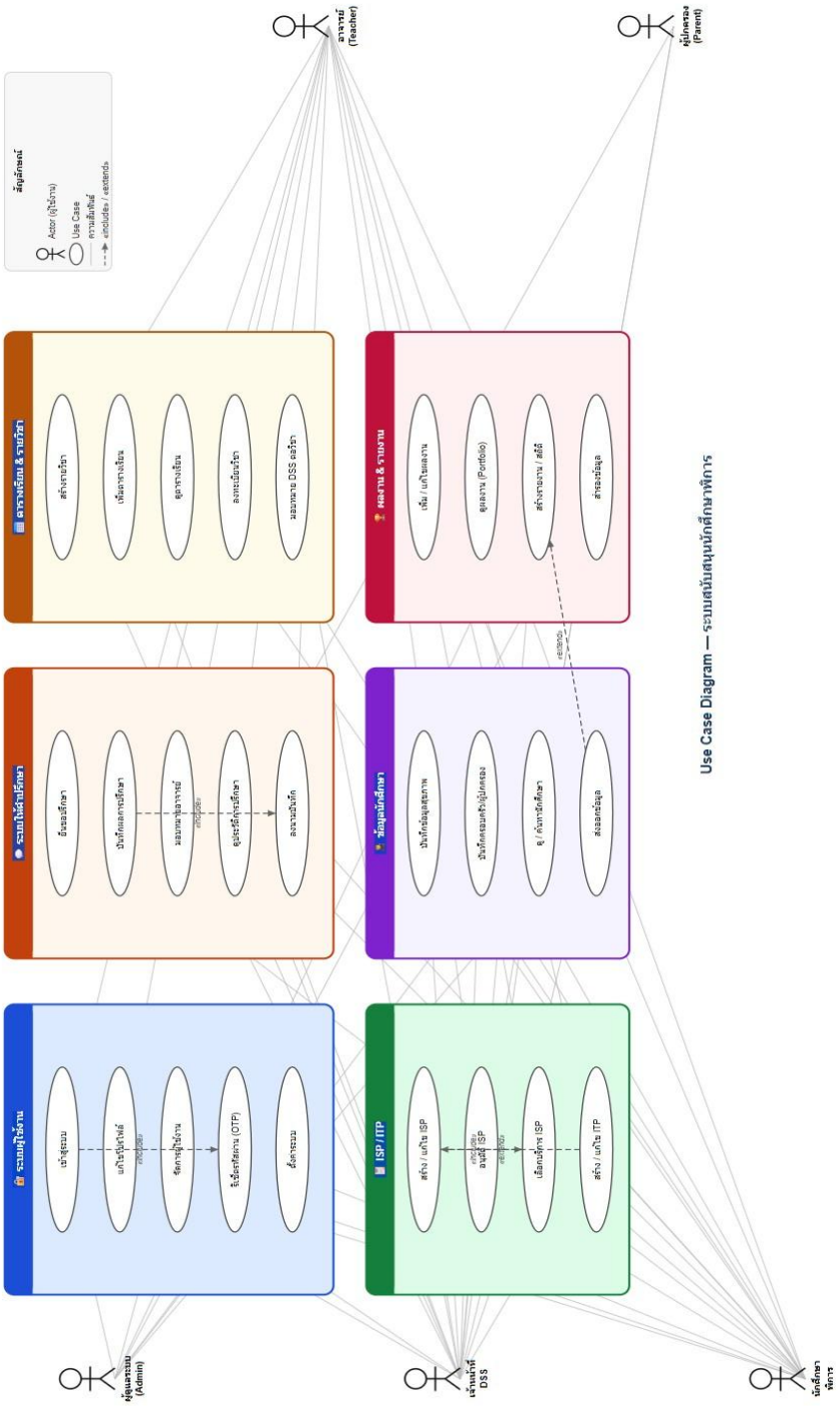
รวบรวมข้อมูล โดยมีรายละเอียดดังนี้ แบบสอบถามความพึงพอใจ โดยนำไปใช้กับบุคลากรศูนย์ช่วยเหลือนักศึกษาพิการ (DSS) จำนวน 9 คน และแบบสอบถามความพึงพอใจ อาจารย์ผู้สอนที่เกี่ยวข้องกับนักศึกษาพิการเรียนร่วม จำนวน 7 คน

9. **การออกแบบระบบโดยการออกแบบ Class Diagram**



รูปที่ 1 Class Diagram ของระบบบริหารการศึกษาสำหรับศูนย์ช่วยเหลือนักศึกษาพิการเรียน

การออกแบบ Use Case Diagram



รูปที่ 2 ภาพ Use Case Diagram ของระบบบริหารการศึกษาสำหรับศูนย์ช่วยเหลือนักศึกษาพิการเรียน

10. การศึกษาข้อมูลและวิเคราะห์ระบบ

คณะผู้วิจัยทำการวิจัยได้ทำการศึกษาข้อมูลจากเอกสาร งานวิจัย และแนวคิดที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ แนวคิดแผนบริการเฉพาะบุคคล (ISP) แนวคิดเทคโนโลยีสิ่งอำนวยความสะดวกทางการศึกษา (Assistive Technology) และแนวคิดการศึกษารวม (Inclusive Education) เพื่อนำมาวิเคราะห์ปัญหาและความต้องการของระบบ จากการศึกษาพบว่า ปัญหาหลักของการให้บริการนักศึกษาพิการเรียนร่วม คือการขาดระบบกลางในการจัดเก็บข้อมูล การติดตามผล และการสื่อสารระหว่างบุคลากรหลายฝ่าย ทำให้เกิดความล่าช้าและไม่เป็นระบบ

11. การออกแบบระบบบริหารการศึกษา

การออกแบบระบบเน้นให้ใช้งานง่าย มีความเป็นระบบ และสามารถรองรับความต้องการเฉพาะบุคคล โดยประกอบด้วยส่วนสำคัญดังนี้ ระบบจัดเก็บข้อมูลนักศึกษาที่มีความต้องการพิเศษ ระบบสร้างและจัดการแผนบริการเฉพาะบุคคล (ISP) ระบบบันทึกและติดตามผลการช่วยเหลือ ระบบรายงานผลและสรุปข้อมูล และระบบรองรับการทำงานร่วมกันหลายฝ่าย

การออกแบบใช้แนวคิดการออกแบบเชิงผู้ใช้เป็นศูนย์กลาง (User-Centered Design) เพื่อให้เหมาะสมกับผู้ใช้งานจริง

12. การทดสอบระบบ

การทดสอบระบบแบ่งออกเป็น การทดสอบการทำงานของระบบ (Functional Test) การทดสอบความถูกต้องของข้อมูล และการทดสอบการใช้งานเบื้องต้น (User Acceptance Test) โดยผลการทดสอบถูกนำไปใช้ในการปรับปรุงระบบให้มีความเสถียรและเหมาะสมกับการใช้งานมากยิ่งขึ้น

13. การประเมินผลโครงงาน

การประเมินผลเน้นการประเมินประสิทธิภาพของระบบในด้าน ความสะดวกในการใช้งาน ความสามารถในการจัดการข้อมูล ISP การช่วยลดภาระงานของบุคลากร DSS และความเหมาะสมต่อการนำไปใช้งานจริง การประเมินใช้การสังเกตและการวิเคราะห์การทำงานของระบบเป็นหลัก

14. แบบประเมินความพึงพอใจของระบบ

แบบประเมินฉบับนี้จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการประเมินความคิดเห็นของผู้ตอบแบบประเมินที่มีต่อระบบงานที่พัฒนาขึ้น ตามวัตถุประสงค์ของการศึกษา ทั้งในด้านประสิทธิภาพการทำงาน ความเข้าใจในการใช้งาน ความเหมาะสมของระบบ และการนำไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์จริง

แบบประเมินแบ่งออกเป็นหลายส่วน ประกอบด้วยคำถามแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) และคำถามปลายเปิด เพื่อให้ผู้ตอบแบบประเมินสามารถแสดงความคิดเห็นได้อย่างครบถ้วน ข้อมูลที่ได้รับจากแบบประเมินจะนำไปใช้ในการวิเคราะห์ผลการศึกษาปรับปรุงและพัฒนาระบบให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นต่อไป

15. การพัฒนาระบบ

การพัฒนาระบบบริหารการศึกษาสำหรับศูนย์ช่วยเหลือนักศึกษาพิการเรียนร่วม ดำเนินการตามแนวทางการพัฒนาระบบสารสนเทศ โดยแบ่งกระบวนการออกเป็นระยะได้แก่ ระยะการวางแผนโครงการ ระยะการวิเคราะห์ความต้องการ ระยะการออกแบบระบบ ระยะการพัฒนาระบบ และระยะการทดสอบและติดตั้งระบบ

15.1 ระยะการวางแผนโครงการ

คณะผู้จัดทำเริ่มต้นจากการศึกษาสภาพปัญหาของกระบวนการจัดเก็บข้อมูลนักศึกษาที่มีความต้องการพิเศษ ซึ่งเดิมมีการใช้เอกสารกระดาษและไฟล์ข้อมูลที่กระจัดกระจาย ส่งผลให้การสืบค้นข้อมูลล่าช้า เสี่ยงต่อการสูญหาย และยากต่อการติดตามผลการช่วยเหลืออย่างต่อเนื่อง จากนั้นจึงกำหนดขอบเขตของระบบ ศึกษาความเป็นไปได้ทางเทคนิค และจัดทำแผนการดำเนินงานเพื่อใช้เป็นกรอบในการพัฒนาระบบ

15.2 ระยะการวิเคราะห์ความต้องการ

การวิเคราะห์ความต้องการดำเนินการโดยพิจารณากลุ่มผู้ใช้งานหลัก ได้แก่ ผู้ใช้งานทั่วไปและผู้ดูแลระบบ โดยผู้ใช้งานทั่วไปต้องการระบบที่สามารถเข้าถึงได้ง่ายผ่านสมาร์ทโฟน มีขั้นตอนการใช้งานไม่ซับซ้อน และสามารถทราบผลการบันทึกข้อมูลได้ทันที ส่วนผู้ดูแลระบบต้องการระบบที่สามารถตรวจสอบข้อมูลและเอกสารแนบ คัดกรองประเภทความพิการ และรักษาความปลอดภัยของข้อมูลได้อย่างเหมาะสม

15.3 ระยะการออกแบบระบบ

การออกแบบระบบนำผลจากการวิเคราะห์ความต้องการมาแปลงเป็นแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ โดยใช้แผนภาพมาตรฐาน UML ได้แก่ Use Case Diagram และ Activity Diagram เพื่อแสดงลำดับการทำงานของระบบ รวมถึงการออกแบบฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ด้วย ER Diagram เพื่อกำหนดโครงสร้างข้อมูลและความสัมพันธ์ระหว่างตาราง นอกจากนี้ยังมีการออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้ให้มีความชัดเจน ใช้งานง่าย และรองรับการแสดงผลบนอุปกรณ์ที่หลากหลาย

15.4 ระยะการพัฒนาระบบ

ระบบถูกพัฒนาในรูปแบบเว็บแอปพลิเคชัน โดยใช้ HTML5 และ CSS3 ร่วมกับ Bootstrap Framework ในการพัฒนาส่วนติดต่อผู้ใช้ เพื่อรองรับการแสดงผลแบบ Responsive Design ส่วนการประมวลผลฝั่งเซิร์ฟเวอร์พัฒนาด้วยภาษา PHP และเชื่อมต่อกับฐานข้อมูล MySQL/MariaDB สำหรับจัดเก็บและบริหารจัดการข้อมูล ระบบพัฒนาโดยใช้ Visual Studio Code เป็นเครื่องมือหลักในการเขียนโปรแกรม และใช้ XAMPP Server สำหรับจำลองสภาพแวดล้อมเว็บเซิร์ฟเวอร์ในระหว่างการทดสอบระบบ

15.5 ระยะการทดสอบและติดตั้งระบบ

การทดสอบระบบดำเนินการด้วยวิธี Black Box Testing โดยมุ่งตรวจสอบความถูกต้องของฟังก์ชันหลัก เช่น การเข้าสู่ระบบ การอัปโหลดไฟล์ การบันทึกข้อมูล และการเรียกดูข้อมูลจากฐานข้อมูล เมื่อพบข้อผิดพลาดจึงดำเนินการปรับปรุงแก้ไข เพื่อให้ระบบมีความถูกต้อง เสถียร และพร้อมสำหรับการติดตั้งใช้งานจริง

16. การออกแบบโครงสร้างฐานข้อมูล

ฐานข้อมูลของระบบได้รับการออกแบบตามหลักการฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ โดยใช้แนวคิด Normalization เพื่อลดความซ้ำซ้อนของข้อมูล เพิ่มความถูกต้อง และทำให้การจัดการข้อมูลมีประสิทธิภาพมากขึ้น การออกแบบฐานข้อมูลดำเนินการให้อยู่ในระดับ Third Normal Form (3NF) โดยแยกข้อมูลบัญชีผู้ใช้ เช่น ชื่อผู้ใช้และรหัสผ่าน ออกจากข้อมูลประวัตินักศึกษา เพื่อเพิ่มความปลอดภัยและความยืดหยุ่นในการบริหารจัดการข้อมูล

ระบบกำหนดความสัมพันธ์ระหว่างตารางหลักในลักษณะ One-to-One โดยข้อมูลผู้ใช้หนึ่งรายการสามารถเชื่อมโยงกับข้อมูลประวัตินักศึกษาได้หนึ่งรายการผ่านคีย์หลักและคีย์นอก ทั้งนี้มีการกำหนด Primary Key สำหรับระบุข้อมูลแต่ละรายการอย่างชัดเจน และใช้ Foreign Key เพื่อรักษาความถูกต้องสมบูรณ์ของความสัมพันธ์ระหว่างตาราง ซึ่งช่วยให้การสืบค้น แก้ไข และจัดการข้อมูลมีความน่าเชื่อถือมากขึ้น

17. การออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้งาน

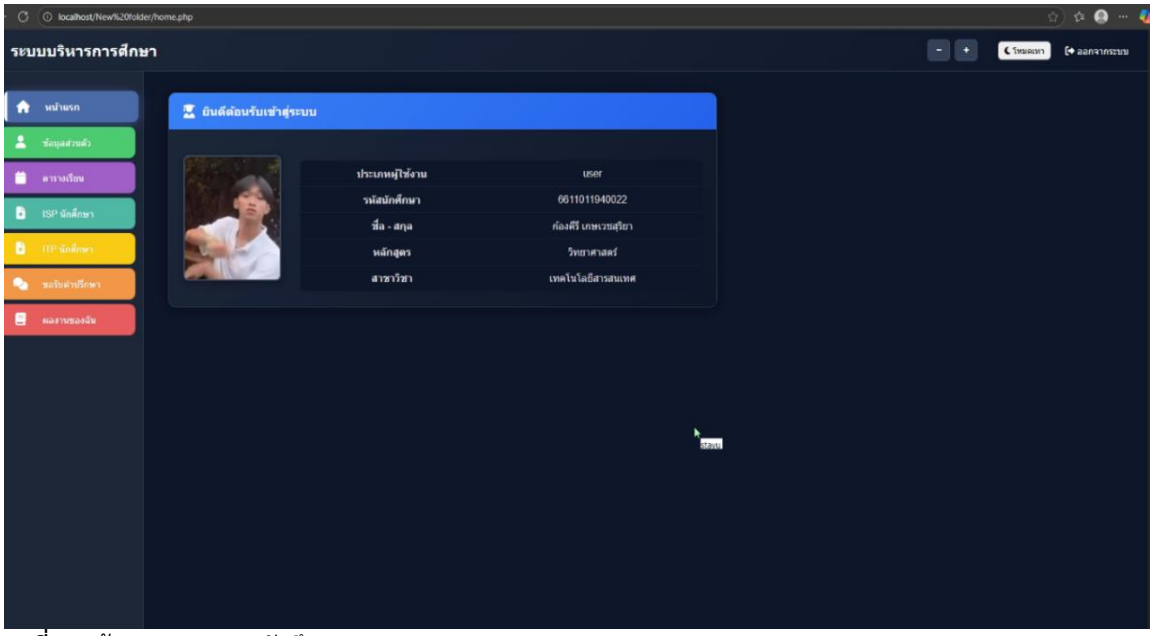
การออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้งานยึดหลักการออกแบบแบบ Modern and Minimalist โดยเน้นความเรียบง่าย ชัดเจน และเหมาะสมกับบริบทของผู้ใช้ ระบบเลือกใช้โทนสีที่สอดคล้องกับอัตลักษณ์ของมหาวิทยาลัยสวนดุสิต ได้แก่ สีน้ำเงินเข้มเป็นสีหลักเพื่อสื่อถึงความน่าเชื่อถือ สีฟ้าเป็นสีเน้นสำหรับปุ่มหรือสถานะที่ต้องการให้ผู้ใช้สังเกต และสีทองใช้เป็นองค์ประกอบตกแต่งเพื่อเพิ่มความเป็นทางการและความสวยงาม

ด้านการจัดวางองค์ประกอบ ระบบใช้ Grid System ของ Bootstrap Framework เพื่อให้หน้าเว็บมีโครงสร้างที่เป็นระเบียบ และสามารถปรับเปลี่ยนการแสดงผลให้เหมาะสมกับขนาดหน้าจอของอุปกรณ์ต่าง ๆ ทั้งคอมพิวเตอร์ แท็บเล็ต และ

สมาร์ทโฟน นอกจากนี้ ระบบยังเลือกใช้รูปแบบการกรอกข้อมูลที่เหมาะสม เช่น Date Picker สำหรับเลือกวันเกิด Dropdown List สำหรับเลือกข้อมูลที่ต้องการมาตรฐานเดียวกัน และ File Input สำหรับแนบเอกสารประกอบ เพื่อลดข้อผิดพลาดจากการกรอกข้อมูลและเพิ่มความสะดวกให้กับผู้ใช้งาน

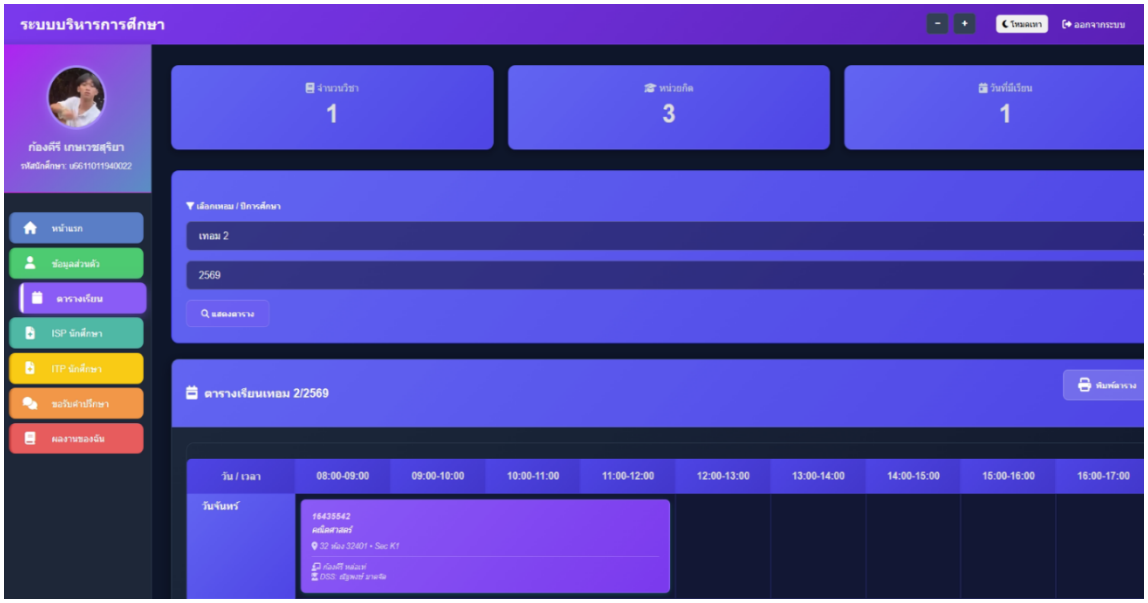
18. ตัวอย่างของระบบบริหารการศึกษาสำหรับศูนย์ช่วยเหลือนักศึกษาพิการเรียนการ

จากรูปเป็นภาพต้อนรับการเข้าสู่ระบบบริหารการศึกษาสำหรับศูนย์ช่วยเหลือนักศึกษาพิการเรียนการ ดังภาพที่ 3



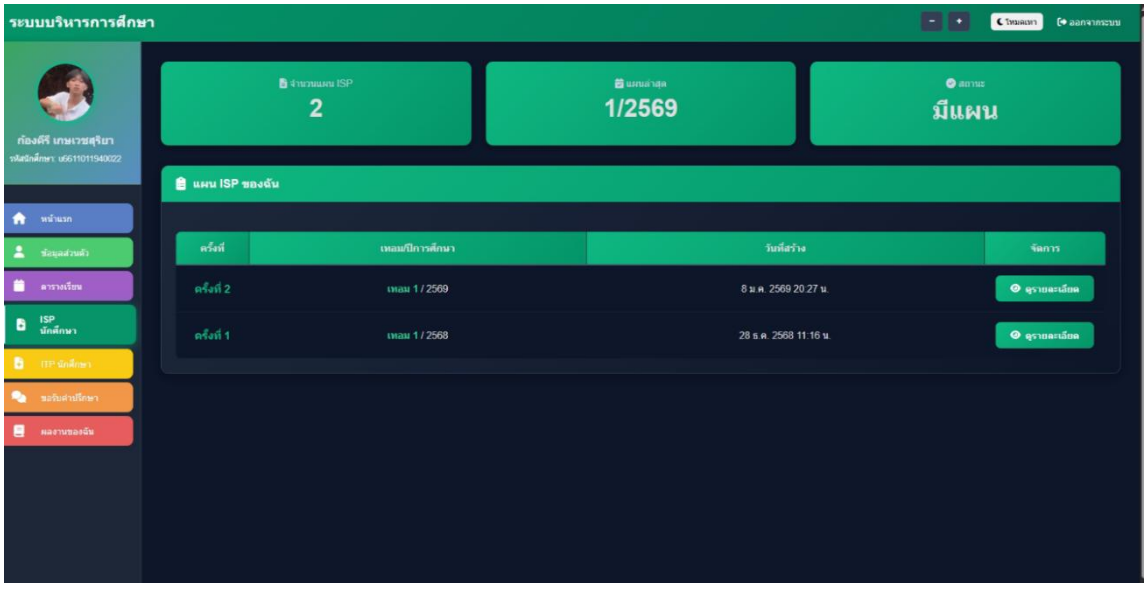
รูปที่ 3 หน้าแรกของระบบนักศึกษา

จากรูปที่ 3 คือ หน้าระบบหลังจากล็อคอินก็จะมีให้ดูหลากหลายเมนู รวมถึง Function ขยายหน้าจอและ โหมดเปลี่ยนสีให้เป็นสีเทา



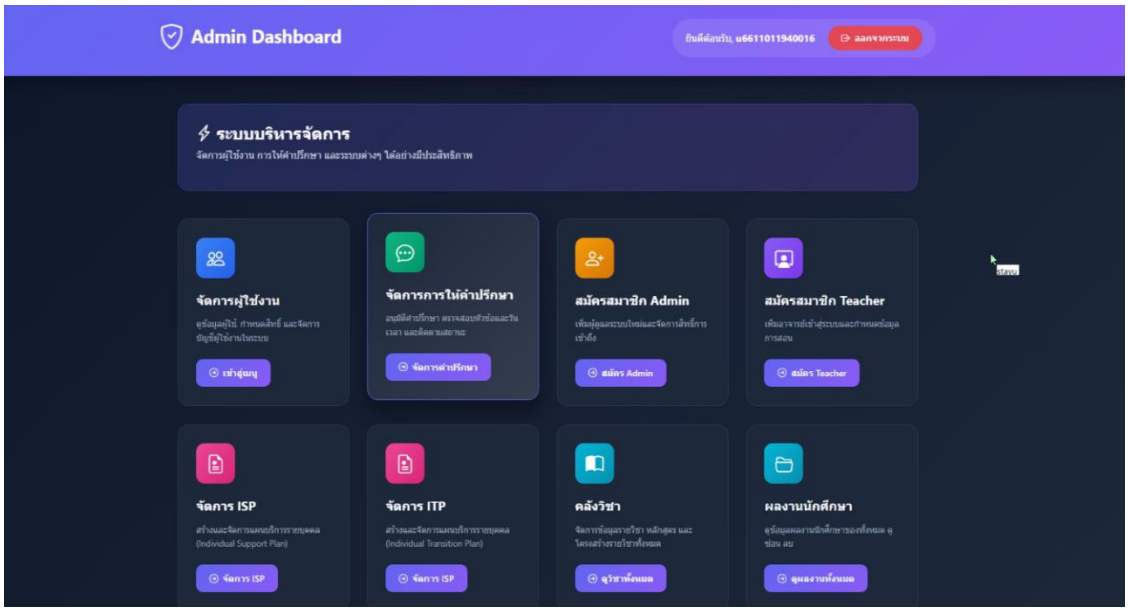
รูปที่ 4 หน้าระบบตารางเรียนนักศึกษา

จากรูปที่ 4 คือ หน้านี้นักศึกษาสามารถดูตารางเรียนของตัวเองได้ สามารถดูเวลาวันที่และเลือกดูเทอมและปีได้



รูปที่ 5 หน้าเมนูของ ISP

จากรูปที่ 5 คือ สามารถแผนงาน ISP ของนักศึกษา สามารถดูจำนวนได้ ดูปีและเทอมของแผนนั้นๆได้



รูปที่ 6 หน้าของฝั่ง Admin
จากรูปที่ 6 คือ ดูหน้าต่างเมนูต่างๆของและยังสามารถจัดการแก้ทุกอย่างในระบบได้

ผลการประเมิน

โดยการประเมินความพึงพอใจใน 4 ด้าน ได้แก่ ความเหมาะสมและประโยชน์ของระบบ การออกแบบและการใช้งาน ประสิทธิภาพการทำงานของระบบ และความพึงพอใจโดยรวม มีผลดังนี้

ตารางที่ 1 ผลการประเมินความพึงพอใจ

หัวข้อแบบประเมิน	คะแนนเฉลี่ย
ความเหมาะสมและประโยชน์ของระบบ	4.50
ระบบบริหารการศึกษานี้ตอบสนองต่อความ ต้องการของศูนย์ช่วยเหลือนักศึกษาพิการเรียนร่วม	4.60
ระบบช่วยให้การจัดการข้อมูลนักศึกษาพิการมีความเป็นระบบและถูกต้องมากขึ้น	4.50
ช่วยให้การให้บริการและการช่วยเหลือนักศึกษา พิการเป็นไปอย่างรวดเร็วและตรงตามความต้องการ	4.40
การออกแบบและการใช้งานระบบ	4.39
โครงสร้างเว็บไซต์และเมนูการใช้งานมีความชัดเจน เข้าใจง่าย	4.30
ระบบช่วยลดภาระงานเอกสารและขั้นตอนการทำงานของเจ้าหน้าที่	4.50
ระบบช่วยสนับสนุนการเรียนร่วมของนักศึกษาพิการได้อย่างเหมาะสม	4.40
ระบบมีความเหมาะสมและเป็นมิตรต่อการเข้าถึงของนักศึกษาพิการ	4.60

หัวข้อแบบประเมิน	คะแนนเฉลี่ย
การจัดวางองค์ประกอบของเว็บไซต์มีความเหมาะสม ไม่ซับซ้อน	4.30
ระบบสามารถใช้งานได้สะดวกแม้ผู้ที่ไม่เชี่ยวชาญ ด้านเทคโนโลยี	4.40
ระบบมีความรวดเร็วในการแสดงผลและประมวลผลข้อมูล	4.20
รูปแบบตัวอักษร สี และขนาด มีความเหมาะสมต่อการใช้งาน	4.30
ดำเนินการอย่างถูกต้องตามที่ออกแบบไว้	4.50
ประสิทธิภาพและการทำงานของระบบ	4.57
ระบบทำงานได้ถูกต้องตามที่ออกแบบไว้	4.60
ระบบช่วยให้สามารถติดตามการให้ความช่วยเหลือนักศึกษาพิการได้อย่างต่อเนื่องและมีประสิทธิภาพ	4.40
ท่านเห็นว่าระบบนี้สามารถนำไปใช้งานจริงได้อย่างเหมาะสม	4.70
ความพึงพอใจโดยรวม	4.55
ท่านมีความพึงพอใจต่อระบบบริหารการศึกษานี้โดยรวม	4.60
ท่านเห็นว่าระบบนี้ช่วยพัฒนาการทำงานของศูนย์ช่วยเหลือนักศึกษาพิการเรียนร่วม	4.50

1. การวิเคราะห์ผลการประเมินระบบ

จากการประเมินความพึงพอใจต่อระบบบริหารการศึกษาสำหรับศูนย์ช่วยเหลือนักศึกษาพิการเรียนร่วม จำนวน 17 รายการประเมิน โดยมีผู้ตอบแบบประเมินทั้งหมด 16 คน พบว่าค่าเฉลี่ยของทุกข้ออยู่ในระดับ “ดี” ถึง “ดีมาก” แสดงให้เห็นว่าผู้ใช้งานมีความคิดเห็นในเชิงบวกต่อระบบโดยรวม

เมื่อพิจารณาผลรวมของคะแนนประเมินทั้ง 17 ข้อ พบว่าคะแนนส่วนใหญ่กระจุกตัวอยู่ในระดับ 4 และ 5 ซึ่งเป็นระดับความพึงพอใจดี ส่งผลให้ค่าเฉลี่ยรวมของระบบอยู่ในระดับดี สะท้อนถึงประสิทธิภาพของระบบทั้งในด้านการออกแบบ การใช้งาน และการสนับสนุนการทำงานของศูนย์ช่วยเหลือนักศึกษาพิการเรียนร่วม

1.1 ด้านการตอบสนองต่อความต้องการของหน่วยงาน

ผลการประเมินแสดงให้เห็นว่าระบบสามารถตอบสนองต่อความต้องการของศูนย์ช่วยเหลือนักศึกษาพิการเรียนร่วมได้อย่างเหมาะสม ไม่ว่าจะเป็นในด้านการจัดเก็บข้อมูล การบริหารจัดการข้อมูลนักศึกษา หรือการติดตามการช่วยเหลืออย่างต่อเนื่อง ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในระดับสูงบ่งชี้ว่าระบบได้รับการออกแบบสอดคล้องกับบริบทการทำงานจริงของหน่วยงาน นอกจากนี้ผู้ประเมินยังเห็นว่าระบบสามารถนำไปใช้งานจริงได้อย่างเหมาะสม ซึ่งสะท้อนถึงความพร้อมของระบบทั้งในเชิงเทคนิคและเชิงการใช้งาน

1.2 ด้านประสิทธิภาพและความถูกต้องของระบบ

ค่าเฉลี่ยในหัวข้อที่เกี่ยวข้องกับความถูกต้องของระบบ การทำงานตามที่ออกแบบไว้ และความรวดเร็วในการประมวลผลข้อมูล อยู่ในระดับสูงเช่นกัน แสดงให้เห็นว่าระบบมีเสถียรภาพ ไม่มีข้อผิดพลาดสำคัญในการทำงาน และสามารถประมวลผลข้อมูลได้อย่างรวดเร็ว สิ่งนี้สะท้อนถึงคุณภาพของกระบวนการพัฒนาและทดสอบระบบก่อนนำไปใช้งานจริง

1.3 ด้านการออกแบบและความสะดวกในการใช้งาน

ในส่วนของโครงสร้างเว็บไซต์ เมนูการใช้งาน การจัดวางองค์ประกอบ รูปแบบตัวอักษร สี และขนาด พบว่าผู้ใช้งานให้คะแนนในระดับสูง แสดงให้เห็นว่าระบบมีการออกแบบที่เข้าใจง่าย ไม่ซับซ้อน และเป็นมิตรต่อผู้ใช้ ที่สำคัญคือ ระบบสามารถใช้งานได้สะดวกแม้ผู้ที่ไม่เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยี ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการนำระบบไปใช้ในองค์กรจริง เพราะหากระบบซับซ้อนเกินไป ค่าเฉลี่ยในส่วนนี้จะไม่สูงเช่นนี้

1.4 ด้านการสนับสนุนการเรียนร่วมของนักศึกษาพิการ

ผลการประเมินสะท้อนให้เห็นว่าระบบมีความเหมาะสมต่อการเข้าถึงของนักศึกษาพิการ และสามารถสนับสนุนการเรียนร่วมได้อย่างเหมาะสม ค่าเฉลี่ยระดับสูงในหัวข้อนี้แสดงให้เห็นว่าระบบไม่ได้เน้นเพียงการบริหารจัดการข้อมูลเท่านั้น แต่ยังคำนึงถึงการใช้งานที่สอดคล้องกับความต้องการของนักศึกษาพิการอีกด้วย

1.5 สรุปภาพรวม

โดยสรุป ผลการประเมินทั้ง 17 รายการบ่งชี้ว่าระบบบริหารการศึกษาที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพ เหมาะสมกับบริบทการใช้งานจริง ใช้งานง่าย ถูกต้อง และสามารถสนับสนุนการทำงานของเจ้าหน้าที่รวมถึงการช่วยเหลือนักศึกษาพิการได้อย่างมีประสิทธิภาพ ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในระดับมากถึงมากที่สุดสะท้อนถึงความสำเร็จของการออกแบบและพัฒนาระบบในครั้งนี้

การอภิปรายผล

จากผลการดำเนินงานวิจัยนพบว่า ระบบบริหารการศึกษาที่พัฒนาขึ้นสามารถช่วยแก้ไขปัญหาที่พบในการดำเนินงานเดิม ซึ่งส่วนใหญ่เกี่ยวข้องกับการจัดเก็บข้อมูลที่กระจัดกระจาย การค้นหาข้อมูลที่ใช้เวลานาน และการติดตามผลการช่วยเหลือนักศึกษาได้ไม่ต่อเนื่อง การนำระบบสารสนเทศมาใช้จึงช่วยเพิ่มความเป็นระบบ ลดความผิดพลาด และเพิ่มความรวดเร็วในการทำงาน

ผลการประเมินความพึงพอใจที่อยู่ในระดับดีมาก สะท้อนให้เห็นว่าระบบมีความสอดคล้องกับความต้องการของผู้ใช้งาน ทั้งในด้านประโยชน์ ความง่ายในการใช้งาน และประสิทธิภาพของระบบ ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดระบบสารสนเทศเพื่อการบริหารการศึกษา ที่มุ่งเน้นความถูกต้อง รวดเร็ว และสนับสนุนการตัดสินใจ

นอกจากนี้ การนำแนวคิดการศึกษารวม (Inclusive Education) และแผนบริการเฉพาะบุคคล (ISP) มาเป็นพื้นฐานในการออกแบบระบบ ช่วยให้การช่วยเหลือนักศึกษาเป็นไปตามความต้องการเฉพาะบุคคลมากขึ้น ส่งผลให้การให้บริการมีคุณภาพและมีความต่อเนื่อง

อย่างไรก็ตาม ระบบที่พัฒนาขึ้นยังเป็นระบบต้นแบบ (Prototype) ซึ่งอาจยังไม่ครอบคลุมการเชื่อมต่อกับระบบอื่นของมหาวิทยาลัย และยังมีข้อจำกัดด้านการทดสอบในสภาพแวดล้อมจริงในระยะยาว

บทสรุป

งานวิจัยเรื่อง ระบบบริหารการศึกษาสำหรับศูนย์ช่วยเหลือนักศึกษาพิการเรียนร่วม มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบสารสนเทศที่ช่วยให้การจัดเก็บข้อมูล การวางแผนบริการเฉพาะบุคคล (ISP) และการติดตามผลการช่วยเหลือนักศึกษาที่มีความต้องการพิเศษเป็นไปอย่างมีระบบ และเพื่อศึกษาความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อระบบที่พัฒนาขึ้น

ผลการพัฒนาพบว่า ระบบสามารถรองรับการทำงานหลักของศูนย์ช่วยเหลือนักศึกษาพิการได้อย่างครบถ้วน ได้แก่ การจัดการข้อมูลนักศึกษา การจัดทำและติดตามแผน ISP การให้คำปรึกษา การบันทึกข้อมูลที่เกี่ยวข้อง และการจัดทำรายงาน ซึ่งช่วยลดความซ้ำซ้อนของงานเอกสาร และเพิ่มความสะดวกในการค้นหาและใช้งานข้อมูล

ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน พบว่า ด้านความเหมาะสมและประโยชน์ของระบบ อยู่ในระดับดี (ค่าเฉลี่ย 4.50) ด้านการออกแบบและความสะดวกในการใช้งาน อยู่ในระดับดี (ค่าเฉลี่ย 4.39) ด้านประสิทธิภาพการทำงานของระบบ อยู่ในระดับดีมาก (ค่าเฉลี่ย 4.57) และความพึงพอใจโดยรวม อยู่ในระดับดีมาก (ค่าเฉลี่ย 4.55)

ระบบบริหารการศึกษาสำหรับศูนย์ช่วยเหลือนักศึกษาพิการเรียนร่วม จากผลดังกล่าว แสดงให้เห็นว่าระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถนำไปใช้สนับสนุนการดำเนินงานของศูนย์ช่วยเหลือนักศึกษาพิการเรียนร่วมได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ข้อเสนอแนะ

การนำไปใช้งาน ควรนำระบบไปทดลองใช้งานจริงในหน่วยงาน พร้อมจัดอบรมให้ผู้ใช้งาน เพื่อให้สามารถใช้งานระบบได้อย่างมีประสิทธิภาพ ส่วนในการพัฒนาต่อในอนาคตควรพัฒนาระบบเพิ่มเติมให้สามารถเชื่อมต่อกับระบบอื่นของมหาวิทยาลัย และเพิ่มฟังก์ชันการใช้งานให้เหมาะสมกับความต้องการของผู้ใช้มากยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

มหาวิทยาลัยสวนดุสิต. (2567). คู่มือนักศึกษา มหาวิทยาลัยสวนดุสิต ปีการศึกษา 2567. ศูนย์บริการสื่อและสิ่งพิมพ์กราฟฟิคไซท์: กรุงเทพฯ.

ราชกิจจานุเบกษา. (2561). ให้ใช้มาตรฐานการศึกษา ระดับปฐมวัย ระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน และระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานศูนย์การศึกษาพิเศษ.ค้นเมื่อ 22 พฤษภาคม 2569. https://www.ratchakitcha.soc.go.th/DATA/PDF/2561/E/235/T_0004.PDF

ศิริพร แสงทอง. (2563). การใช้เทคโนโลยีดิจิทัลในการพัฒนาการเรียนรู้ของนักการศึกษาไทย. วารสารเทคโนโลยีการศึกษา. 29(2):50-72.

สำนักงานคณะกรรมการกฤษฎีกา. (2551). ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 125 ตอนที่ 28 ก หน้า 1/5 กุมภาพันธ์ 2551. พระราชบัญญัติการจัดการศึกษาสำหรับคนพิการ พ.ศ. 2551

การศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของ EEGNet, ShallowConvNet และ DeepConvNet ในการตรวจจับและพยากรณ์อาการชักของโรคลมชักบริเวณกลีบขมับจากสัญญาณ EEG แบบ 16 ช่องสัญญาณ

A Comparative Study of EEGNet, ShallowConvNet, and DeepConvNet for Seizure Detection and Prediction in Temporal Lobe Epilepsy Using 16-Channel EEG Signals

ทินกร ชุณหภัทรกุล[1*] ชูติวรรณ บุญอาชาทอง[1] สายสุดา ปิ้นตระกูล[1] และบุญญลักษม์ ตำนานจิตร[1]
Thinnagorn Chunhapataragul[1*], Chutiwan Boonarchatong[1],
Saisuda Pantrakool[1] and Boonyalak Tumnanchit[1]

[1]คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต กรุงเทพมหานคร
[1]Faculty of Science and Technology, Suan Dusit University, Bangkok
[*]Corresponding Author E-mail Address : thinnagorn_chu@dusit.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพสถาปัตยกรรม Deep Learning สำหรับการวินิจฉัยและพยากรณ์ผู้ป่วยโรคลมชักในสมองส่วนกลีบขมับผ่านสัญญาณ EEG โรคลมชักบริเวณกลีบขมับ (Temporal Lobe Epilepsy: TLE) คิดเป็นร้อยละ 35 ของผู้ป่วยโรคลมชักทั้งหมดและมักดื้อต่อยากันชัก การวินิจฉัยด้วยสัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมอง (EEG) โดยแพทย์ผู้เชี่ยวชาญยังมีข้อจำกัดด้านความแปรปรวนระหว่างผู้ประเมินและการขาดแคลนผู้เชี่ยวชาญในพื้นที่ห่างไกล งานวิจัยนี้จึงมุ่งเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสถาปัตยกรรม Deep Learning 3 แบบ ได้แก่ EEGNet, ShallowConvNet และ DeepConvNet สำหรับการตรวจจับและพยากรณ์อาการชักจากสัญญาณ EEG การทดลองใช้ชุดข้อมูล CHB-MIT และ TUSZ โดยผ่านกระบวนการ Band-pass Filtering, ICA-based Artifact Removal และแบ่งสัญญาณเป็น Epoch ขนาด 4 วินาที โดยมี Overlap ร้อยละ 87.5 โมเดลทั้งหมดประเมินผลด้วย 5-fold Cross-validation แบบ Subject-independent วัดค่า Accuracy, Sensitivity, Specificity, F1-Score และ AUC-ROC ผลการวิจัยพบว่า EEGNet มีประสิทธิภาพสูงสุดในทุกตัวชี้วัดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดย Task Seizure Detection ได้ Accuracy 96.8%, Sensitivity 95.2% และ AUC-ROC 0.982 ส่วน Task Seizure Prediction ได้ Accuracy 88.4% และ AUC-ROC 0.921 ทั้งนี้ EEGNet ใช้เพียง 2,548 Parameter น้อยกว่า DeepConvNet ถึง 64 เท่า และมี Inference Time 1.2 ms ต่อ Sample เหมาะสำหรับการใช้งาน Real-time บน Edge Computing งานวิจัยสรุปได้ว่ากลไก Depthwise Separable Convolution ของ EEGNet สอดคล้องกับโครงสร้างเชิงสถิติของสัญญาณ EEG มากกว่าสถาปัตยกรรม General-purpose CNN ในขณะที่ DeepConvNet ซึ่งมีโครงสร้างลึกที่สุดกลับให้ผลต่ำที่สุดเนื่องจากปัญหา Overfitting

คำสำคัญ: โรคลมชักกลีบขมับ EEGNet การทำนายการชัก การเรียนรู้เชิงลึก คลื่นไฟฟ้าสมอง

Abstract

A Comparative Study of Deep Learning Architectures for Diagnosis and Prediction of Temporal Lobe Epilepsy via EEG Signals. Temporal Lobe Epilepsy (TLE) accounts for approximately 35% of all epilepsy cases and is frequently refractory to antiseizure medications. Clinical diagnosis through visual EEG interpretation remains limited by inter-rater variability and specialist shortages in resource-constrained settings. This study systematically compared three deep learning architectures - EEGNet, ShallowConvNet, and DeepConvNet - for TLE seizure detection and prediction using EEG signals. Experiments were conducted on the CHB-MIT Scalp EEG Database and the Temple University Hospital EEG Seizure Corpus (TUSZ). Preprocessing included band-pass filtering (0.5-70 Hz), ICA-based artifact removal, and segmentation into 4-second epochs with 87.5% overlap. All models were evaluated using subject-independent 5-fold cross-validation across six metrics: accuracy, sensitivity, specificity, precision, F1-score, and AUC-ROC. EEGNet achieved the highest performance across all metrics and both tasks with statistical significance ($p < 0.05$). For seizure detection, EEGNet attained an accuracy of 96.8%, sensitivity of 95.2%, and AUC-ROC of 0.982. For seizure prediction, it achieved an accuracy of 88.4% and AUC-ROC of 0.921. Remarkably, these results were obtained with only 2,548 trainable parameters - 64 times fewer than DeepConvNet - and an inference time of 1.2 ms per sample, confirming its suitability for real-time edge deployment. DeepConvNet, despite its architectural depth, yielded the lowest performance due to overfitting on limited clinical EEG data. These findings demonstrate that EEGNet's depthwise separable convolution, which independently captures spatial and temporal EEG features, is inherently more aligned with EEG signal structure than general-purpose CNN architectures.

Keywords: Temporal Lobe Epilepsy, EEGNet, Seizure Prediction, Deep Learning, Electroencephalogram

บทนำ

โรคลมชัก (Epilepsy) เป็นหนึ่งในโรคทางระบบประสาทเรื้อรังที่พบบ่อยที่สุด และเป็นปัญหาทางสาธารณสุขระดับโลก โดยเกิดจากความผิดปกติของการปล่อยกระแสไฟฟ้าในสมองอย่างเฉียบพลัน ส่งผลให้เกิดอาการชักซ้ำ ๆ โดยไม่สามารถควบคุมได้ สาเหตุของโรคลมชักอาจเกิดจากพันธุกรรม (สลิษา ประดิษฐบาทุกา, 2567) การบาดเจ็บที่สมอง เนื้องอกในสมอง โรคหลอดเลือดสมอง หรือการติดเชื้อในสมอง ซึ่งอาการชักมีหลายประเภท เช่น อาการชักเหม่อลอย อาการชักเกร็ง อาการชักกระตุก ไปจนถึงอาการชักกระตุก และเกร็งพร้อมกัน โดยอาจมีตั้งแต่อาการเล็กน้อยจนถึงหมดสติ อาจนำไปสู่อันตรายเสียชีวิต องค์การอนามัยโลก (WHO) ได้สำรวจสถิติผู้ช่วยโรคลมชัก (World Health Organization, 2024) มีผู้ป่วยโรคลมชักทั่วโลกประมาณ 50 ล้านคน และมีผู้ป่วยใหม่เพิ่มขึ้นถึงปีละ 5 ล้านคน โดยเกือบ 80% ของผู้ป่วยอาศัยอยู่ในประเทศกลุ่มรายได้น้อยถึงปานกลาง (LMICs) ซึ่งสถานการณ์ผู้ป่วยโรคลมชักในประเทศไทย (สมศักดิ์ เทียมเก่า, 2567) เป็นโรคทางระบบประสาทที่พบบ่อย ความชุกประมาณ 7 คนใน 1,000 คนพบได้ทุกเพศทุกวัย

ผลกระทบที่มีต่อผู้ป่วยโรคลมชักไม่สามารถคาดเดาได้ว่าอาการชักจะเกิดขึ้นเมื่อใด (Unpredictability) นำมาซึ่งผลกระทบอย่างรุนแรงในหลายมิติ 1) ด้านร่างกายและอุบัติเหตุ อาการชักที่เกิดขึ้นกะทันหันขณะทำกิจกรรมต่าง ๆ เช่น ขับรถ เดินขึ้นลงบันได ทำให้ผู้ป่วยมีความเสี่ยงสูงที่จะบาดเจ็บอย่างรุนแรง หรือเสียชีวิต โดยเฉพาะหากเกิดภาวะชักต่อเนื่อง (Status Epilepticus) ซึ่งเป็นภาวะฉุกเฉินที่ทำให้สมองขาดออกซิเจน 2) ด้านจิตใจและสังคม ความไม่แน่นอนของโรคทำให้ผู้ป่วยเกิดภาวะวิตกกังวล (Anxiety) และซึมเศร้า (Depression) สูงกว่าคนทั่วไป ซึ่งส่งผลกระทบต่อการประกอบอาชีพ การศึกษา และคุณภาพชีวิต

ด้วยเหตุผลข้างต้นผู้วิจัยเห็นถึงความจำเป็นในการพยากรณ์อาการชักล่วงหน้าเพื่อเปลี่ยนจากการตั้งรับเป็นการป้องกัน หากสามารถตรวจจับความผิดปกติของคลื่นสมองในระยะก่อนเกิดอาการชัก (Pre-ictal state) ได้ล่วงหน้าไม่กี่นาที จะสามารถช่วยชีวิตผู้ป่วยได้ เพราะจะช่วยให้ผู้ป่วยมีเวลามากพอที่จะหยุดกิจกรรมอันตราย เคลื่อนย้ายไปยังพื้นที่ปลอดภัย หรือรับประทานยาหยุดชักได้ทันท่วงที ซึ่งในปัจจุบันการใช้เครื่องมือตรวจจับคลื่นไฟฟ้าสมอง (Electroencephalogram - EEG) เป็นการติดตามสัญญาณไฟฟ้าในสมองผู้ป่วยโรคลมชัก โดยสามารถใช้เทคโนโลยี Deep Learning มาประยุกต์ใช้วินิจฉัยและพยากรณ์อาการชัก ซึ่งมีความแม่นยำสูง และสามารถทำงานได้แบบ Real-time โดยใช้สถาปัตยกรรมโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Convolution Neural Network (CNN) Electroencephalogram (EEG) ที่ถูกออกแบบมาเพื่อการประมวลผล และวิเคราะห์สัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมองโดยเฉพาะ ทั้งนี้ผู้วิจัยต้องการเปรียบเทียบกลุ่มโมเดลเพื่อให้ทราบถึงประสิทธิภาพของ EEGNet เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนานวัตกรรมในอนาคต

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อประยุกต์ใช้และทดสอบแบบจำลอง Deep Learning สำหรับการจำแนกสัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมองในผู้ป่วยโรคลมชักบริเวณกลีบขมับ
2. เปรียบเทียบประสิทธิภาพของสถาปัตยกรรมโมเดล และการทดสอบสถิติ

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. การนำเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ (AI) และการเรียนรู้เชิงลึก (DL) มาใช้ในวงการแพทย์

เทคโนโลยีการเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning - DL) เมื่อนำมาประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์และวินิจฉัยภาพทางรังสีวิทยา (Thakur et al., 2024) เทคโนโลยีนี้สามารถเรียนรู้รูปแบบที่ซับซ้อนจากข้อมูลดิบ เช่น MRI, CT Scan และ X-rays ได้อัตโนมัติ ทำให้การประมวลผลภาพที่มีสัญญาณรบกวนหรือมิติข้อมูลสูงมีความแม่นยำและรวดเร็วมากขึ้น สถาปัตยกรรมหลักที่ใช้คือ Convolutional Neural Networks (CNNs) ซึ่งมีประสิทธิภาพสูงในการจำแนกและตรวจจับรอยโรค โดยเฉพาะการใช้โครงสร้างแบบ U-Net ซึ่งมีความโดดเด่นในการแบ่งส่วนภาพ (Image Segmentation) ช่วยให้แพทย์สามารถระบุขอบเขตของเนื้องอก หรืออวัยวะเป้าหมายได้อย่างชัดเจน นอกจากนี้ยังมีการประยุกต์ใช้ Recurrent Neural Networks (RNNs) อย่าง LSTM ในการวิเคราะห์ข้อมูลอนุกรมเวลา เช่น คลื่นไฟฟ้าหัวใจ (ECG) ซึ่งสามารถซึ่งสามารถตรวจจับภาวะความผิดปกติได้ใกล้เคียงกับแพทย์ผู้เชี่ยวชาญ โดยงานวิจัยนี้แสดงให้เห็นถึงทิศทางในอนาคตของการวิเคราะห์ภาพทางการแพทย์จะมุ่งเน้นไปที่การแก้ปัญหาความโปร่งใสของโมเดล ควบคู่ไปกับการบูรณาการ DL เข้ากับเทคโนโลยีอื่น เช่น การประมวลผลภาษาธรรมชาติ (NLP) เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลแบบหลายมิติ (Multimodal Data) ซึ่งจะนำไปสู่การพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจทางการแพทย์ที่แม่นยำ ปลอดภัย และตอบโจทย์การดูและผู้ป่วยแบบองค์รวมได้อย่างสมบูรณ์แบบมากขึ้น

การตรวจจับและจำแนกภาวะหัวใจเต้นผิดปกติ (Arrhythmia) จากสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจ (ECG) ในช่วงปี 2017-2023 (Ansari, Y., Mourad, O., Qaraqe, K., & Serpedin, E., 2023) งานวิจัยชี้ให้เห็นว่าการตรวจวินิจฉัยแบบดั้งเดิม

มักประสบปัญหาความล่าช้า ความคลาดเคลื่อนระหว่างผู้เชี่ยวชาญ และความยากลำบากในการตรวจพบความผิดปกติที่เกิดขึ้นเป็นครั้งคราว การนำเทคโนโลยีการเรียนรู้เชิงลึกมาใช้เป็นทางออกสำคัญในการสร้างระบบตรวจวัดอัตโนมัติที่มีความแม่นยำสูง และสามารถทำงานได้แบบเรียลไทม์ สถาปัตยกรรม DL มีข้อได้เปรียบมากกว่าเทคโนโลยีการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning - ML) เนื่องจากความสามารถในการเรียนรู้คุณลักษณะของข้อมูล (Feature Extraction) ได้โดยอัตโนมัติจากสัญญาณ ECG ที่มีความซับซ้อน และมีสัญญาณรวบกวนสูง โดยสถาปัตยกรรมที่ได้รับความนิยม ได้แก่ Convolutional Neural Networks (CNNs) ซึ่งโดดเด่นในการจับรูปแบบของคลื่นในระยะสั้น และ Recurrent Neural Networks (RNNs) ร่วมกับหน่วยความจำระยะสั้นยาว (LSTM) ที่มีประสิทธิภาพในการวิเคราะห์ความต่อเนื่องเชิงเวลาเพื่อตรวจจับความผิดปกติที่ต้องพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างจังหวะการเต้นของหัวใจหลายครั้ง เช่น ภาวะหัวใจห้องบนเต้นผิดจังหวะ (Atrial Fibrillation) แสดงให้เห็นว่า Deep Learning เป็นเทคโนโลยีที่สำคัญที่ช่วยในการตรวจวินิจฉัยโรคหัวใจ

การประยุกต์ใช้การเรียนรู้เชิงลึกในการวิเคราะห์และวินิจฉัย ภาวะเบาหวานขึ้นจอประสาทตา (Diabetic Retinopathy - DR) (Nadeem et al, 2022) ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญของการสูญเสียการมองเห็นของคนทั่วโลก การตรวจคัดกรองแบบดั้งเดิมโดยจักษุแพทย์นั้นมีข้อจำกัดด้านเวลา และทรัพยากรบุคคล การใช้ระบบวินิจฉัยอัตโนมัติ (Computer-Aided Diagnosis - CAD) จึงเข้ามามีบทบาทสำคัญในการเพิ่มประสิทธิภาพการตรวจคัดกรองเชิงรุก บทความนี้มุ่งเน้นการใช้สถาปัตยกรรม Convolutional Neural Networks (CNNs) ในการจัดการกับภาพถ่ายจอประสาทตา (Fundus Images) โดยครอบคลุมภารกิจ 3 ด้าน คือ 1) การจำแนกประเภทความรุนแรงของโรค (Classification) 2) การตรวจจับรอยโรคขนาดเล็ก (Lesion Detection) เช่น จุดเลือดออก (Hemorrhages) หรือคราบไขมัน (Exudates) และ 3) การแบ่งส่วนภาพโครงสร้างทางกายวิภาค (Image Segmentation) เช่น เส้นเลือดและพยาธิสภาพในดวงตา บทความวิจัยนี้เสนอแนะว่าทิศทางในอนาคตควรมีการพัฒนาระบบที่มีความทนทานต่อสัญญาณรบกวนสูง (Robustness) และการนำเทคโนโลยี DL ไปบูรณาการเข้ากับระบบคลาวด์ หรืออุปกรณ์พกพา เพื่อให้การตรวจคัดกรองภาวะเบาหวานขึ้นจอประสาทตาสามารถเข้าถึงในวงกว้าง โดยเฉพาะในพื้นที่ห่างไกลที่ขาดแคลนจักษุแพทย์ผู้เชี่ยวชาญ

การวิเคราะห์การเปลี่ยนผ่านของระบบการวินิจฉัยทางแพทย์จากการวิเคราะห์โดยมนุษย์ไปสู่ระบบอัตโนมัติที่ขับเคลื่อนด้วยปัญญาประดิษฐ์ (AI) (Al-Antari, 2023) AI ไม่ได้เข้ามาแทนที่แพทย์แต่เข้ามาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ (Efficiency) ความเร็ว (Speed) และความแม่นยำ (Accuracy) ในกระบวนการตัดสินใจทางการแพทย์ ในปัจจุบัน AI ได้รับการยอมรับอย่างสูงในการวิเคราะห์ข้อมูลที่หลากหลาย เช่น ภาพถ่ายทางการแพทย์ 2 มิติ และ3มิติ (X-rays, MRI, CT และ Ultrasound) สัญญาณชีพ (Bio-signals เช่น ECG, EEG) ข้อมูลจีโนมิกส์ โดยหัวใจสำคัญคือการใช้ Deep Learning ที่สามารถระบุรูปและแนวโน้มของโรคได้จากชุดข้อมูลขนาดใหญ่ ซึ่งช่วยลดความเสี่ยงจากการวินิจฉัยที่คลาดเคลื่อน บทความนี้นำเสนอแนวคิดล้ำสมัยที่กลายเป็นจุดเปลี่ยนสำคัญของวงการแพทย์ ได้แก่ 1) Quantum AI (QAI) การนำคอมพิวเตอร์ควอนตัมมาใช้เพื่อเร่งความเร็วในการฝึกฝนโมเดล (Training process) ซึ่งจะช่วยให้สามารถประมวลผลข้อมูลมหาศาลได้แบบเรียลไทม์และให้ผลวินิจฉัยที่รวดเร็วกว่าคอมพิวเตอร์ปัจจุบันหลายเท่า 2) Explainable AI (XAI) การพัฒนา AI ให้มีความโปร่งใส สามารถอธิบายเหตุผลเบื้องหลังการตัดสินใจได้เพื่อสร้างความเชื่อมั่น และยอมรับในเชิงจริยธรรม และการแพทย์ 3) Generative AI (GAI) การใช้ AI เพื่อสร้างข้อมูลจำลองคุณภาพสูงสำหรับฝึกฝนโมเดลในกรณีที่ข้อมูลผู้ป่วยจริงมีจำกัด

การใช้เทคโนโลยีการเรียนรู้เชิงลึก DL ในการจัดการด้านภาพถ่ายทางการแพทย์สำหรับ โรคมะเร็งกระเพาะอาหาร (Gastric Cancer) (Liao et al, 2023) ซึ่งเป็นโรงมะเร็งที่มีอัตราการเสียชีวิตสูงเป็นอันดับต้นๆ ของโลก บทความวิจัยนี้ระบุว่าความท้าทายหลักของโรคนี้คือ การตรวจพบในระยะเริ่มต้น (Early detection) ซึ่งมักมีความผิดปกติที่สังเกตได้ยากด้วยสายตาเปล่า การประยุกต์ใช้ DL ผ่านภาพถ่ายทางการแพทย์ 2 รูปแบบหลัก คือ ภาพส่องกล้อง (Endoscopy)

และ ภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ (CT scan) โดยแบ่งบทบาทของ AI เป็น 3 ระยะ 1) การคัดกรองและวินิจฉัย (Screening and Diagnosis) การใช้ Convolutional Neural Networks (CNNs) เพื่อช่วยแพทย์ระบุตำแหน่งของมะเร็งกระเพาะอาหารระยะแรก และแยกแยะระหว่างรอยโรคที่เป็นเนื้อร้ายและเนื้อดี 2) การระบุของโรค (Staging) การใช้ DL ในการวิเคราะห์การรุกรานของมะเร็งไปยังชั้นผนังกระเพาะอาหาร และตรวจหาการแพร่กระจายไปยังต่อมน้ำเหลือง ซึ่งเป็นปัจจัยวิกฤตในการวางแผนผ่าตัด 3) การประเมินผลหลังการรักษา (Treatment Outcome) การนำเทคโนโลยี Radiomics มาบูรณาการร่วมกับ DL เพื่อทำนายการตอบสนองต่อการรักษาด้วยเคมีบำบัด และการพยากรณ์โรค

การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์เพื่อจัดการข้อมูลทางการแพทย์ที่มีความซับซ้อน และมีปริมาณมหาศาล (Rahman, A., Debnath, et al, 2024) เทคโนโลยีและกระบวนการ การใช้ Machine Learning (ML) ครอบคลุมทั้งการจำแนกประเภท การจัดกลุ่ม และการเรียนรู้แบบเสริมกำลัง (Reinforcement Learning) การใช้ Deep Learning (DL) เช่น CNN, RNN และ GAN มีบทบาทสำคัญในการประมวลผลข้อมูลที่ไม่มีโครงสร้าง และภาพถ่ายทางการแพทย์ได้โดยไม่ต้องอาศัยการคัดเลือกคุณลักษณะจากมนุษย์ การประยุกต์ใช้ในระบบสุขภาพ 1) ใช้ในการวินิจฉัยโรคผ่านภาพถ่ายทางการแพทย์ 2) สนับสนุนการจัดการระเบียนสุขภาพอิเล็กทรอนิกส์ (EHRs) และการใช้ Chatbot 3) การค้นพบยาใหม่และการแพทย์แม่นยำที่ปรับการรักษาตามลักษณะเฉพาะบุคคล ทิศทางการนำไปใช้ในอนาคต การนำ Federated Learning มาใช้เพื่อความปลอดภัยของข้อมูล และการใช้ Edge AI ร่วมกับเทคโนโลยี 6G เพื่อเพิ่มความเร็วในการประมวลผลบนอุปกรณ์ปลายทาง

2. โรคลมชักบริเวณกลีบขมับ (Temporal Lobe Epilepsy - TLE)

โรคลมชักกลีบขมับ (TLE) เป็นประเภทของโรคลมชักที่พบบ่อย และรุนแรงที่สุด (You, J., et al, 2022) โดยมีลักษณะเฉพาะ คือ การชักที่รักษาได้ยาก เกิดซ้ำ และไม่ตอบสนองต่อยา ซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับส่วนนอกของกลีบขมับ (เปลือกสมองส่วนนอก) สาเหตุของ TLE แตกต่างกันไปในแต่ละบุคคล ปัจจัยด้านโครงสร้างพันธุกรรม การติดเชื้อ การเผาผลาญ และภูมิคุ้มกัน

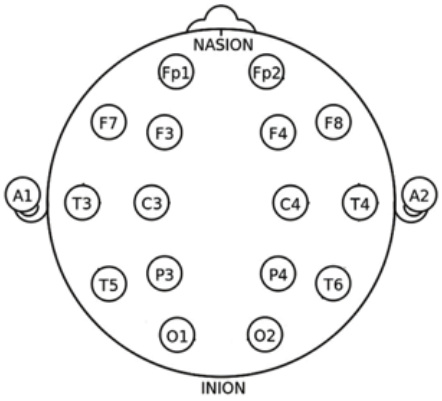
3. การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning - DL) ประมวลผลสัญญาณไฟฟ้าสมอง (EEG) ทางการแพทย์

การพัฒนาด้านการแพทย์อัจฉริยะในปัจจุบันที่มุ่งเน้นไปที่การใช้ DL เพื่อยกระดับการวิเคราะห์สัญญาณทางชีวภาพ (Lyu, R. (2026) โดยเฉพาะสัญญาณไฟฟ้าสมอง (EEG) ซึ่งมีความซับซ้อน และมีสัญญาณรบกวนสูง งานวิจัยระบุว่าเทคนิค DL เช่น CNN และ RNN (LSTM) สามารถสกัดคุณลักษณะ (Feature Extraction) จากข้อมูล EEG ได้โดยอัตโนมัติ ซึ่งมีประสิทธิภาพเหนือกว่าวิธีการทางสถิติแบบเดิม การประยุกต์ใช้ในทางการแพทย์ DL ถูกนำมาใช้ในการตรวจจับและวินิจฉัยโรคทางระบบประสาทอย่างแม่นยำ เช่น โรคลมชัก โรคอัลไซเมอร์ และการติดตามภาวะความผิดปกติของการนอนหลับ นอกจากนี้ยังเชื่อมโยงกับระบบ Brain-Computer Interface (BCI) เพื่อช่วยในการฟื้นฟูผู้ป่วยอัมพาต ทิศทางการพัฒนาโมเดลที่ต้องการทรัพยากรคำนวณน้อยลงเพื่อติดตั้งบนอุปกรณ์พกพา (Edge AI) และการนำเทคโนโลยี Generative Adversarial Networks (GANs) มาใช้เพื่อเพิ่มปริมาณข้อมูลจำลอง (Data Augmentation) แก้ปัญหาข้อมูลขาดแคลน

ระบบตรวจจับโรคลมชักอัตโนมัติโดยใช้โมเดลไฮบริด CNN-LSTM (Wang, X., et al, 2023) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการวิเคราะห์สัญญาณ EEG จุดเด่นคือการใช้ CNN ในการสกัดคุณลักษณะเด่นเชิงพื้นที่ ร่วมกับ LSTM ที่มีความสามารถในการเรียนรู้ลำดับเหตุการณ์เชิงเวลา ทำให้โมเดลสามารถแยกแยะความแตกต่างระหว่างสัญญาณสมองปกติ และสัญญาณขณะชักได้อย่างแม่นยำ ผลการศึกษาพบว่าสถาปัตยกรรมนี้ให้ค่าความแม่นยำ (Accuracy) สูงเกือบ 100% ซึ่งก้าวข้ามขีดจำกัดของโมเดลรูปแบบเดิม งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นการใช้ Deep Learning แบบผสมผสาน (Hybrid Deep Learning)

เป็นแนวทางที่มีประสิทธิภาพสูงสุดสำหรับระบบสนับสนุนการตัดสินใจทางการคลินิก (Clinical Decision Support Systems) ในการวินิจฉัยโรงทางสมองแบบเรียลไทม์ โดยช่วยลดภาระงานของแพทย์ และลดโอกาสในการวินิจฉัยผิดพลาดได้เป็นอย่างดี

การวินิจฉัยโรคซึมเศร้าโดยใช้สัญญาณ EEG เฉพาะส่วนหน้าผาก (Frontal lobe) (Xu, Y., et al, 2023) เนื่องจากเป็นบริเวณที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับการควบคุมอารมณ์ และฟังก์ชันการรู้คิด ซึ่งมักแสดงความผิดปกติในผู้ป่วยโรคซึมเศร้า สัญญาณ EEG ที่เกี่ยวข้องกับโรคลมชัก



รูปที่ 1 16-channel EEG (Öztürk, H. T., et al, 2017)

ตำแหน่งวิกฤต (Key Areas) โดยทั่วไปโรคลมชักอาจเกิดขึ้นได้ในหลายส่วนของสมอง แต่ตำแหน่งที่มักแสดงสัญญาณความผิดปกติชัดเจนที่สุด ได้แก่

Temporal Lobe (T3, T4, T5, T6) เป็นจุดที่พบบ่อยที่สุดสำหรับโรคลมชักประเภท Temporal Lobe Epilepsy (TLE) ซึ่งสัญญาณชักมักเริ่มจากบริเวณนี้

Frontal Lobe (F3, F4, F7, F8) เกี่ยวข้องกับการชักที่ส่งผลต่อการเคลื่อนไหวหรือพฤติกรรม และเป็นจุดที่ติดตั้งเซ็นเซอร์ได้ง่ายสำหรับอุปกรณ์สวมใส่

Central (C3, C4, Cz) ใช้เพื่อตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณไฟฟ้าที่แพร่กระจายไปยังส่วนควบคุมการเคลื่อนไหว

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

งานวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Approach) เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสถาปัตยกรรม Deep Learning ในการวินิจฉัยและพยากรณ์โรคลมชักบริเวณกลีบขมับ (TLE) จากสัญญาณ EEG โดยมีกรอบการดำเนินงานแบ่งออกเป็น 5 ขั้นตอนหลัก ได้แก่ 1) การเตรียมและคัดเลือกชุดข้อมูล 2) การประมวลผลสัญญาณล่วงหน้า 3) การสกัดคุณลักษณะ 4) การฝึกและประเมินโมเดล และ 5) การวิเคราะห์เชิงเปรียบเทียบ

1. ชุดข้อมูล (Dataset)

1.1 แหล่งข้อมูล

งานวิจัยนี้ใช้ชุดข้อมูล EEG มาตรฐานสากล 2 ชุดที่เป็นที่ยอมรับในการวิจัยโรคลมชัก

1.1 ชุดข้อมูลที่ 1 CHB-MIT Scalp EEG Database ชุดข้อมูลจาก Children's Hospital Boston และ Massachusetts Institute of Technology (MIT) บันทึกจากผู้ป่วยโรคลมชักเด็ก 23 ราย อายุ 1.5–22 ปี ด้วยอุปกรณ์

EEG มาตรฐาน International 10–20 System จำนวน 23 ช่องสัญญาณ ความถี่ Sampling 256 Hz รวมระยะเวลาบันทึกมากกว่า 982 ชั่วโมง ครอบคลุม 198 ครั้งของการชัก (Ictal Period) ชุดข้อมูลนี้ถูกใช้เป็น Benchmark มาตรฐานในงานวิจัย EEG เพื่อการตรวจจับอาการชักอย่างแพร่หลาย

1.2 ชุดข้อมูลที่ 2 TUH EEG Seizure Corpus (TUSZ) ชุดข้อมูลจาก Temple University Hospital ซึ่งเป็นชุดข้อมูล EEG คลินิกที่ใหญ่ที่สุดในโลก บันทึกจากผู้ป่วยมากกว่า 5,000 ราย ครอบคลุม 12 ประเภทของการชัก รวมถึง Temporal Lobe Seizure ประกอบด้วยสัญญาณ EEG จำนวน 16 ช่องสัญญาณตามมาตรฐาน TCP (Temporal Central Parasagittal) Montage ซึ่งเป็น Configuration มาตรฐานสำหรับการตรวจจับ TLE โดยเฉพาะ ความถี่ Sampling 250 Hz

1.2 เกณฑ์การคัดเลือกข้อมูล

เกณฑ์รวม (Inclusion Criteria)

1) สัญญาณ EEG ที่บันทึกด้วยจำนวน Channel 16 ช่องขึ้นไป

2) มีการระบุ Label ของ Ictal, Interictal และ Normal Period อย่างชัดเจนโดยแพทย์ผู้เชี่ยวชาญ

3) ระยะเวลาบันทึกต่อ Session ตั้งแต่ 30 นาที ขึ้นไป

4) ผู้ป่วยที่ได้รับการวินิจฉัยยืนยัน TLE กับทางสถานพยาบาล

เกณฑ์ยกเว้น (Exclusion Criteria)

1) สัญญาณที่มี Artifact เกินกว่าร้อยละ 30 ของทั้งหมด

2) Session ที่ไม่มีเหตุการณ์ชักเลย

3) ข้อมูลที่ขาดหายหรือ Label ไม่สมบูรณ์

2. การประมวลผลสัญญาณล่วงหน้า (Preprocessing)

สัญญาณ EEG ดิบมีความซับซ้อนและมักปนเปื้อน Artifact จากหลายแหล่ง จึงจำเป็นต้องผ่านกระบวนการประมวลผลล่วงหน้าอย่างเป็นระบบ ดังนี้

ขั้นที่ 1 Band-pass Filtering กรองสัญญาณในช่วง 0.5–70 Hz ด้วย Butterworth Filter อันดับที่ 4 เพื่อรักษาคลื่นสมองที่สำคัญ ได้แก่ Delta (0.5–4 Hz), Theta (4–8 Hz), Alpha (8–13 Hz), Beta (13–30 Hz) และ Gamma (30–70 Hz) และตัด DC Offset

ขั้นที่ 2 Notch Filtering

กรองสัญญาณรบกวนจากไฟฟ้ากระแสสลับที่ 50 Hz (มาตรฐานประเทศไทยและยุโรป) และ 60 Hz (มาตรฐานสหรัฐอเมริกา) ด้วย Notch Filter

ขั้นที่ 3 Artifact Removal

ใช้ Independent Component Analysis (ICA) เพื่อแยกและกำจัด Artifact จากการกระพริบตา (EOG Artifact), การขยับกล้ามเนื้อ (EMG Artifact) และสัญญาณหัวใจ (ECG Artifact) โดยอัตโนมัติ

ขั้นที่ 4 Normalization

ทำ Z-score Normalization ในแต่ละ Channel เพื่อลดผลของความแตกต่างระหว่างบุคคลและระหว่างอุปกรณ์บันทึก

ขั้นที่ 5 Segmentation

แบ่งสัญญาณต่อเนื่องเป็น Epoch ขนาด 4 วินาที ด้วย Sliding Window ขนาด 0.5 วินาที (Overlap ร้อยละ 87.5) เพื่อเพิ่มปริมาณข้อมูลและรักษา Temporal Context

3. สถาปัตยกรรม Deep Learning ที่ใช้ในการเปรียบเทียบ

งานวิจัยนี้เลือกสถาปัตยกรรม 3 แบบ ได้แก่ EEGNet, ShallowConvNet และ DeepConvNet

3.1 EEGNet

EEGNet เป็นสถาปัตยกรรม CNN ขนาดเล็ก (Compact CNN) ที่ออกแบบมาโดยเฉพาะสำหรับสัญญาณ EEG โดย Lawhern et al. (2018) แนวคิดหลักคือการเรียนรู้ Spatial Filter และ Temporal Filter จากสัญญาณ EEG โดยตรง สถาปัตยกรรมประกอบด้วย 3 Block

Block1 - Temporal Convolution ใช้ Conv2D ขนาด (1, 64) เพื่อเรียนรู้คุณลักษณะในมิติเวลา โดย Kernel ขนาด 64 จุดสอดคล้องกับการเรียนรู้ Pattern ในช่วง 0.25 วินาที (ที่ Sampling Rate 256 Hz) ตามด้วย Batch Normalization

Block2 – Depthwise Convolution (Spatial Filter) ใช้ DepthwiseConv2D ขนาด (C, 1) เพื่อเรียนรู้ Spatial Filter ที่จำเพาะต่อแต่ละ Feature Map โดย C คือจำนวน EEG Channel ทั้งหมด กำหนด D = 2 (Depth Multiplier) ซึ่งควบคุมจำนวน Spatial Filter ต่อ Temporal Filter ตามด้วย Batch Normalization, ELU Activation และ Average Pooling ขนาด (1, 4) และ Dropout (p = 0.5)

Block3 - Separable Convolution ใช้ SeparableConv2D ขนาด (1, 16) เพื่อเรียนรู้คุณลักษณะ Temporal ในระดับสูงขึ้น (Higher-level Temporal Features) ตามด้วย Batch Normalization, ELU Activation, Average Pooling ขนาด (1, 8) และ Dropout (p = 0.5)

Output Layer Flatten ตามด้วย Dense Layer

3.2 ShallowConvNet

ShallowConvNet เป็นสถาปัตยกรรม CNN ที่มี Layer น้อย ออกแบบโดย Schirrmeister et al. (2017) เพื่อจำลองการทำงานของ Filter Bank Common Spatial Pattern (FBCSP) ซึ่งเป็นวิธีมาตรฐานในการประมวลผล EEG สำหรับ BCI สถาปัตยกรรมประกอบด้วย Temporal Conv Layer (kernel = 25), Spatial Conv Layer (kernel = C × 1), Square Activation Function, Average Pooling, Log Transformation และ Dense Output Layer ซึ่ง Activation Function แบบ Square-Log นี้ช่วยให้โมเดลเรียนรู้การแปรผันของ Power ของสัญญาณ EEG ได้ดี

3.3 DeepConvNet

DeepConvNet เป็นสถาปัตยกรรมที่ลึกกว่า ShallowConvNet ประกอบด้วย Convolutional Block 4 ชุดซ้อนกัน (25, 50, 100 และ 200 Filter) แต่ละ Block มี Conv Layer, BatchNorm, ELU Activation, MaxPooling และ Dropout ความสามารถในการเรียนรู้ Feature แบบลำดับชั้น (Hierarchical Features) ทำให้เหมาะสมกับสัญญาณ EEG ที่ซับซ้อน อย่างไรก็ตาม จำนวน Parameter ที่มากกว่าทำให้ต้องการข้อมูลฝึกมากกว่า EEGNet

4. การแบ่งข้อมูลและกลยุทธ์การประเมิน

4.1 การแบ่งชุดข้อมูล ใช้กลยุทธ์ Subject-independent Split เพื่อประเมินความสามารถในการ Generalize ของโมเดลข้ามบุคคล โดยแบ่งข้อมูลออกเป็น Training Set ร้อยละ 70, Validation Set ร้อยละ 15 และ Test Set ร้อยละ 15 โดยไม่มีข้อมูลของผู้ป่วยคนเดียวกันปรากฏใน Set ที่ต่างกัน

4.2 การจัดการ Class Imbalance เนื่องจากระยะ Ictal มีสัดส่วนน้อยกว่า Interictal มาก (ประมาณ 1:10 ถึง 1:50) งานวิจัยนี้ใช้ Synthetic Minority Over-sampling Technique (SMOTE) ร่วมกับ Class Weight Adjustment ใน Loss Function เพื่อแก้ปัญหา Class Imbalance

4.3 การประเมินผลโมเดล

ตารางที่ 1 ตัวชี้วัด 6 ตัวในการเปรียบเทียบ

ตัวชี้วัด	สูตรคำนวณ	ความสำคัญทางการแพทย์
Accuracy	(TP+TN)/(TP+TN+FP+FN)	ภาพรวมประสิทธิภาพ
Sensitivity (Recall)	TP/(TP+FN)	วิกฤต
Specificity	TN/(TN+FP)	ลด False Alarm ที่รบกวนผู้ป่วย
Precision	TP/(TP+FP)	ความน่าเชื่อถือของการแจ้งเตือน
F1-Score	2×(Precision×Recall)/(Precision+Recall)	สมดุลระหว่าง Precision-Recall
AUC-ROC	พื้นที่ใต้ ROC Curve	ประสิทธิภาพโดยรวมไม่ขึ้นกับ Threshold

5. Hyperparameter

ตารางที่ 2 Hyperparameter ทั่วไป

Hyperparameter	ค่าที่ใช้
Optimizer	Adam (β_1=0.9, β_2=0.999)
Learning Rate	1×10^-3 (ปรับด้วย ReduceLROnPlateau)
Batch Size	64
Epochs	300
Early Stopping	Patience = 30
Loss Function	Categorical Cross-entropy
Weight Initialization	He Normal

การค้นหา Hyperparameter ที่เหมาะสมใช้ Bayesian Optimization ด้วยไลบรารี Optuna ทดลอง 100 Trial ต่อโมเดล

6. งาน (Task) ที่ใช้ในการประเมิน

Task 1 - Seizure Detection (การตรวจจับอาการชัก) จำแนกสัญญาณ EEG ออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ Ictal (ระหว่างชัก) Interictal (ระหว่างชักในผู้ป่วย TLE) และ Normal (สัญญาณปกติ) โดยใช้สัญญาณขณะนั้น (Real-time Classification)

Task 2 - Seizure Prediction (การพยากรณ์อาการชัก) พยากรณ์ล่วงหน้าว่าจะเกิดอาการชักใน Prediction Horizon 30 นาที โดยจำแนกสัญญาณเป็น Pre-ictal (30 นาทีก่อนชัก) และ Interictal (ช่วงปกติห่างจากการชักอย่างน้อย 4 ชั่วโมง)

7. การวิเคราะห์เชิงสถิติ

ใช้ Repeated Measures ANOVA และ Post-hoc Tukey HSD Test เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างโมเดลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (α = 0.05) โดยทำการทดลองซ้ำ 5 ครั้ง (5-fold Cross-validation) เพื่อรายงาน Mean ± Standard Deviation สำหรับทุกตัวชี้วัด นอกจากนี้ใช้ Shapley Additive Explanations (SHAP) สำหรับการวิเคราะห์ความสำคัญของ Feature เพื่อเสริม Explainability ของโมเดลหลัก EEGNet

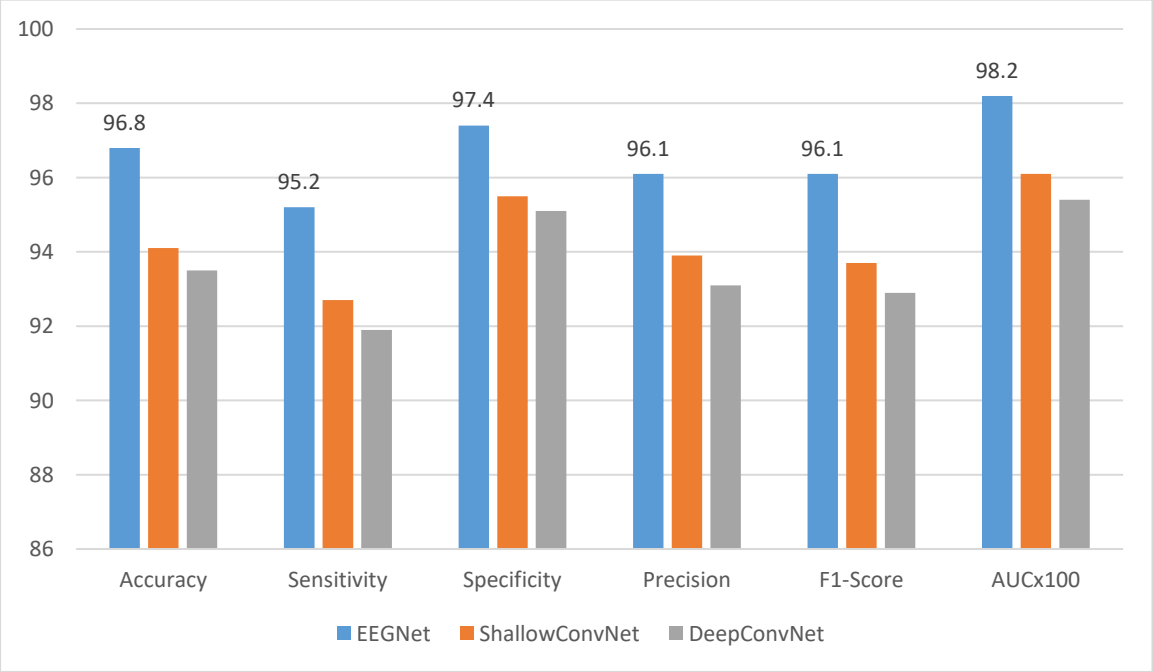
ผลการวิจัย

ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพโมเดล

ตารางที่ 3 - 4 และรูปที่ 2 - 3 แสดงผลการประเมินโมเดลทั้ง 3 สถาปัตยกรรม ได้แก่ EEGNet, ShallowConvNet และ DeepConvNet ในทั้ง 2 Task บนชุดข้อมูล CHB-MIT และ TUSZ โดยทำการทดลองซ้ำ 5 ครั้งและรายงานค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตารางที่ 3 Task 1 การตรวจจับอาการชัก (Seizure Detection)

Accuracy (%)		Sensitivity (%)		AUC-ROC	
EEGNet	96.80	EEGNet	95.20	EEGNet	0.982
ShallowConvNet	94.10	ShallowConvNet	92.70	ShallowConvNet	0.961
DeepConvNet	93.50	DeepConvNet	91.90	DeepConvNet	0.954



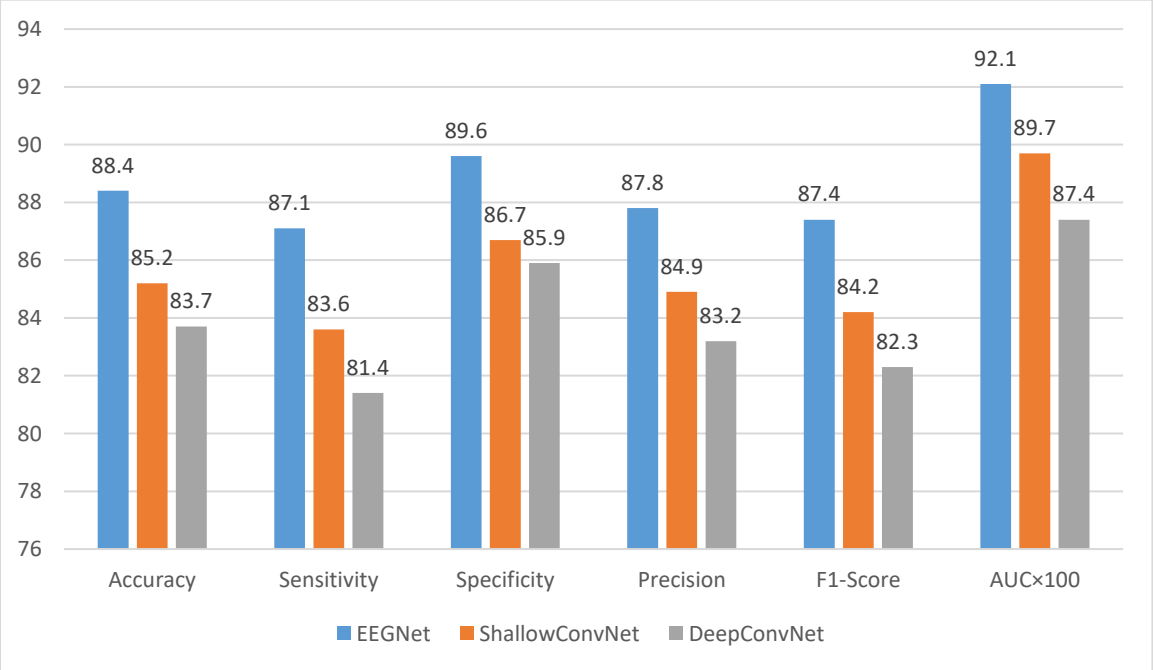
รูปที่ 2 ผลการประเมินโมเดลทั้ง 3 สถาปัตยกรรม Task 1

ผลการตรวจจับอาการชัก (Task1 – Seizure Detection) จากตารางที่ 3 แสดงผลจากชุดข้อมูล CHB-MIT โดยมี 3 ส่วน คือ Accuracy นั้น EEGNet ทำได้ 96.80% ดีที่สุด ShallowConvNet ทำได้ 94.1% และ DeepConvNet ทำได้น้อยที่สุด ในส่วนของ Sensitivity นั้น EEGNet 95.20% , ShallowConvNet 92.70% และ DeepConvNet 91.90% โดย Sensitivity สำคัญมากทางคลินิก เพราะหมายถึงความสามารถ "ไม่ตกหล่น" หรือไม่พลาดผู้ป่วยที่กำลังชัก และในส่วนของ AUC-ROC นั้น EEGNet 0.982 มีความใกล้เคียง 1 มาก แสดงว่าโมเดลแยก Ictal ออกจาก Non-ictal ได้ดีเยี่ยม

จากรูปที่ 2 แสดงให้เห็นว่าทุกตัวชี้วัดนั้นโมเดล EEGNet สูงที่สุด และทั้ง 3 โมเดลทำ Task Detection ได้ค่อนข้างดี เนื่องจากแยกสัญญาณขณะชักที่มีลักษณะชัดเจนออกจากสัญญาณปกติได้ไม่ยาก

ตารางที่ 4 Task 2 การพยากรณ์อาการชัก (Seizure Prediction)

Accuracy (%)		Sensitivity (%)		AUC-ROC	
EEGNet	88.40	EEGNet	87.10	EEGNet	0.921
ShallowConvNet	85.20	ShallowConvNet	83.60	ShallowConvNet	0.897
DeepConvNet	83.70	DeepConvNet	81.40	DeepConvNet	0.874

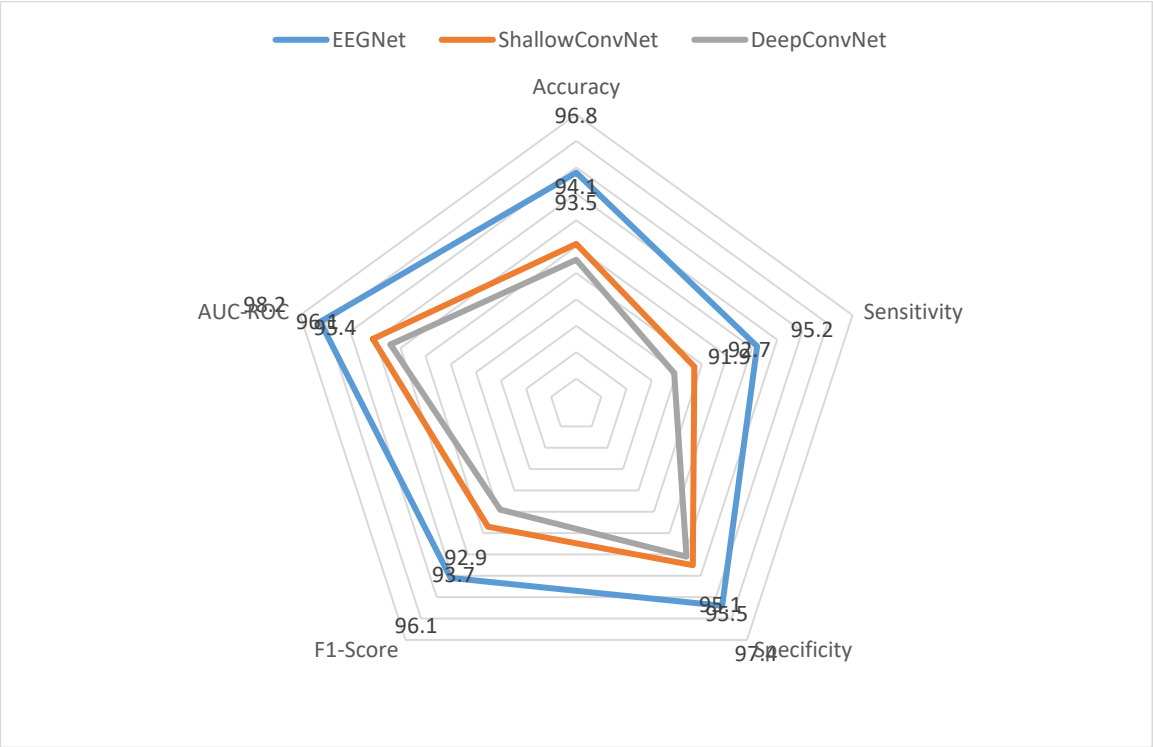


รูปที่ 3 ผลการประเมินโมเดลทั้ง 3 สถาปัตยกรรม Task 2

ผลการพยากรณ์อาการชัก (Task2 – Seizure Prediction) จากตารางที่ 4 มีโครงสร้างค่าที่ได้เหมือนกับ Task1 แต่ค่าต่ำลงทุกโมเดล เนื่องจาก Task2 ยากกว่ามาก คือต้องพยากรณ์ล่วงหน้า 30 นาทีว่าจะเกิดอาการชัก โดยอ่านสัญญาณในช่วง Pre-ictal ที่ยังไม่มีลักษณะชัดเจน ซึ่งโมเดล EEGNet ทำได้ดีที่สุดที่ Accuracy 88.40% และ AUC 0.921 และ DeepConvNet ซึ่งมี Parameter มากที่สุดกลับทำได้น้อยที่สุดที่ 83.70% เนื่องจาก Overfit กับข้อมูลที่ฝึก ซึ่งช่องว่างระหว่างโมเดลกว้างขึ้น สะท้อนว่า EEGNet ที่ออกแบบมาสำหรับสัญญาณ EEG โดยเฉพาะมีข้อได้เปรียบชัดเจนกว่าเมื่องานยากขึ้น

ตารางที่ 5 สรุปเปรียบเทียบทุกมิติ Detection + Prediction

ตัวชี้วัด	EEGNet	ShallowConvNet	DeepConvNet	โมเดลที่ดีที่สุด
Detection Accuracy (%)	96.8 ± 0.4	94.1 ± 0.6	93.5 ± 0.9	EEGNet
Detection Sensitivity (%)	95.2 ± 0.5	92.7 ± 0.8	91.9 ± 1.1	EEGNet
Detection Specificity (%)	97.4 ± 0.3	95.5 ± 0.5	95.1 ± 0.7	EEGNet
Detection F1-Score	0.961 ± 0.004	0.937 ± 0.007	0.929 ± 0.010	EEGNet
Detection AUC-ROC	0.982 ± 0.003	0.961 ± 0.005	0.954 ± 0.008	EEGNet
Prediction Accuracy (%)	88.4 ± 0.7	85.2 ± 0.9	83.7 ± 1.2	EEGNet
Prediction Sensitivity (%)	87.1 ± 0.8	83.6 ± 1.1	81.4 ± 1.4	EEGNet
Prediction AUC-ROC	0.921 ± 0.006	0.897 ± 0.009	0.874 ± 0.011	EEGNet
จำนวน Parameters	2,548	47,200	162,400	EEGNet
Training Time (นาที/epoch)	0.8 ± 0.1	1.4 ± 0.1	3.2 ± 0.2	EEGNet
Inference Time (ms/sample)	1.2 ± 0.1	2.1 ± 0.1	4.7 ± 0.3	EEGNet



รูปที่ 4 การเปรียบเทียบโดยรวม

จากตารางที่ 5 ตารางสรุปครบทุกมิติ แสดงผลทั้ง 11 ตัวชี้วัด รวมถึง จำนวน Parameter, Training Time และ Inference Time โดยโมเดลที่ทำได้ดีที่สุดคือ EEGNet ชนะทุกมิติ จุดเด่นที่น่าสนใจคือ EEGNet มีเพียง 2,548 Parameter เทียบกับ DeepConvNet ที่มีถึง 162,400 Parameter แต่กลับมีผลลัพธ์ที่สูงกว่า และใช้เวลา Inference

เพียง 1.2 ms/sample ซึ่งเหมาะสำหรับการใช้งานแบบ Real-time และ รูปที่ 4 ช่องว่างระหว่างเส้น EEGNet กับ ShallowConvNet กว้างที่สุดที่แกน Sensitivity (ต่างกัน 2.5%) และ AUC-ROC (ต่างกัน 2.1%) ซึ่งทั้งสองตัวชี้วัดนี้มีนัยสำคัญทางคลินิกสูงสุด เนื่องจาก Sensitivity ต่ำหมายถึงการตกหล่นอาการชักที่อาจเป็นอันตราย ส่วน AUC-ROC สะท้อนความสามารถในการแยกแยะ Ictal ออกจาก Interictal ในทุกระดับ Threshold ช่องว่างระหว่าง ShallowConvNet กับ DeepConvNet แคบกว่า (ต่างกันเฉลี่ย 0.6–0.8%) สะท้อนว่าทั้งสองโมเดลนี้มีระดับประสิทธิภาพใกล้เคียงกัน และเมื่อพิจารณาร่วมกับตารางเปรียบเทียบ พบว่า DeepConvNet ใช้ทรัพยากรมากกว่า 3.4 เท่า (Inference Time 4.7 ms vs 2.1 ms) แต่ให้ผลลัพธ์ที่ด้อยกว่า ทำให้ ShallowConvNet มีความคุ้มค่ากว่า DeepConvNet โดยรวม EEGNet ที่ครอบคลุมพื้นที่มากที่สุดและสมมาตรดีที่สุดสอดคล้องกับข้อสรุปว่า EEGNet เป็นสถาปัตยกรรมที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการวินิจฉัย TLE จากสัญญาณ EEG ทั้งในแง่ประสิทธิภาพและความเหมาะสมสำหรับการ Deploy แบบ Real-time

การอภิปรายผล

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสถาปัตยกรรม Deep Learning 3 แบบ ได้แก่ EEGNet, ShallowConvNet และ DeepConvNet สำหรับการวินิจฉัยและพยากรณ์โรคลมชักบริเวณกลีบขมับ (Temporal Lobe Epilepsy: TLE) จากสัญญาณ EEG โดยประเมินใน 2 Task หลัก บนชุดข้อมูล CHB-MIT และ TUSZ สามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

ประสิทธิภาพโดยรวมของโมเดล

EEGNet แสดงประสิทธิภาพสูงสุดในทุกตัวชี้วัดและทั้ง 2 Task โดย Task Seizure Detection ได้ Accuracy 96.8% ± 0.4, Sensitivity 95.2% ± 0.5, Specificity 97.4% ± 0.3, F1-Score 0.961 ± 0.004 และ AUC-ROC 0.982 ± 0.003 ส่วน Task Seizure Prediction ได้ Accuracy 88.4% ± 0.7, Sensitivity 87.1% ± 0.8 และ AUC-ROC 0.921 ± 0.006 ผลลัพธ์เหล่านี้เหนือกว่า ShallowConvNet และ DeepConvNet อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ในทุกตัวชี้วัด

ShallowConvNet ให้ประสิทธิภาพในระดับกลาง โดย Detection Accuracy อยู่ที่ 94.1% ± 0.6 และ Prediction Accuracy ที่ 85.2% ± 0.9 แม้จะด้อยกว่า EEGNet แต่ยังคงมีความสามารถในการ Generalize ข้ามผู้ป่วยได้ดีกว่า DeepConvNet เนื่องจากโครงสร้างที่เรียบง่ายและมีความเสี่ยง Overfitting ต่ำกว่า

DeepConvNet แม้จะมีจำนวน Parameter มากที่สุดถึง 162,400 ค่า แต่กลับให้ประสิทธิภาพต่ำที่สุดในทุกมิติ โดยเฉพาะใน Task Prediction ที่ Accuracy เพียง 83.7% ± 1.2 ซึ่งต่ำกว่า EEGNet ถึง 4.7% ผลนี้สอดคล้องกับปรากฏการณ์ Overfitting ที่เกิดจากความไม่สอดคล้องระหว่างความซับซ้อนของโมเดลกับขนาดชุดข้อมูล EEG ทางคลินิกที่มีอยู่อย่างจำกัด

สถาปัตยกรรมที่ออกแบบมาโดยเฉพาะสำหรับ EEG อย่าง EEGNet มีความเหมาะสมกว่าสถาปัตยกรรม General-purpose CNN ในบริบทของข้อมูลทางชีวการแพทย์ที่มีมิติสูงแต่ขนาดข้อมูลจำกัด กลไก Depthwise Separable Convolution ของ EEGNet ทำหน้าที่สกัด Spatial Filter (ระหว่าง Channel) และ Temporal Filter (ตามแกนเวลา) แยกออกจากกันอย่างชาญฉลาด ซึ่งตรงกับธรรมชาติของสัญญาณ EEG ที่มีข้อมูลสำคัญทั้งในมิติพื้นที่และเวลาพร้อมกัน นอกจากนี้ยังพบว่า Task Seizure Prediction ยากกว่า Task Seizure Detection อย่างมีนัยสำคัญ โดยทุกโมเดลมีประสิทธิภาพลดลงเฉลี่ย 8.4% ซึ่งสะท้อนความท้าทายพื้นฐานของการระบุสัญญาณ Pre-ictal ที่ยังไม่มีลักษณะเฉพาะที่ชัดเจน และมีความแปรปรวนสูงระหว่างบุคคล

บทสรุป

การพัฒนา EEGNet สำหรับ TLE โดยเฉพาะ งานวิจัยในอนาคตควรพัฒนาสถาปัตยกรรมที่ต่อยอดจาก EEGNet โดยเพิ่ม Temporal Attention Module เพื่อให้โมเดลให้ความสำคัญกับช่วงเวลาที่มีการเปลี่ยนแปลงลักษณะเฉพาะของ TLE มากขึ้น รวมถึงการเพิ่ม Channel Attention สำหรับ Temporal Lobe Channels โดยเฉพาะ (T3, T4, T5, T6, F7, F8) ซึ่งมีความสำคัญต่อการตรวจจับ TLE มากกว่า Channel อื่น การปรับเปลี่ยนดังกล่าวอาจช่วยเพิ่ม Sensitivity ใน Task Prediction ซึ่งยังมีช่องว่างสำหรับการพัฒนาอีกมาก

การทดสอบในสภาพแวดล้อมจริงและขยายสู่ระบบ Wearable ขั้นตอนสำคัญที่สุดสำหรับการนำผลวิจัยไปสู่การใช้ประโยชน์จริงคือการดำเนินการ Prospective Clinical Trial ในโรงพยาบาลไทย โดยทดสอบระบบในผู้ป่วย TLE ที่ดื้อต่อยาร่วมกับการพัฒนาโมเดลที่ Optimize สำหรับ Edge Computing เพื่อ Deploy บนอุปกรณ์ Wearable EEG แบบ 16-Channel ที่พกพาได้ ซึ่งจะช่วยให้ผู้ป่วยสามารถติดตามสัญญาณสมองในชีวิตประจำวันและรับการแจ้งเตือนก่อนเกิดอาการชักได้ล่วงหน้า เพิ่มความปลอดภัยและคุณภาพชีวิตของผู้ป่วยโรคลมชักในประเทศไทยอย่างยั่งยืน

เอกสารอ้างอิง

สลิษา ประดิษฐบาทุกา (2567), โรคลมชัก, URL: https://praram9.com/th/articles/epilepsy

สมศักดิ์ เทียมเก่า (2567), สถิติโรคลมชักในประเทศไทย, วารสารโรงพยาบาล มหาวิทยาลัยขอนแก่น ปีที่ 5 ฉบับที่ 2 เมย-มิย 2567

Al-Antari, M. A. (2023). Artificial intelligence for medical diagnostics — existing and future AI technology. Diagnostics, 13(4), Article 688. https://doi.org/10.3390/diagnostics13040688

Ansari, Y., Mourad, O., Qaraqe, K., & Serpedin, E. (2023). Deep learning for ECG arrhythmia detection and classification: An overview of progress for period 2017–2023. Frontiers in Physiology, 14, Article 1246746. https://doi.org/10.3389/fphys.2023.1246746

Liao, J., Li, X., Gan, Y., Han, S., Rong, P., Wang, W., Li, W., & Zhou, L. (2023). Artificial intelligence assists precision medicine in cancer treatment. Frontiers in Oncology, 12, Article 998222. https://doi.org/10.3389/fonc.2022.998222

Lyu, R. (2026). Deep learning approaches for EEG-based healthcare applications: A comprehensive review. Frontiers in Human Neuroscience, 19, Article 1689073. https://doi.org/10.3389/fnhum.2025.1689073

Nadeem, M. W., Goh, H. G., Hussain, M., Liew, S.-Y., Andonovic, I., & Khan, M. A. (2022). Deep learning for diabetic retinopathy analysis: A review, research challenges, and future directions. Sensors, 22(18), Article 6780.

Öztürk, H. T., Mevlüt K., Nefati K. O., Imran. (2017). The comparison of different dimension reduction and classification methods in EEG signals. Meandros Medical and Dental Journal. 19. 10.4274/meandros.96168.

Rahman, A., Debnath, T., Kundu, D., Md. Khan, S. I., Aishi, A. A., Sazzad, S., & Sayduzzaman, M. (2024). Machine learning and deep learning-based approach in smart healthcare: Recent advances,

applications, challenges and opportunities. AIMS Public Health, 11(1), 58–109. https://doi.org/10.3934/publichealth.2024004.

Thakur, G. K., Thakur, A., Kulkarni, S., Khan, N., & Khan, S. (2024). Deep learning approaches for medical image analysis and diagnosis. Cureus, 16(5), e59507. https://doi.org/10.7759/cureus.59507.

Wang, X., Wang, Y., Liu, D., Wang, Y., & Wang, Z. (2023). Automated recognition of epilepsy from EEG signals using a combining space–time algorithm of CNN-LSTM. Scientific Reports, 13, Article 14876. https://doi.org/10.1038/s41598-023-41537-z

World Health Organization (2024), Epilepsy, Online.7 Feb 2024, https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/epilepsy.

Xu, Y., Zhong, H., Ying, S., Liu, W., Chen, G., Luo, X., & Li, G. (2023). Depressive disorder recognition based on frontal EEG signals and deep learning. Sensors, 23(20), Article 8639. https://doi.org/10.3390/s23208639

You J, Huang H, Chan CTY and Li L (2022) Pathological Targets for Treating Temporal Lobe Epilepsy: Discoveries From Microscale to Macroscale. Front. Neurol. 12:779558. doi: 10.3389/fneur.2021.779558

หุ่นยนต์ค้นหาสิ่งของ
Object-Finding Robot

วนพล วิจิตรศักดิ์[1] ศิริลักษณ์ หล่อพันธ์มณี[1] และวัชรากรณ์ เนตรหาญ[2*]
Wanapon Wijitsak[1], Siriluck Lorpunmanee[1] and Watcharakorn Netharn[2*]

[1]สาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต
[1]Department of Computer Science , Faculty of Science and Technology, Suan Dusit University
[2] สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต*
[2]Department of Information Technology, Faculty of Science and Technology, Suan Dusit University*
[*]Corresponding Author E-mail Address : Watcharakorn_net@dusit.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้ศึกษาเรื่องระบบค้นหาสิ่งของโดยใช้รถบังคับอัจฉริยะร่วมกับเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence: AI) ซึ่งสามารถควบคุมผ่านเว็บแอพลิเคชันได้อย่างสะดวก ผู้ใช้สามารถสั่งงานรถให้ค้นหาสิ่งของที่ต้องการ พร้อมระบบประมวลผลภาพถ่ายจากกล้องที่ติดตั้งบนรถ โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมเชิงลึกแบบ Convolutional Neural Network (CNN) ในการวิเคราะห์และจำแนกวัตถุได้อย่างแม่นยำ ระบบสามารถแจ้งเตือนผู้ใช้เมื่อพบวัตถุที่ตรงกับความต้องการ พร้อมทั้งจัดเก็บข้อมูลสำคัญ เช่น ผู้ใช้งาน สิ่งของที่ค้นหา วันที่ เวลา และผลการตรวจจับ ลงในฐานข้อมูลกลาง เพื่อให้ผู้ดูแลระบบสามารถตรวจสอบย้อนหลังและวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อการปรับปรุงในอนาคตได้ ระบบนี้สามารถประยุกต์ใช้ในบริบทต่าง ๆ เช่น การค้นหาของหายในพื้นที่กว้าง หรือการสนับสนุนงานด้านความปลอดภัย โดยมีศักยภาพในการเรียนรู้และเพิ่มประสิทธิภาพอย่างต่อเนื่อง

คำสำคัญ: ปัญญาประดิษฐ์ รถบังคับอัจฉริยะ การประมวลผลภาพ ซีเอ็นเอ็น การค้นหาสิ่งของ

Abstract

This research studies a lost item retrieval system using an intelligent remote-controlled vehicle combined with Artificial Intelligence (AI) technology. The system, conveniently controlled via a web application, allows users to instruct the vehicle to search for desired items. It utilizes image processing from the vehicle's mounted camera and a Convolutional Neural Network (CNN) to accurately analyze and classify objects. The system alerts users when a matching object is found and stores crucial data such as user information, the item found, date, time, and detection results in a central database. This allows administrators to review and analyze data for future improvements. The system has potential applications in various contexts, such as lost item searching in large areas or supporting security tasks, and possesses the ability to continuously learn and improve its performance.

Keywords: Artificial intelligence, Smart remote-controlled cars, Image processing, Convolutional Neural Network, Object Detection

บทนำ

ในยุคปัจจุบัน เทคโนโลยีดิจิทัลและระบบอัจฉริยะได้มีส่วนสำคัญในการอำนวยความสะดวกสบายในชีวิตประจำวัน โดยเฉพาะเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things: IoT) ปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence: AI) และการประมวลผลภาพด้วยคอมพิวเตอร์ (Computer Vision) ซึ่งทำประยุกต์ใช้ในการควบคุมอุปกรณ์ระยะไกล การตรวจสอบสภาพแวดล้อม และการจำแนกวัตถุจากภาพถ่ายได้อย่างมีประสิทธิภาพ การพัฒนาอุปกรณ์อัจฉริยะที่สามารถรับรู้สภาพแวดล้อมและตอบสนองต่อคำสั่งของผู้ใช้จึงเป็นแนวทางสำคัญในการเพิ่มความสะดวก ความปลอดภัย และลดข้อจำกัดของมนุษย์ในการปฏิบัติงานบางประเภท ในการค้นหาสิ่งของภายในบ้านหรือพื้นที่จำกัดเป็นปัญหาที่พบได้บ่อยในชีวิตประจำวัน โดยเฉพาะในกรณีที่ผู้ใช้งานไม่สามารถตรวจสอบพื้นที่ได้ด้วยตนเอง หรืออยู่ห่างไกลจากสถานที่ดังกล่าว การค้นหาสิ่งของด้วยวิธีการทั่วไปจำเป็นต้องใช้เวลา แรงงาน และการสังเกตของมนุษย์เป็นหลัก ซึ่งอาจไม่มีประสิทธิภาพเพียงพอในกรณีที่พื้นที่มีขนาดกว้าง มีสิ่งกีดขวาง หรือมีข้อจำกัดด้านการมองเห็น ดังนั้น การนำรถบังคับอัจฉริยะที่สามารถควบคุมผ่านระบบเครือข่ายร่วมกับกล้องและเทคโนโลยี AI มาช่วยในการค้นหาสิ่งของ จึงเป็นแนวทางที่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการสำรวจและตรวจจับวัตถุได้อย่างเป็นระบบจึงเป็นประโยชน์

งานวิจัยนี้มุ่งพัฒนาระบบค้นหาสิ่งของโดยใช้รถบังคับอัจฉริยะร่วมกับเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ โดยผู้ใช้สามารถควบคุมรถผ่านเว็บแอปพลิเคชันหรือโทรศัพท์มือถือ และระบบสามารถประมวลผลภาพจากกล้องที่ติดตั้งบนรถเพื่อจำแนกวัตถุ รวมถึงบันทึกข้อมูลการตรวจจับลงฐานข้อมูลกลาง เช่น ข้อมูลผู้ใช้ สิ่งของที่ค้นหา วันที่ เวลา และผลการตรวจจับ เพื่อใช้ตรวจสอบย้อนหลังและปรับปรุงระบบในอนาคต โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาทำความเข้าใจในด้านเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับ IoT และเพื่อทำสร้างรถหุ่นยนต์ให้หาสิ่งของด้วยอัลกอริทึม Convolutional Neural Network (CNN)

แนวคิดของระบบดังกล่าวมีความเกี่ยวข้องกับเทคโนโลยี IoT ซึ่งช่วยให้อุปกรณ์สามารถเชื่อมต่อ สื่อสาร และควบคุมผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตได้ รวมถึงเทคโนโลยีการประมวลผลภาพที่สามารถนำมาใช้จำแนกวัตถุจากภาพถ่าย โดยเฉพาะโครงข่ายประสาทเทียมเชิงลึกแบบคอนโวลูชัน (Convolutional Neural Network: CNN) และโมเดลที่ผ่านการฝึกสอนล่วงหน้า เช่น MobileNetV2 ซึ่งช่วยลดภาระในการสร้างชุดข้อมูลขนาดใหญ่และเพิ่มความสามารถในการจำแนกวัตถุทั่วไปได้ นอกจากนี้ เอกสารยังกล่าวถึง YOLO ซึ่งเป็นแนวทางการตรวจจับวัตถุแบบเรียลไทม์ และ ESP32-CAM ซึ่งเป็นอุปกรณ์กล้องขนาดเล็กที่สามารถเชื่อมต่อ Wi-Fi และเหมาะสำหรับงานต้นแบบด้าน IoT

จากการทบทวนงานวิจัยและระบบที่เกี่ยวข้อง พบว่างานด้านรถบังคับ หุ่นยนต์เคลื่อนที่ และระบบกล้องอัจฉริยะมีการนำไมโครคอนโทรลเลอร์ กล้อง ESP32-CAM และระบบควบคุมผ่านเครือข่ายมาใช้ในหลายบริบท เช่น รถควบคุมไร้สาย หุ่นยนต์สำรวจพื้นที่ ระบบหลบหลีกสิ่งกีดขวาง และระบบกล้องรักษาความปลอดภัยพร้อมแจ้งเตือนแบบเวลาจริง ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าเทคโนโลยีเหล่านี้มีศักยภาพต่อการพัฒนาระบบสำรวจและตรวจจับวัตถุ อย่างไรก็ตาม ระบบที่เกี่ยวข้องยังมีข้อจำกัดด้านความเสถียรของการเชื่อมต่อ ความเร็วในการรับส่งภาพ และความแม่นยำของการตรวจจับในสภาพแวดล้อมจริง

ด้วยเหตุนี้ ผู้วิจัยจึงพัฒนาระบบค้นหาสิ่งของโดยใช้รถบังคับอัจฉริยะร่วมกับกล้อง ESP32-CAM และโมเดลปัญญาประดิษฐ์ เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถควบคุมรถจากระยะไกล ถ่ายภาพ วิเคราะห์วัตถุ และตรวจสอบผลการค้นหาได้ผ่านระบบเว็บแอปพลิเคชัน ระบบดังกล่าวออกแบบให้รองรับทั้งผู้ใช้งานทั่วไปและผู้ดูแลระบบ โดยมีการจัดเก็บข้อมูลผลการตรวจจับไว้ในฐานข้อมูล เพื่อสนับสนุนการตรวจสอบย้อนหลัง การประเมินประสิทธิภาพ และการพัฒนาระบบให้มีความแม่นยำมากขึ้นในอนาคต

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีความสำคัญทั้งในเชิงวิชาการและเชิงประยุกต์ เนื่องจากเป็นการบูรณาการความรู้ด้าน IoT, Computer Vision, AI, Web Application และ Database เข้าด้วยกัน เพื่อพัฒนาระบบต้นแบบที่สามารถนำไปต่อยอดสู่การค้นหาสิ่งของในบ้าน การสำรวจพื้นที่จำกัด การตรวจสอบความปลอดภัย หรือการพัฒนาระบบหุ่นยนต์อัจฉริยะในอนาคตได้อย่างมีประสิทธิภาพ

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

หุ่นยนต์ค้นหาสิ่งของมีส่วนที่เป็นวัสดุ อุปกรณ์ และส่วนที่เกี่ยวข้องโดยเริ่มจากต่อไปนี้

1. การออกแบบโครงสร้างของระบบ

ระบบนี้ออกแบบเพื่อช่วยค้นหาสิ่งของโดยใช้รถบังคับอัจฉริยะที่ควบคุมผ่านโทรศัพท์มือถือ โครงสร้างระบบประกอบด้วย 4 ส่วนหลัก ได้แก่ ผู้ใช้งาน ผู้ดูแลระบบ หุ่นยนต์ค้นหาสิ่งของ และฐานข้อมูล ซึ่งทำงานร่วมกันผ่านระบบเครือข่าย

ผู้ใช้งานสามารถลงทะเบียนเข้าสู่ระบบ ควบคุมหุ่นยนต์ค้นหาสิ่งของ และกำหนดสิ่งของที่ต้องการค้นหาได้ เมื่อรถเคลื่อนที่และตรวจพบวัตถุ กล้องจะถ่ายภาพและส่งข้อมูลไปยังระบบกลางเพื่อประมวลผลด้วยโมเดลปัญญาประดิษฐ์แบบ CNN (Convolutional Neural Network) สำหรับวิเคราะห์และจำแนกวัตถุจากภาพถ่าย หากระบบตรวจพบสิ่งของที่ตรงกับข้อมูลที่ผู้ใช้กำหนด ระบบจะแจ้งเตือนผู้ใช้ พร้อมบันทึกภาพ ผลการตรวจจับ และข้อมูลที่เกี่ยวข้องลงในฐานข้อมูล เพื่อให้สามารถตรวจสอบผลการค้นหาและสถิติย้อนหลังได้อย่างเป็นระบบ.

1.1 การติดตั้งอุปกรณ์กล้อง

การติดตั้งอุปกรณ์กล้องในระบบใช้ กล้อง ESP32-CAM เป็นอุปกรณ์หลักในการรับภาพ โดยกล้องถูกติดตั้งบนรถบังคับอัจฉริยะเพื่อใช้ถ่ายภาพสิ่งของระหว่างการเคลื่อนที่ จากนั้นภาพที่ได้จะถูกส่งไปยังระบบกลางหรือเซิร์ฟเวอร์ เพื่อประมวลผลด้วยโมเดลปัญญาประดิษฐ์ และนำผลลัพธ์ไปแสดงต่อผู้ใช้ผ่านระบบเว็บไซต์หรือแอปพลิเคชัน การติดตั้งกล้องบนรถบังคับควรคำนึงถึง 4 ปัจจัยสำคัญ ได้แก่ ตำแหน่งติดตั้ง ความมั่นคงของฐานกล้อง ทิศทางการรับภาพ และระยะห่างจากวัตถุเป้าหมาย โดยตำแหน่งที่เหมาะสมควรอยู่บริเวณด้านหน้าหรือส่วนบนด้านหน้าของรถ เพื่อให้กล้องสามารถมองเห็นเส้นทางและวัตถุที่อยู่ด้านหน้าได้อย่างชัดเจน ขณะเดียวกันฐานยึดกล้องต้องมีความมั่นคงเพื่อลดการสั่นสะเทือนระหว่างการเคลื่อนที่ เพราะการสั่นของภาพจะส่งผลโดยตรงต่อคุณภาพของภาพและความแม่นยำของโมเดล AI ในการจำแนกวัตถุ นอกจากนี้ การติดตั้งกล้องควรหลีกเลี่ยงตำแหน่งที่ต่ำเกินไปหรือถูกโครงรถบังมุมรับภาพ เนื่องจากอาจทำให้ภาพที่ได้มีวัตถุไม่ครบถ้วน หรือเกิดปัญหาวัตถุหลุดออกจากกรอบภาพ ทำให้ระบบตรวจจับผิดพลาดได้ง่าย

1.2 ระยะความสูงของกล้องจากพื้น

ในการวิจัยเป็นซึ่งเป็นรถบังคับขนาดเล็กที่ใช้กล้อง ESP32-CAM สำหรับค้นหาสิ่งของภายในบ้าน ความสูงของกล้องควรอยู่ในระดับที่สามารถมองเห็นสิ่งของบนพื้นหรือบริเวณใกล้พื้นได้ชัดเจน โดยทั่วไปควรติดตั้งกล้องในระดับประมาณ 15–30 เซนติเมตรจากพื้น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับขนาดของตัวรถและประเภทของสิ่งของที่ต้องการตรวจจับ เมื่อเราตั้งกล้องติดตั้งต่ำเกินไป มุมมองภาพจะจำกัด เห็นวัตถุได้เฉพาะระยะใกล้ และมีโอกาสเกิดการบังภาพจากพื้นหรือโครงรถ แต่หากติดตั้งสูงเกินไป กล้องอาจมองข้ามวัตถุขนาดเล็กที่อยู่บนพื้น ส่งผลให้โมเดล AI ไม่สามารถตรวจจับวัตถุได้อย่างแม่นยำ ดังนั้นระดับความสูงของกล้องจึงควรสัมพันธ์กับ “ขนาดของวัตถุเป้าหมาย” และ “ระยะตรวจจับที่ต้องการ”

1.3 มุมมองของกล้อง

ในมุมมองของกล้องระบบใช้กล้อง ESP32-CAM สำหรับถ่ายภาพสิ่งของขณะรถเคลื่อนที่ และส่งภาพไปประมวลผลเพื่อจำแนกวัตถุด้วย AI ดังนั้นมุมมองของกล้องจึงควรถูกออกแบบให้ครอบคลุมพื้นที่ด้านหน้าของรถมากที่สุด โดยมุมกล้องที่เหมาะสมควรเป็นมุมก้มเล็กน้อยไปด้านหน้า โดยประมาณ 15–30 องศาจากแนวระดับ เพื่อให้สามารถเห็นทั้งเส้นทางการเคลื่อนที่และวัตถุที่วางอยู่บนพื้นได้พร้อมกัน หากกล้องหันตรงเกินไป อาจมองเห็นเฉพาะวัตถุที่อยู่ระดับเดียวกับกล้อง แต่ไม่สามารถเห็นวัตถุบนพื้นได้ดี ในทางกลับกัน หากกล้องก้มลงมากเกินไป จะทำให้ระยะมองเห็นสั้นและไม่สามารถตรวจจับวัตถุที่อยู่ไกลออกไปได้ ดังนั้นพิจารณา มุมมองของกล้องควรได้รับการปรับให้เหมาะสมกับบริบทการใช้งานจริง เช่น การค้นหาของภายในบ้าน พื้นที่แคบ หรือพื้นที่ที่มีวัตถุจำนวนมาก เพื่อให้ระบบสามารถจับภาพวัตถุได้ครบถ้วนและลดความผิดพลาดจากการมองเห็นไม่เต็มกรอบภาพ

1.4 ประสิทธิภาพของกล้องที่ใช้งาน

กล้องที่ใช้ในระบบคือ ESP32-CAM ซึ่งเป็นโมดูลกล้องขนาดเล็กที่มีจุดเด่นด้านต้นทุนต่ำ ขนาดกะทัดรัด รองรับ Wi-Fi และสามารถใช้งานร่วมกับระบบ IoT ได้ดี ESP32-CAM ใช้สำหรับถ่ายภาพ ส่งข้อมูลภาพ และทำงานร่วมกับระบบ AI เพื่อวิเคราะห์และตรวจจับวัตถุ ในเชิงประสิทธิภาพ กล้อง ESP32-CAM มีความเหมาะสมกับโครงงานต้นแบบ เนื่องจากสามารถเชื่อมต่อเครือข่ายไร้สายและส่งภาพไปประมวลผลยังระบบกลางได้ แต่ยังมีข้อจำกัดด้านคุณภาพของภาพ ความละเอียด ความเสถียรของสัญญาณ และความเร็วในการส่งภาพ และยังพบว่าระบบมีปัญหากล้อง ESP32 เกิดการกระตุก การเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตไม่เสถียร และการควบคุมรถไม่ตอบสนองบ่อยครั้ง ซึ่งปัญหาเหล่านี้ส่งผลต่อความต่อเนื่องของภาพและการตรวจจับวัตถุโดยตรง กล่าวได้ว่า ESP32-CAM มีประสิทธิภาพเพียงพอสำหรับการทดลองและการสร้างต้นแบบระบบค้นหาสิ่งของ แต่หากต้องการนำไปใช้งานจริงในระดับที่ต้องการความแม่นยำสูง ควรพิจารณาปรับปรุงด้านความละเอียดภาพ ระบบแสงสว่าง ความเสถียรของ Wi-Fi และความเร็วในการส่งข้อมูลภาพ

1.5 การออกแบบการเชื่อมต่อของอุปกรณ์ IoT

ผู้ใช้งานสามารถควบคุมรถผ่านระบบเว็บแบบเรียลไทม์ เช่น เดินหน้า ถอยหลัง เลี้ยว หรือหยุด เมื่อรถตรวจพบสิ่งของ ระบบจะส่งภาพไปวิเคราะห์ หากผลการตรวจจับตรงกับสิ่งของที่ผู้ใช้ต้องการ ระบบจะแจ้งเตือนและบันทึกภาพพร้อมข้อมูลที่เกี่ยวข้องลงฐานข้อมูล โดยการออกแบบดังกล่าวช่วยให้รถบังคับสามารถรับคำสั่ง ถ่ายภาพ ประมวลผล และแจ้งเตือนได้อย่างเป็นระบบ เหมาะสำหรับการประยุกต์ใช้ในการค้นหาสิ่งของและตรวจสอบพื้นที่ผ่านเครือข่าย IoT.

1.6 Dataset

ในโครงการนี้ผู้จัดทำได้ใช้โมเดล MobileNetV2 ซึ่งเป็นโมเดลโครงข่ายประสาทเทียมเชิงลึก (Deep Neural Network) ที่ได้รับการฝึกมาแล้วล่วงหน้าด้วยชุดข้อมูล ImageNet โดย ImageNet เป็นชุดข้อมูลภาพขนาดใหญ่ที่มีภาพมากกว่า 14 ล้านภาพ พร้อมการจัดหมวดหมู่และระบุป้ายกำกับ (Label) อย่างชัดเจนในกว่า 20,000 ประเภท เช่น สัตว์ สิ่งของเครื่องใช้และวัตถุต่างๆ ที่พบเห็นในชีวิตประจำวัน tf.keras.applications.MobileNetV2(weights="imagenet") ซึ่งจะทำการโหลดน้ำหนักของโมเดลที่ฝึกจาก ImageNet มาให้อัตโนมัติ จึงเหมาะสมกับโครงการที่ต้องการวิเคราะห์ประเภทของวัตถุจากภาพโดยไม่ต้องมีการเก็บรวบรวมชุดข้อมูลเองการใช้โมเดลที่ผ่านการฝึกด้วย ImageNet ช่วยให้ระบบสามารถวิเคราะห์และจำแนกวัตถุจากภาพถ่ายที่ผู้ใช้อัปโหลดได้โดยไม่ต้องจัดเตรียมหรือฝึกข้อมูลด้วยตนเอง ซึ่งช่วยลดระยะเวลาในการพัฒนาโมเดล และยังได้ผลลัพธ์ที่มีความแม่นยำสูงเพียงพอสำหรับการใช้งานจริง

2. ขอบเขตการวิจัย

ขอบเขตในงานวิจัยจะแบ่งออกเป็นในด้านต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

ด้านผู้ใช้งาน โดยผู้ใช้งานสามารถลงทะเบียนเข้าสู่ระบบผ่านโทรศัพท์มือถือ แก้ไขรหัสผ่านของตนเอง เพิ่มข้อมูลหรือรูปภาพของสิ่งของที่ต้องการค้นหา ควบคุมรถบังคับ ตรวจสอบสถานะการทำงานของรถ ตรวจสอบผลการค้นหา รับการแจ้งเตือนเมื่อพบสิ่งของ และสามารถยอมรับหรือปฏิเสธผลการค้นหาได้ หากผู้ใช้ปฏิเสธผลการค้นหา ระบบสามารถดำเนินการค้นหาต่อเนื่องโดยไม่จำเป็นต้องกรอกข้อมูลใหม่

ด้านผู้ดูแลระบบ ผู้ดูแลระบบสามารถตรวจสอบข้อมูลผู้ใช้งาน แก้ไขรหัสผ่านของผู้ใช้ เพิ่มรูปภาพสิ่งของเพื่อใช้ในการพัฒนาโมเดล ตรวจสอบข้อมูลการทำงานของรถบังคับ ตรวจสอบภาพถ่ายย้อนหลังของสิ่งของที่ค้นพบ และตรวจสอบสถิติความถูกต้องของการค้นหาสิ่งของในระบบ

ด้านการพัฒนาโมเดลปัญญาประดิษฐ์ โดยงานวิจัยนี้ครอบคลุมการสร้าง ฝึกสอน ทดสอบ และวิเคราะห์ประสิทธิภาพของโมเดลที่ใช้ในการตรวจจับวัตถุ โดยเปรียบเทียบแนวทางการตรวจจับวัตถุระหว่างโมเดล CNN และ YOLO เพื่อประเมินความเหมาะสมของโมเดลต่อการใช้งานในระบบค้นหาสิ่งของด้วยรถบังคับอัจฉริยะ

ด้านหุ่นยนต์ค้นหาสิ่งของ โดยเป็นหุ่นยนต์ค้นหาสิ่งของที่พัฒนาขึ้นสามารถเคลื่อนที่ตามคำสั่งของผู้ใช้ ถ่ายภาพสิ่งของที่ตรวจพบ ส่งภาพเข้าสู่ระบบประมวลผล บันทึกภาพถ่ายลงฐานข้อมูล และแจ้งเตือนผู้ใช้งานเมื่อพบสิ่งของที่ตรงกับเงื่อนไขการค้นหา

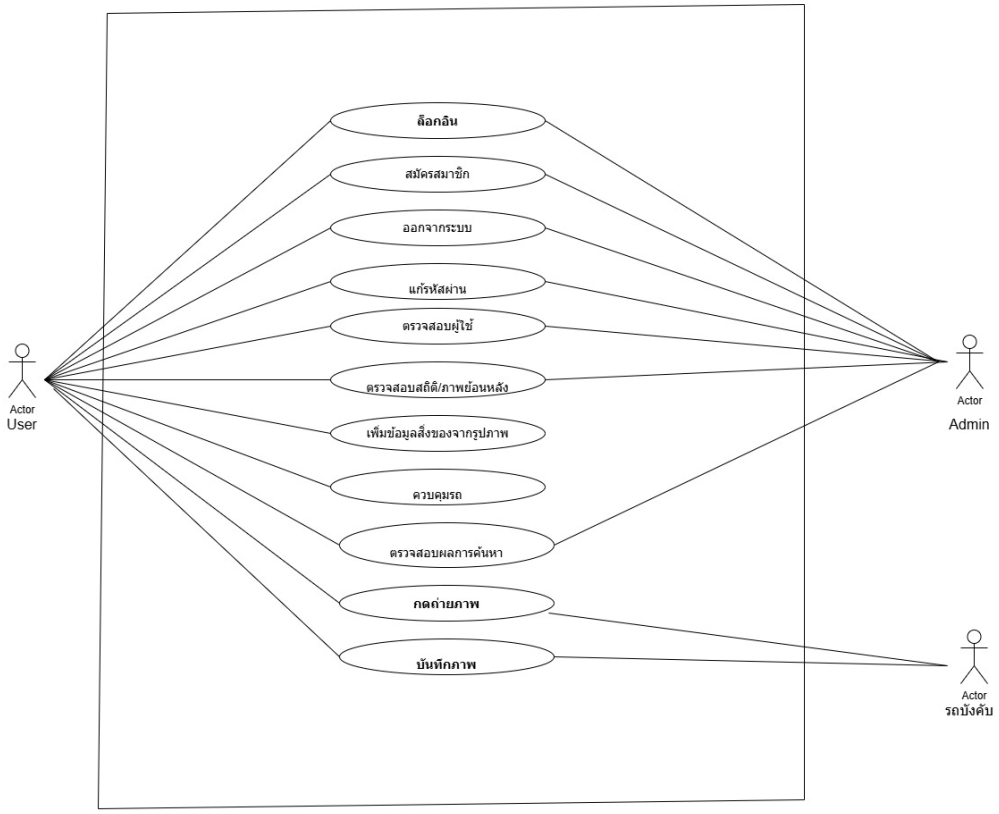
ด้านฐานข้อมูล โดยระบบฐานข้อมูลถูกออกแบบเพื่อจัดเก็บข้อมูลสำคัญ ได้แก่ ข้อมูลผู้ใช้งาน ข้อมูลสิ่งของที่ต้องการค้นหา ข้อมูลผลการค้นหา ภาพถ่ายที่ตรวจพบ และข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของระบบ เพื่อสนับสนุนการตรวจสอบย้อนหลังและการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของระบบ

3. วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้พัฒนาระบบค้นหาสิ่งของโดยใช้รถบังคับอัจฉริยะร่วมกับเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ ผู้ใช้สามารถควบคุมรถผ่านโทรศัพท์มือถือ ถ่ายภาพสิ่งของผ่านกล้องที่ติดตั้งบนรถ และนำภาพไปประมวลผลเพื่อจำแนกวัตถุด้วยโมเดล AI

ระบบสามารถแจ้งเตือนเมื่อพบสิ่งของที่ต้องการ พร้อมบันทึกข้อมูลผู้ใช้ สิ่งของที่ค้นหา วันที่ เวลา ภาพถ่าย และผลการตรวจจับลงฐานข้อมูล เพื่อใช้ตรวจสอบย้อนหลังและปรับปรุงระบบในอนาคต

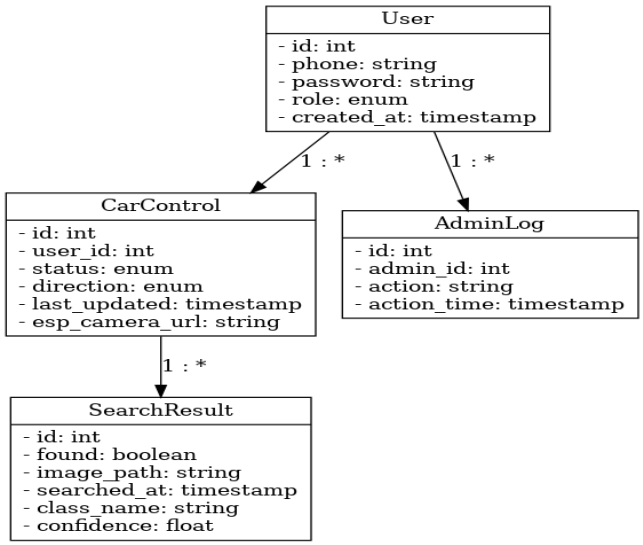
4. การออกแบบ Use Case Diagram



รูปที่ 1 Use Case Diagram การทำงานระบบเว็บไซต์สำหรับรถบังคับหาสิ่งของ

จาก Use Case Diagram แสดงให้เห็นว่าระบบประกอบด้วยผู้เกี่ยวข้องหลัก 3 ส่วน ได้แก่ ผู้ใช้งาน ผู้ดูแลระบบ และรถบังคับอัจฉริยะ โดยผู้ใช้งานสามารถควบคุมรถ เพิ่มข้อมูลสิ่งของ ตรวจสอบสถานะ และรับแจ้งเตือนผลการค้นหา ส่วนผู้ดูแลระบบสามารถจัดการข้อมูลผู้ใช้ ตรวจสอบผลย้อนหลัง และดูข้อมูลการทำงานของระบบ โดยรถบังคับอัจฉริยะทำหน้าที่เคลื่อนที่ ถ่ายภาพ ตรวจจับวัตถุ และส่งข้อมูลกลับไปยังระบบเพื่อประมวลผลและจัดเก็บลงฐานข้อมูล การออกแบบดังกล่าวช่วยให้ระบบสามารถค้นหาสิ่งของได้อย่างสะดวก รวดเร็ว และเหมาะสมต่อการนำไปใช้งานจริง.

5. การออกแบบ Class Diagram

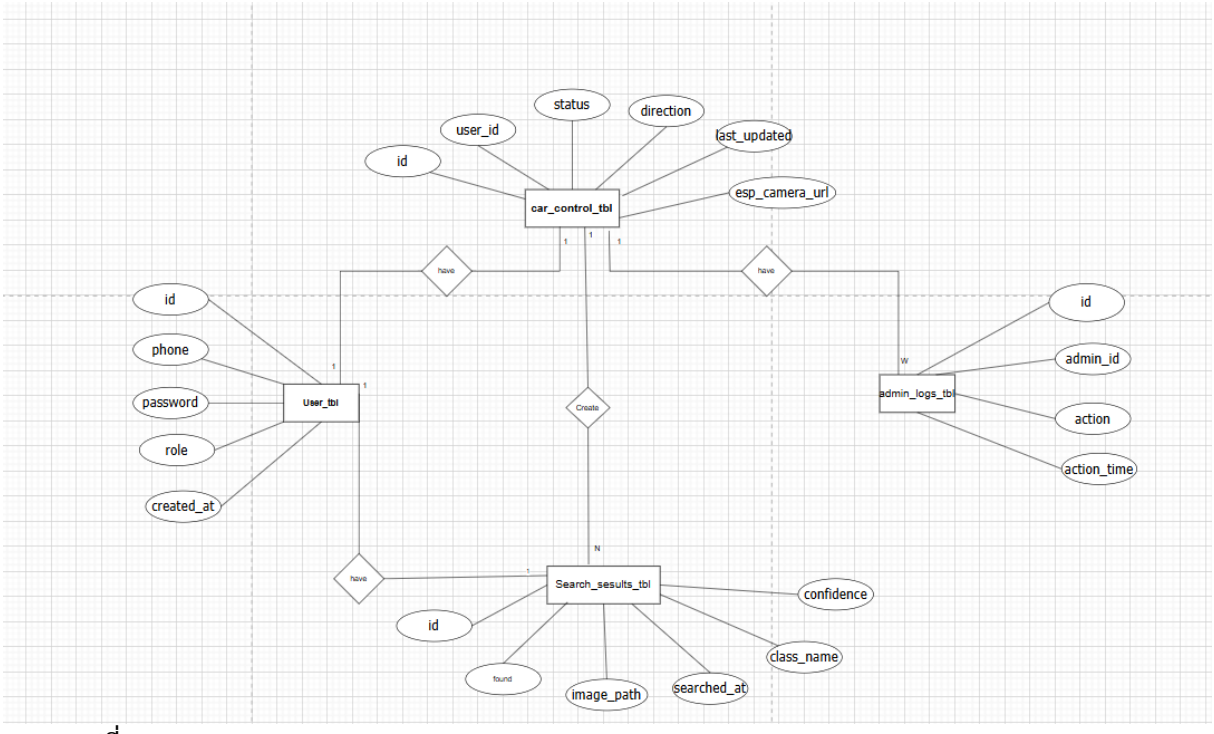


รูปที่ 2 Class Diagram ของระบบเว็บแอปพลิเคชันสำหรับ

จากรูปที่ 2 แสดง Class Diagram แสดงโครงสร้างหลักของระบบควบคุมรถค้นหาวัตถุ โดยมีคลาสสำคัญ ได้แก่ User, Car Control, Search Result และ Admin Log โดยคลาส User ใช้เก็บข้อมูลผู้ใช้งาน เช่น เบอร์โทรศัพท์ รหัสผ่าน และบทบาทของผู้ใช้ ส่วนคลาส Car Control ใช้เก็บข้อมูลการควบคุมรถ เช่น สถานะ ทิศทาง และ URL ของกล้องที่เชื่อมต่อ ขณะที่คลาส Search Result ใช้เก็บผลการตรวจจับวัตถุ เช่น ชื่อวัตถุ ค่าความมั่นใจ และตำแหน่งภาพที่ตรวจพบ ส่วนคลาส Admin Log ใช้บันทึกการทำงานของผู้ดูแลระบบ

ความสัมพันธ์ของข้อมูลแสดงให้เห็นว่า ผู้ใช้หนึ่งคนสามารถควบคุมรถได้หลายครั้ง และการควบคุมรถแต่ละครั้งสามารถสร้างผลการค้นหาได้หลายรายการ ระบบจึงสามารถจัดเก็บข้อมูลการควบคุม การตรวจจับวัตถุ และประวัติการทำงานได้อย่างเป็นระบบ เหมาะสำหรับการตรวจสอบย้อนหลังและวิเคราะห์ผลการค้นหาในแต่ละภารกิจ.

6. การออกแบบ ER Diagram

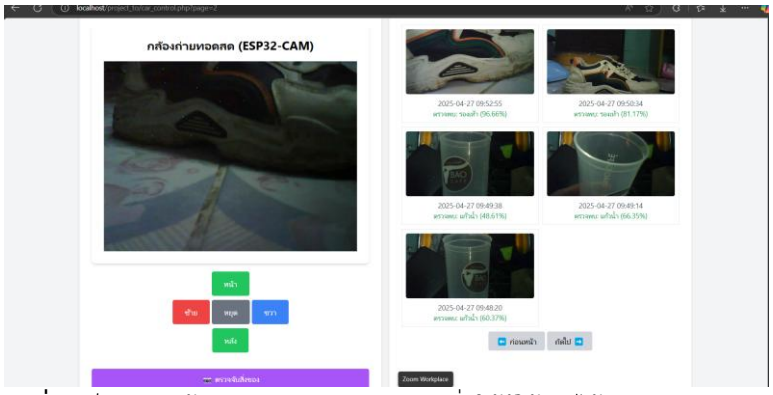


รูปที่ 3 ER Diagram

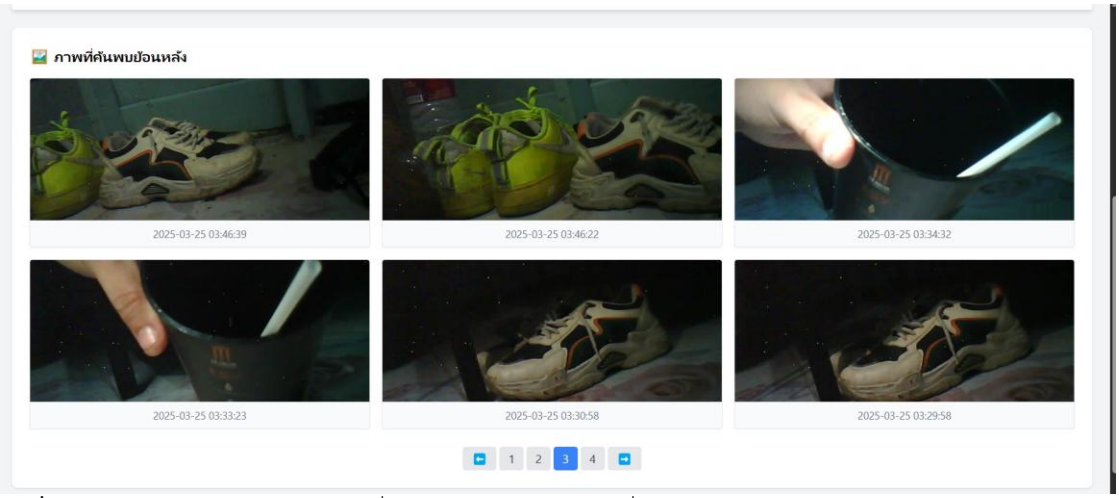
จากรูปที่ 3 แสดง ER Diagram แสดงความสัมพันธ์ของตารางข้อมูลหลักในระบบควบคุมรถค้นหาวัตถุ โดยมีตาราง User_tbl เป็นตารางหลักสำหรับจัดเก็บข้อมูลผู้ใช้งาน และเชื่อมโยงกับตาราง car_control_tbl เพื่อบันทึกข้อมูลการควบคุมรถของผู้ใช้แต่ละครั้ง โดยตาราง car_control_tbl เชื่อมโยงกับตาราง search_results_tbl เพื่อจัดเก็บผลการตรวจจับวัตถุ เช่น ภาพถ่าย ชื่อวัตถุ ค่าความมั่นใจ และเวลาที่ตรวจพบ ส่วนตาราง admin_logs_tbl ใช้บันทึกกิจกรรมของผู้ดูแลระบบ โดยเชื่อมโยงกับข้อมูลผู้ดูแลผ่านรหัสผู้ใช้ ในโครงสร้างฐานข้อมูลดังกล่าวช่วยให้ระบบสามารถจัดเก็บข้อมูลผู้ใช้ การควบคุมรถ ผลการค้นหา และประวัติการทำงานของผู้ดูแลระบบได้อย่างเป็นระบบ รองรับการตรวจสอบย้อนหลังและการขยายระบบในอนาคตได้อย่างเหมาะสม

ผลการวิจัย

การออกแบบส่วนนำเข้าข้อมูลของระบบเน้นให้ผู้ใช้งานสามารถใช้งานได้ง่ายและสะดวก โดยรองรับทั้งผู้ใช้งานทั่วไปและผู้ดูแลระบบผ่านหน้าเว็บไซต์ ผู้ใช้งานสามารถสมัครสมาชิก เข้าสู่ระบบ แก้ไขข้อมูลโปรไฟล์ ค้นหาสิ่งของ และควบคุมรถบังคับได้ ส่วนผู้ดูแลระบบสามารถจัดการข้อมูลผู้ใช้งาน เช่น เพิ่ม แก้ไข และลบข้อมูลผู้ใช้ รวมถึงตรวจสอบข้อมูลต่าง ๆ ภายในระบบได้อย่างเป็นระบบ โดยหน้าจอหลักของระบบประกอบด้วย หน้าสมัครสมาชิก หน้าเข้าสู่ระบบ เมนูเลือกใช้งาน หน้าข้อมูลโปรไฟล์ หน้าค้นหาสิ่งของ หน้าควบคุมรถบังคับ หน้าจอผู้ดูแลระบบ หน้าการเพิ่มผู้ใช้งาน หน้าแก้ไขข้อมูลผู้ใช้งาน และหน้าลบผู้ใช้งาน ซึ่งออกแบบให้มีความชัดเจน เข้าใจง่าย และสนับสนุนการใช้งานตามบทบาทของผู้ใช้แต่ละประเภทอย่างเหมาะสม



รูปที่ 4 เป็นภาพหน้าจอการควบคุมรถบังคับ เพื่อให้ผู้ใช้งานได้กดควบคุมและกดถ่ายสิ่งของได้ เมื่อพบเจอวัตถุ



รูปที่ 5 หน้าจอภาพย้อนหลังเป็นภาพเพื่อให้ผู้ดูแลระบบเช็คภาพที่ถ่ายย้อนหลัง

การอภิปรายผล

จากการพัฒนาระบบควบคุมรถบังคับพร้อมระบบตรวจจับวัตถุผ่านกล้อง ESP32-CAM พบว่าระบบสามารถทำงานได้ตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ ผู้ใช้งานสามารถควบคุมทิศทางของรถผ่านหน้าเว็บไซต์ได้แบบเรียลไทม์ และสามารถรับภาพจากกล้องเพื่อนำไปประมวลผลด้วยโมเดลปัญญาประดิษฐ์สำหรับตรวจจับวัตถุได้อย่างเหมาะสม ระบบยังสามารถแสดงผลการตรวจจับ พร้อมบันทึกภาพถ่ายและค่าความมั่นใจลงฐานข้อมูล เพื่อรองรับการตรวจสอบย้อนหลังได้อย่างเป็นระบบ

ผลการดำเนินงานแสดงให้เห็นว่า การประยุกต์ใช้เทคโนโลยี Internet of Things (IoT) ร่วมกับการประมวลผลภาพและปัญญาประดิษฐ์ สามารถนำมาใช้ในการควบคุมอุปกรณ์อัจฉริยะและตรวจจับวัตถุได้จริง โดยเฉพาะในสภาพแวดล้อมที่มีแสงเพียงพอและเครือข่ายมีความเสถียร ระบบสามารถตอบสนองต่อคำสั่งควบคุมและแสดงผลการตรวจจับได้อย่างมีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตาม ระบบยังมีข้อจำกัดบางประการ ได้แก่ ความไม่เสถียรของการเชื่อมต่อระหว่าง ESP32-CAM กับเซิร์ฟเวอร์ ซึ่งอาจทำให้การส่งภาพและการควบคุมรถเกิดความล่าช้า รวมถึงข้อจำกัดด้านคุณภาพและขนาดของภาพจากกล้องที่ส่งผลต่อความเร็วในการประมวลผลของโมเดล AI นอกจากนี้ ประสิทธิภาพของการตรวจจับยังขึ้นอยู่กับสภาพแสง

คุณภาพของภาพ และความเหมาะสมของโมเดลที่ใช้ หากภาพมีสัญญาณรบกวนหรือแสงไม่เพียงพอ อาจส่งผลให้ความแม่นยำในการตรวจจับลดลง

โดยภาพรวม ระบบที่พัฒนาขึ้นมีศักยภาพในการนำไปประยุกต์ใช้ในงานค้นหาสิ่งของ งานสำรวจพื้นที่จำกัด และงานด้านความปลอดภัยเบื้องต้น ทั้งยังเป็นแนวทางในการพัฒนาระบบหุ่นยนต์อัจฉริยะที่สามารถควบคุมผ่านเครือข่ายและใช้ปัญญาประดิษฐ์ช่วยในการวิเคราะห์ข้อมูลภาพได้ในอนาคต

ข้อจำกัดของงานวิจัย

งานวิจัยนี้มีข้อจำกัดสำคัญหลายประการ ทั้งด้านฮาร์ดแวร์ เครือข่าย คุณภาพภาพถ่าย และสภาพแวดล้อมในการตรวจจับวัตถุ โดยเอกสารระบุว่าพบปัญหาอุปกรณ์ IoT ช็อตบ่อย กล้อง ESP32-CAM กระตุก การเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตต้องเปลี่ยน IP อยู่ตลอดเวลา และการควบคุมรถไม่ตอบสนองบ่อยครั้ง

1 ข้อจำกัดด้านความสูงของสิ่งของจากพื้น

ความสูงของวัตถุมีผลต่อการตรวจจับโดยตรง เพราะหากวัตถุมีขนาดเล็กหรืออยู่ต่ำมาก อาจไม่ปรากฏชัดในกรอบภาพ หรือถูกพื้นหลังกลืนไปกับวัตถุอื่น ส่งผลให้โมเดลจำแนกผิดพลาดได้ง่าย ในทางกลับกัน หากวัตถุมีขนาดใหญ่และอยู่ในระดับเดียวกับมุมกล้อง ระบบจะสามารถตรวจจับได้ง่ายกว่า

2 ข้อจำกัดด้านระยะห่างของกล้องกับวัตถุ

จากงานวิจัยพบว่าระยะห่างจาก ESP32-CAM มีผลต่อเวลาการจับภาพ และเมื่อระยะมากกว่า 3 เมตรขึ้นไป ระบบอาจไม่สามารถตรวจจับการเคลื่อนไหวได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นสำหรับระบบค้นหาสิ่งของ ควรกำหนดระยะทดลองอย่างชัดเจน เช่น 30 เซนติเมตร และ 50 เซนติเมตร เพื่อประเมินว่าระยะใดเหมาะสมที่สุดต่อการตรวจจับวัตถุ

3 ข้อจำกัดด้านความสว่างและปริมาณแสง

ระบบตรวจจับวัตถุด้วยภาพจำเป็นต้องพึ่งพาคุณภาพของแสง หากแสงสว่างเพียงพอ ภาพจะมีรายละเอียด สี และขอบวัตถุที่ชัดเจน ทำให้โมเดล AI สามารถจำแนกวัตถุได้แม่นยำขึ้น แต่หากมีแสงน้อยหรือไม่มีแสงสว่าง ภาพที่ได้อาจมืด มี noise สูง หรือไม่สามารถแยกวัตถุออกจากพื้นหลังได้อย่างชัดเจน ส่งผลให้ความแม่นยำลดลง

4 ข้อจำกัดด้านการสั่นสะเทือนของรถ

เมื่อรถบังคับเคลื่อนที่ กล้องที่ติดตั้งบนตัวรถอาจเกิดการสั่น ทำให้ภาพเบลอหรือวัตถุอยู่ในภาพไม่คงที่ ปัญหานี้ส่งผลโดยตรงต่อระบบ CNN หรือ MobileNetV2 ที่ต้องการภาพนิ่งและรายละเอียดของวัตถุที่ชัดเจน การสั่นของภาพอาจทำให้โมเดลจำแนกวัตถุผิด หรือให้ค่าความมั่นใจต่ำกว่าความเป็นจริง

5 ข้อจำกัดด้านเครือข่าย

ระบบนี้ใช้การเชื่อมต่อ Wi-Fi เพื่อส่งภาพและรับคำสั่งควบคุมจากผู้ใช้ ดังนั้นความเสถียรของเครือข่ายจึงมีผลต่อทั้งการควบคุมรถและการส่งภาพไปประมวลผล หากสัญญาณอินเทอร์เน็ตไม่เสถียร ระบบอาจเกิดความล่าช้า ภาพส่งไม่ครบ หรือคำสั่งควบคุมรถไม่ตอบสนองทันที ซึ่งสอดคล้องกับปัญหาที่ระบุไว้ในเอกสารว่าเกิดปัญหาการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตและการควบคุมรถไม่ตอบสนองบ่อยครั้ง

บทสรุป

การพัฒนาระบบควบคุมรถบังคับพร้อมระบบตรวจจับวัตถุผ่านกล้อง ESP32-CAM สามารถบรรลุผลตามเป้าหมายของโครงการ โดยระบบสามารถควบคุมรถผ่านหน้าเว็บไซต์ รับภาพจากกล้อง ตรวจจับวัตถุด้วยโมเดล AI และบันทึกข้อมูลผลการตรวจจับลงฐานข้อมูลได้อย่างเป็นระบบ ผลการพัฒนาสะท้อนให้เห็นว่าเทคโนโลยี IoT และ AI สามารถนำมาบูรณาการเพื่อสร้างระบบต้นแบบสำหรับการค้นหาสิ่งของและตรวจสอบพื้นที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตาม ระบบยังควรได้รับการปรับปรุงด้านความเสถียรของเครือข่าย คุณภาพของภาพ และประสิทธิภาพของโมเดลตรวจจับวัตถุ เพื่อให้สามารถนำไปใช้งานจริงได้ดียิ่งขึ้น

ข้อเสนอแนะ

ในการนำระบบไปใช้ประโยชน์ ควรประยุกต์ใช้ในพื้นที่ที่มีสัญญาณเครือข่ายเสถียรและมีแสงสว่างเพียงพอ เพื่อให้การควบคุมรถและการตรวจจับวัตถุทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ระบบสามารถนำไปต่อยอดในงานค้นหาสิ่งของภายในบ้าน งานสำรวจพื้นที่อันตราย หรือการตรวจสอบพื้นที่ที่มนุษย์เข้าถึงได้ยาก

สำหรับการวิจัยครั้งต่อไป ควรพัฒนาระบบให้รองรับการตรวจจับวัตถุหลายประเภทในภาพเดียว เพิ่มความสามารถในการติดตามวัตถุแบบต่อเนื่องแบบเรียลไทม์ ปรับปรุงคุณภาพของกล้องหรือเพิ่มระบบไฟช่วยส่องสว่าง และพัฒนาโมเดล AI ให้มีความแม่นยำสูงขึ้น เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและความเหมาะสมต่อการใช้งานจริงในสภาพแวดล้อมที่หลากหลายมากขึ้น

เอกสารอ้างอิง

ดิษณ์กร วานิชรัตนกุล.(2566). หุ่นยนต์เคลื่อนที่อัตโนมัติบนถนนภายนอกอาคาร.วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อินทิพร หวยหงสทอง, วิภาวี รารื่น, เจษฎา สายใจ และ ศศิรมย พานทอง. (2566). ระบบกล่องรักษาความปลอดภัยพร้อมแจ้งเตือนผานเทเลแกรม. วารสารงานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกตโดยสมาคม ECTI. ปีที่ 3 ฉบับที่ 2 (2023): 249616.

Blum, J. (2020). Exploring Arduino Tools and Techniques for Engineering Wizardry. 2nd Edition. John Wiley & Sons, Inc.,Indianapolis, Indiana

กลุ่มที่ 2: เทคโนโลยีชีวภาพและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

การพัฒนาวิสาหกิจชุมชน: ผลกระทบจากต้นทุนและผลประโยชน์ของห่วงโซ่คุณค่าของโกโก้
Community enterprise development: implications from cost and benefits of cocoa value chains

ชนกานต์ โพธิ์ศรีนาค[1] หฤทัย ไชยเยส[1] และกนกวรรณ กิ่งผดุง[1*]
Chanakan Phosrinak[1] Haruthai Chaiyes[1] and Kanokwan Kingphadung[1*]

[1]คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร จังหวัดนครปฐม*
[1]Faculty of Engineering and Industrial Technology, Silpakorn University, Nakhon Pathom*
[*]Corresponding Author E-mail Address : kingphadung_k@su.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์โครงสร้างต้นทุนและผลประโยชน์ตลอดห่วงโซ่คุณค่าโกโก้ของวิสาหกิจชุมชนหนองงูเหลือม จังหวัดนครปฐม ซึ่งเป็นการรวมกลุ่มของเกษตรกรผู้สูงอายุเพื่อยกระดับจากการปลูกสู่การแปรรูปโกโก้เชิงพาณิชย์ โดยศึกษาผ่านข้อมูลการดำเนินงานจริงตลอดระยะเวลา 1 ปี 4 เดือน ผลการศึกษาพบว่าการดำเนินกิจกรรมในปัจจุบันเป็นการผลิตระดับครัวเรือนที่เน้นการสร้างมูลค่าเพิ่ม จากการแปรรูปผลโกโก้สดสู่ผลิตภัณฑ์ 7 ชนิด โดยมีผลิตภัณฑ์หลักคือช็อกโกแลตสเปรด โกโก้นิบส์ ผงโกโก้ และชาเปลือกโกโก้ มีการบริหารจัดการของเสียตามแนวทางเศรษฐกิจหมุนเวียน (Circular Economy) ผ่านการผลิตชาเปลือกโกโก้ เพื่อลดของเสียเป็นศูนย์ (Zero Waste) อย่างไรก็ตาม การวิเคราะห์ทางการเงินชี้ให้เห็นว่าโครงสร้างต้นทุนในปัจจุบันยังไม่ได้สะท้อนต้นทุนโสหุ้ยและค่าเสื่อมราคาของสินทรัพย์ถาวร หากมีการยกระดับสู่กระบวนการผลิตมาตรฐานผ่านการลงทุนอาคารผลิตใหม่ จะส่งผลต่อจุดคุ้มทุนและอัตรากำไรสุทธิ งานวิจัยจึงเสนอแนวทางการบริหารจัดการต้นทุนและการปรับยุทธศาสตร์ด้านราคา (Pricing Strategy) เพื่อรักษาระดับกำไรเดิมและรองรับความยืดหยุ่นของตลาด ข้อค้นพบจากงานวิจัยนี้เป็นนัยสำคัญต่อการพัฒนาวิสาหกิจชุมชนในการวางแผนการลงทุนอย่างมีระบบ เพื่อสร้างความสมดุลระหว่างผลกำไรทางธุรกิจ การพัฒนาคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุ และการรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อมตามเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน (SDGs) ในระยะยาว

คำสำคัญ: ห่วงโซ่คุณค่าโกโก้ การพัฒนาวิสาหกิจชุมชน การวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์ เศรษฐกิจหมุนเวียน เป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน

Abstract

This study investigates the cost structure and value chain benefits of the Nong Ngu Lueam Community Enterprise in Nakhon Pathom Province, Thailand-a collective of elderly farmers transitioning from cocoa cultivation to commercial processing. Drawing on operational data over a period of 16 months, the research reveals that current activities remain at the household production level, emphasizing value addition through the transformation of fresh cocoa pods into seven product categories. Core products include chocolate spread, cocoa nibs, cocoa powder, and cocoa husk tea. Waste management practices align with circular economy principles, particularly through the production of cocoa husk tea, thereby achieving a zero-waste model. Financial analysis, however, indicates that the existing cost structure does not fully account for overhead expenses and depreciation of fixed assets. Upgrading to standardized production via investment in a new facility would significantly affect the break-even point and net profit margin. Consequently, the study proposes cost management strategies and pricing adjustments to sustain profitability while accommodating market flexibility. The findings hold important implications for community enterprise development, offering a systematic framework for investment planning that balances business profitability, the enhancement of elderly farmers’ quality of life, and environmental responsibility. This integrated approach supports the long-term achievement of the Sustainable Development Goals (SDGs).

Keywords: Cocoa Value Chain, Community Enterprise Development, Cost-Benefit Analysis, Zero Waste, Sustainable Development Goals (SDGs)

บทนำ

โกโก้เป็นวัตถุดิบหลักที่ใช้ในการผลิตช็อคโกแลต ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ขนมหวานที่เป็นที่ชื่นชอบของคนทั่วไปนอกจากนี้ ผงโกโก้และเนยโกโก้ที่ได้จากเมล็ดโกโกนั้นยังถูกนำไปใช้เป็นส่วนผสมของผลิตภัณฑ์อาหารอื่นๆ อีกหลายชนิด โดยผงโกโก้ถูกนำไปใช้ในการผลิตเครื่องดื่มช็อคโกแลต ช็อคโกแลตเคลือบ และผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ ส่วนเนยโกโก้นั้นถูกนำไปใช้ในการผลิตช็อคโกแลตและเครื่องสำอาง ส่งผลให้ความต้องการของโกโก้ในตลาดโลกมีปริมาณเพิ่มขึ้นทุกปี ประเทศไทยมีสภาพพื้นที่และภูมิอากาศเหมาะสมในการปลูกโกโก้ โดยเริ่มมีการนำโกโก้เข้ามาปลูกในประเทศไทยครั้งแรกเมื่อปี พ.ศ. 2446 ในภาคใต้และต่อมามีการกระจายไปยังภาคอื่นทั่วประเทศ พื้นที่ปลูกโกโก้ทั้งหมดของไทยในปี 2564 อยู่ที่ 5,914 ไร่ ประเทศไทยยังผลิตโกโก้ได้น้อย ในช่วง 6 เดือนแรกของปี 2567 ประเทศไทยมีผลผลิตรวม 1,016.78 ตัน โดยจังหวัดที่มีผลผลิตสูงสุดคือ ประจวบคีรีขันธ์ จำนวน 378.42 ตัน ซึ่งไม่เพียงพอต่อความต้องการ ทำให้ต้องนำเข้ามาโดยตลอด โดยเฉพาะผงโกโก้มีการนำเข้าปีละ 20 ล้านกิโลกรัม คิดเป็นมูลค่า 2,000 ล้านบาท หรือมีการนำเข้าโกโก้บัตเตอร์ในปี 2567 ถึงเดือนกันยายนมูลค่า 44 ล้านบาท สำหรับการส่งออกโกโก้ไทยยังคงขยายตัวต่อเนื่องในปี 2567 เพิ่มขึ้นกว่าร้อยละ 128 เมื่อเทียบกับปี 2566 โดยประเทศคู่ค้าหลัก 3 อันดับแรก ได้แก่ ญี่ปุ่น มูลค่า 414 ล้านบาท จีน มูลค่า 147 ล้านบาท และเมียนมา มูลค่า 137 ล้าน

ดอลลาร์ (กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2565; ธนาคารแห่งประเทศไทย, 2564; สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย, 2569; ศุภกาญจน์ ศรีพลกรัง, 2563)

จากราคาตลาดโลกที่ปรับตัวสูงขึ้น ประเทศไทยกำลังผลักดันอุตสาหกรรมโกโก้ให้เติบโตสู่การเป็นศูนย์กลางโกโก้ (Cocoa Hub) ของภูมิภาค ซึ่งถือเป็นโอกาสสำคัญสำหรับผู้ประกอบการไทยในการต่อยอดการผลิตและการแปรรูป เพื่อสร้างความสามารถในการแข่งขันในตลาดโลก โดยเฉพาะวิสาหกิจชุมชนที่เป็นต้นน้ำของห่วงโซ่อุปทานโกโก้ในการปลูกและแปรรูปเพื่อจำหน่ายเองและขายให้โรงงานอุตสาหกรรม จังหวัดนครปฐมมีวิสาหกิจชุมชนปลูกและแปรรูปโกโก้ 4 ราย เริ่มดำเนินการมาแล้ว 1-5 ปี ปัจจุบันยังคงดำเนินงานอยู่เพียงรายเดียว เนื่องจากประสบปัญหาต่างๆ ตั้งแต่ปลูกจนแปรรูปเป็นผลผลิต คือ ผลโกโก้ที่เก็บเกี่ยวได้ มีคุณลักษณะไม่ตรงกับคุณลักษณะของสายพันธุ์ที่ควรจะเป็น ผลผลิตต่ำ เมล็ดลีบมีขนาดเล็ก ไม่ทนต่อโรคและแมลง กลิ่นรสของช็อคโกแลตน้อย (ซึ่งกลิ่นรสของช็อคโกแลตจะเป็นเอกลักษณ์ของโกโก้ที่ปลูกโดยใช้สายพันธุ์ต่างๆ ที่ปลูกในแต่ละพื้นที่ใช้เป็นจุดขายได้) ขาดทักษะในการหมัก ทำให้เกิดกลิ่นรสที่ไม่ดี มีรสเปรี้ยวมากเกินไป หรือมีความไม่สม่ำเสมอของคุณภาพจากการหมักแต่ละรอบ การกะเทาะเปลือก และการแปรรูปเพื่อผลิตโกโก้แมส เนยโกโก้ ผงโกโก้ และผลิตภัณฑ์ช็อคโกแลต ขาดเครื่องคั่วในการแปรรูปที่เหมาะสม ซึ่งการคั่วมีผลต่อคุณภาพผลผลิตและเครื่องมีราคาแพง ขาดความรู้และความเข้าใจในการเทมเปอร์ริงช็อกโกแลต (Tempering chocolate) ส่งผลให้ช็อคโกแลตเกิดการละลายหรือเกิดฝ้าขาวได้ง่าย สุดท้ายคือขาดความรู้ถึงความต้องการตลาดในการขายและการสร้างแบรนด์ ควรมีการศึกษาแนวทางในการใช้ประโยชน์หรือเพิ่มมูลค่าจากของเหลือทิ้งจากการแปรรูปโกโก้ เช่น เปลือกผลและเปลือกหุ้มเมล็ด เนยโกโก้เหลือมากจากการผลิตผงโกโก้ เป็นต้น ดังนั้นการใช้บีซีจีโมเดลเพื่อการพัฒนาวิสาหกิจชุมชนสร้างความยั่งยืน ขับเคลื่อนการเกษตรเชิงพื้นที่โดยใช้วัตถุดิบพื้นถิ่น โดยเพิ่มคุณค่าและมูลค่าให้กับโกโก้ ส่งเสริมการใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ โดยลดของเสียหรือนำของเสียกลับมาใช้ใหม่ รวมถึงการผลิตที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมตลอดห่วงโซ่ จะส่งเสริมให้วิสาหกิจชุมชนอยู่รอดได้ในระยะยาว (นันทวุฒิ นิยมวงษ์และคณะ, 2567; สุภาพร แทนเจริญ และคณะ, 2567; ศุภกาญจน์ ศรีพลกรัง, 2563; ศิรติพร อุตโม, 2566)

วิสาหกิจชุมชนหนองงูเหลือมพัฒนาการเกษตร จังหวัดนครปฐม ดำเนินธุรกิจแปรรูปผลผลิตโกโก้ เมื่อปี 2565 มีสมาชิกจำนวน 9 ครัวเรือน ประมาณร้อยละ 80 ของสมาชิก มีอายุมากกว่า 60 ปีขึ้นไป ปัจจุบันวิสาหกิจฯ ทำการผลิตระดับครัวเรือน โดยมีผลิตภัณฑ์ 7 ชนิด คือ โกโก้นิปส์ ช็อกโกแลตสเปรด ผงโกโก้ น้ำโกโก้ ชาเปลือกโกโก้ ครีมกันแดด และลิป ซึ่งผลิตภัณฑ์เสริมความงามไม่ได้ผลิตและจำหน่ายแล้ว โดยผลิตภัณฑ์ที่ยังคงจำหน่ายอยู่นั้น มีรอบการผลิตสินค้าอยู่ระหว่าง 18-21 วัน วิสาหกิจฯ ขาดการบันทึกข้อมูลทางบัญชี จึงคำนวณต้นทุนไม่ถูกต้องและครบถ้วน วิสาหกิจฯ กำหนดราคาขาย โดยพิจารณาเฉพาะวัตถุดิบเท่านั้น ส่งผลให้การประเมินผลการประกอบการไม่สะท้อนต้นทุนและกำไรที่แท้จริง มีความเสี่ยงที่จะล้มเหลวหรือปิดกิจการ เนื่องจากมีแผนการลงทุนขยายอาคารการผลิต เพื่อเพิ่มกำลังการผลผลิต ตลอดจนไม่รู้ว่าผลิตภัณฑ์ใดสามารถสร้างรายได้ กำไร และยอดขายดีที่สุด งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตที่สะท้อนต้นทุนอย่างแท้จริง เพื่อปรับโครงสร้างราคาขายให้เหมาะสม เพื่อประเมินความคุ้มค่าจากการลงทุนขยายกำลังการผลิต และเพื่อเสนอแนวทางการผลิตและขายผลิตภัณฑ์ที่ให้กำไรสูงที่คำนึงถึงผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

1. ศึกษากระบวนการผลิตโกโก้ ศึกษาวิธีการคำนวณต้นทุนและทำบัญชีของวิสาหกิจชุมชนหนองงูเหลือม ตั้งแต่กระบวนการรับซื้อผลสด กระบวนการผลิต จนถึงผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป จากการสัมภาษณ์ สังเกต และลงพื้นที่ โดยผู้ให้ข้อมูลคือประธานวิสาหกิจชุมชนหนองงูเหลือม

2. รวบรวมข้อมูลบัญชีรายรับ-รายจ่าย ตั้งแต่เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2567 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2568 และปริมาณยอดขายผลิตภัณฑ์จาก 2 งานหลัก ได้แก่ งานเกษตรแฟร์กำแพงแสน และงานทวารวดีนครปฐม

3. คำนวณต้นทุนการผลิตผลิตภัณฑ์ โดยรวมค่าวัตถุดิบ ค่าแรงงาน และค่าโสหุ้ย เช่น ค่าไฟ ค่าน้ำ และค่าบรรจุภัณฑ์ และค่าใช้จ่ายอื่นๆ ตลอดจนค่าเสื่อมราคาของเครื่องมือและอุปกรณ์ โดยพิจารณาการเสื่อมค่าแบบเส้นตรง (สมนึก เอื้อจิระพงษ์พันธ์, 2540)

4. วิเคราะห์ความคุ้มค่าในการลงทุนอาคารการผลิตเป็นจำนวนเงิน 790,000 บาท ซึ่งมีการลงทุน คือ ค่าก่อสร้างอาคาร ค่าติดตั้งเครื่องมือและอุปกรณ์ และค่าอุปกรณ์ มีระยะเวลาโครงการ 10 ปี ใช้อัตราดอกเบี้ยลูกค้านิติบุคคลชั้นดี มีอัตราดอกเบี้ยเท่ากับร้อยละ 6.025 ต่อปี (ธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์เพื่อการเกษตร, 2569) ซึ่งการวิเคราะห์ความคุ้มค่าจะพิจารณาผลประโยชน์ที่ได้เทียบกับต้นทุน โดยใช้ดัชนีวิเคราะห์ความคุ้มค่าของเงินลงทุนทั้งหมด 4 ดัชนี (ชูชีพ พิพัฒน์ศิถี, 2544; ณัฐสิมา แพงดี และวัชรีย์ ใยประดิษฐ์, 2561) ได้แก่

4.1 ระยะเวลาคืนทุน (Payback period: PBP) คำนวณดังสมการที่ 1

ระยะเวลาคืนทุน = เงินสดจ่ายลงทุนสุทธิเมื่อเริ่มโครงการ - กระแสเงินสดรับสุทธิรายปีสะสมไปเรื่อย ๆ จนเงินจ่ายลงทุนสุทธิเมื่อเริ่มโครงการเท่ากับศูนย์

4.2 มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV) คำนวณดังสมการที่ 2

$$NPV = PVB - PVC$$

$$= \sum_{t=0}^{n} \frac{B_t}{(1+i)^t} - \sum_{t=0}^{n} \frac{C_t}{(1+i)^t}$$

$$= \sum_{t=0}^{n} \frac{B_t - C_t}{(1+i)^t}$$

$$= \sum_{t=0}^{n} (B_t - C_t)(1+i)^{-t} \qquad (2)$$

โดยที่ NPV คือ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ, PVB คือ มูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนรวม, PVC คือ มูลค่าปัจจุบันของต้นทุนรวม, B_t คือ ผลตอบแทนของโครงการที่เกิดขึ้นในปีที่ t, C_t คือ ต้นทุนในการดำเนินโครงการที่เกิดขึ้นในปีที่ t, i คือ อัตราดอกเบี้ยต่อปี และ n = จำนวนปีหรืออายุของโครงการ

4.3 อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อทุน (Benefit - Cost Ratio: BCR) คำนวณดังสมการที่ 3

$$BCR = \frac{PVB}{PVC}$$

$$= \frac{\sum_{t=1}^{n} \frac{B_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=1}^{n} \frac{C_t}{(1+r)^t}}$$

โดยที่ B_t คือ ผลตอบแทนในปีที่ t, C_t คือ ค่าใช้จ่ายในปีที่ t, r คือ อัตราดอกเบี้ยต่อปี, t คือ ระยะเวลาของปี มีค่าตั้งแต่ 0, 1, 2, ..., n และ n คือ จำนวนปี

4.4 อัตราผลตอบแทนภายในโครงการ (Internal Rate of Return: IRR) คำนวณดังสมการที่ 4

$$\text{IRR คือค่า r ที่ทำให้ } \sum_{t=1}^{n} \frac{B_t - C_t}{(1+r)^t} = 0 \quad (4)$$

โดยที่ B_t คือ ผลตอบแทนในปีที่ t, C_t คือ ค่าใช้จ่ายในปีที่ t, r คือ อัตราคิดลด, t คือ ระยะเวลาของปี มีค่าตั้งแต่ 0, 1, 2, ..., n และ n คือ จำนวนปี

5. กำหนดราคาขายใหม่ โดยใช้วิธีการบวกกำไรเพิ่มเข้าไปบนราคาขาย (Markup on selling price) คำนวณดังสมการที่ 5

$$\text{ราคาขายต่อชิ้น} = \frac{\mathbf{100\ x}\ \text{ต้นทุนรวมต่อชิ้น}}{\mathbf{100} - \text{กำไรที่ต้นทุนองการ}}$$

โดยจะพิจารณาราคาขายที่ระดับกำไรร้อยละ 33, 38 และ 43 ตามลำดับ และนำราคาขายที่ปรับใหม่ไปเปรียบเทียบกับราคาผลิตภัณฑ์ที่ขายตามท้องตลาดประเทศไทย เพื่อหาระดับราคาที่เหมาะสมที่จะช่วยเพิ่มกำไร และทำให้การลงทุนก่อสร้างอาคารการผลิตใหม่มีความคุ้มค่า

6. พัฒนา และออกแบบบรรจุภัณฑ์ โดยการปรับปรุงบรรจุภัณฑ์ให้มีความเป็นเอกลักษณ์ โดดเด่น เพิ่มมูลค่าของสินค้าสอดคล้องกับการปรับราคาขาย

7. เสนอกลยุทธ์การขาย เพื่อหาผลิตภัณฑ์ที่จะเป็นแนวทางในการส่งเสริมความยั่งยืน จากนั้นทำการคำนวณปริมาณการปลดปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากกระบวนการผลิต ดังสมการที่ 6 โดยการพิจารณากระบวนการตั้งแต่การจัดหาวัตถุดิบจนถึงการผลิต ไม่รวมการใช้งานหรือการกำจัดปลายทางของสินค้า และค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission factor) มาจากองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (2569)

ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ = ข้อมูลกิจกรรม x ค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก(6)

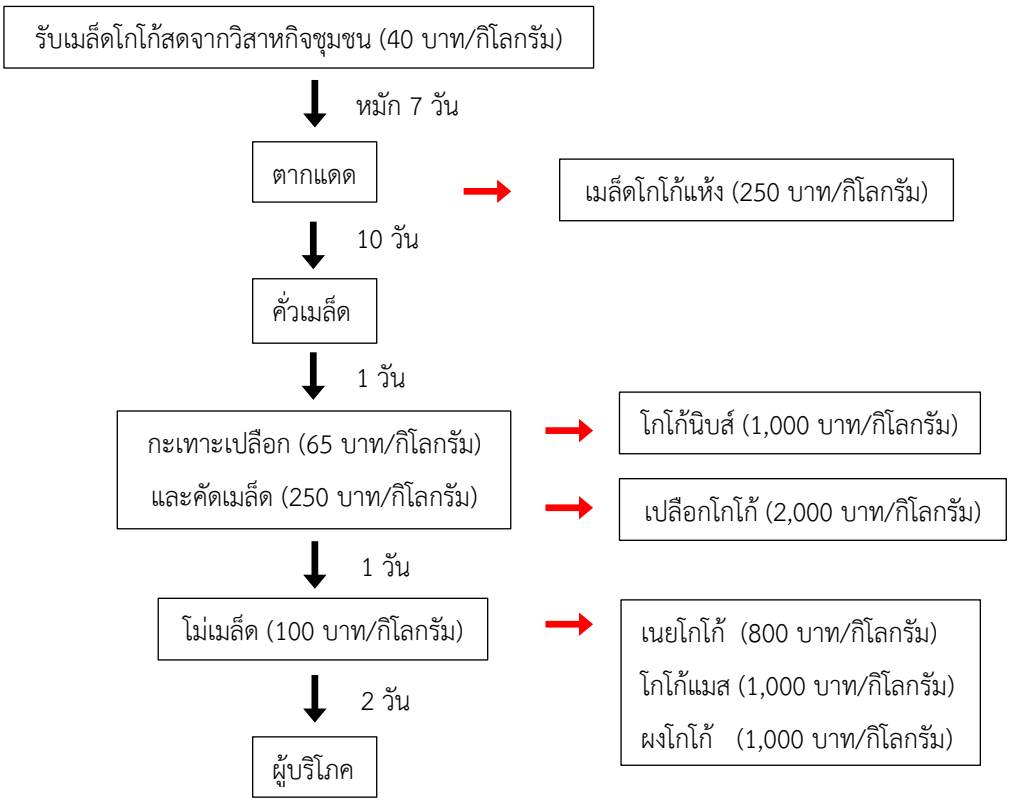
8. สรุปผลข้อมูลจากการศึกษาทั้งด้านต้นทุนการผลิต ความคุ้มค่าทางการลงทุน การกำหนดราคาขาย การพัฒนาบรรจุภัณฑ์ เสนอกลยุทธ์การขาย และการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ เพื่อใช้ในการกำหนดแนวทางการดำเนินงานและพัฒนาวิสาหกิจชุมชนหนองงูเหลือมพัฒนาการเกษตร จังหวัดนครปฐม

ผลการวิจัย

1. ผลจากการศึกษากระบวนการผลิตโกโก้

วิสาหกิจชุมชนหนองงูเหลือมแห่งนี้ มีกระบวนการผลิตโกโก้เริ่มต้นจากการรับซื้อเมล็ดโกโก้สดในราคา 40 บาทต่อกิโลกรัม นำเข้าสู่ขั้นตอนการหมัก เป็นเวลา 7 วัน และตากแดดอีก 10 วัน เพื่อลดความชื้น ได้เป็นเมล็ดโกโก้แห้ง ที่มีมูลค่าเพิ่มขึ้นเป็น 250 บาทต่อกิโลกรัม จากนั้นนำเมล็ดแห้งไปคั่ว ก่อนนำมากะเทาะเปลือกและคัดแยกเมล็ด ซึ่งขั้นตอนนี้มีต้นทุนค่าจ้างในการกะเทาะเปลือกที่ 65 บาทต่อกิโลกรัม และค่าคัดเมล็ด 250 บาทต่อกิโลกรัม ผลผลิตที่ได้สามารถแยกจำหน่ายเป็นโกโก้นิบส์ ในราคา 1,000 บาทต่อกิโลกรัม รวมถึงผลพลอยได้จากการกะเทาะเปลือก ยังสามารถนำไปแปรรูปเป็นชาเปลือกโกโก้ ซึ่งสร้างมูลค่าได้สูงถึง 2,000 บาทต่อกิโลกรัม และโกโก้นิบส์จะถูกโม่ต่อใช้เวลา 2 วัน ซึ่งมีต้นทุน

ดำเนินการ 100 บาทต่อกิโลกรัม เพื่อแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าสูง ได้แก่ เนยโกโก้ มีราคาขาย 800 บาทต่อกิโลกรัม โกโก้แมส มีราคาขาย 1,000 บาทต่อกิโลกรัม และผงโกโก้ มีราคาขาย 1,200 บาทต่อกิโลกรัม แสดงดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 กิจกรรมกระบวนการแปรรูปผลิตภัณฑ์โกโก้ ในวิสาหกิจชุมชนหนองงูเหลือม

2. ผลจากการเก็บรวบรวมข้อมูลบัญชีรายรับ-รายจ่าย ปริมาณยอดขาย และการคำนวณต้นทุนผลิตภัณฑ์

2.1 ผลจากการรวบรวมข้อมูลบัญชีรายรับ-รายจ่ายของวิสาหกิจชุมชนหนองงูเหลือม จังหวัดนครปฐม ระยะเวลา 16 เดือน (ตั้งแต่เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2567 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2568) พบว่าวิสาหกิจชุมชนหนองงูเหลือม มีรายรับรวมทั้งสิ้น 142,676 บาท มีรายจ่ายรวม 93,108 บาท และมีกำไรสุทธิรวม 49,568 บาท เมื่อนำข้อมูลดังกล่าวมาวิเคราะห์ พบว่า มีรายได้เฉลี่ยต่อเดือน 8,917 บาท มีรายจ่ายเฉลี่ยต่อเดือน 5,819 บาท คิดเป็นกำไรเฉลี่ยต่อเดือน 3,098 บาท ทั้งนี้ เมื่อนำมาคิดดัชนีความสามารถในการทำกำไร (Profitability Index: PI) ได้ค่าเท่ากับ 1.53 ซึ่งการที่ค่า PI มีค่ามากกว่า 1 นั้น เป็นเครื่องชี้วัดที่แสดงให้เห็นว่าวิสาหกิจชุมชนแห่งนี้มีผลประกอบการที่ทำกำไร นั่นคือมีรายได้มากกว่าค่าใช้จ่ายอยู่ร้อยละ 53

2.2 ผลจากการทดสอบตลาด ณ งานเกษตรแฟร์กำแพงแสนและตลาดนัดวัฒนธรรมทวารวดี เพื่อประเมินความต้องการของผู้บริโภคและทำการบันทึกบัญชีรายรับและรายจ่าย พบว่า มียอดจำหน่ายผลิตภัณฑ์รวมทั้งสิ้น 167 ชิ้น โดยช็อกโกแลตสเปรดเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้รับความนิยมสูงสุด คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 41.32 (69 ชิ้น) รองลงมาคือ โกโก้นิบส์ ร้อยละ 26.95 (45 ชิ้น) ชาเปลือกโกโก้ ร้อยละ 18.56 (31 ชิ้น) ตามลำดับ ในขณะที่กลุ่มผลิตภัณฑ์ผงโกโก้ได้รับความสนใจจากผู้บริโภคค่อนข้างน้อย โดยผงโกโก้แบบกระปุกมีสัดส่วนยอดขายร้อยละ 7.78 (13 ชิ้น) และแบบซองร้อยละ 5.39 (9 ชิ้น) ซึ่งเมื่อหาค่า PI มีค่าเท่ากับ 1.58 สรุปได้ว่าผลประกอบการมีความสามารถในการทำกำไรที่ดี นั่นคือมีรายได้มากกว่าค่าใช้จ่ายอยู่

ร้อยละ 58 จากข้อมูลที่ได้นี้ จึงนำไปประเมินความคุ้มค่าทางการเงินในการลงทุนก่อสร้างอาคารการผลิตใหม่ และพิจารณาศักยภาพทางการตลาดของผลิตภัณฑ์ตามแนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียน (Zero Waste) ของชาเปลือกโกโก้

2.3 ผลจากการวิเคราะห์โครงสร้างต้นทุนและกำไรต่อหน่วยตามรูปแบบการคำนวณใหม่ที่มีการคำนวณค่าวัตถุดิบ ค่าแรงงาน และค่าโสหุ้ย พบว่า ชาเปลือกโกโก้ เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีสัดส่วนกำไรต่อต้นทุนสูงสุดที่ร้อยละ 127 ขณะที่ช็อกโกแลตสเปรด สามารถทำกำไรต่อหน่วยได้สูงสุดที่ 79 บาท (ร้อยละ 75) อย่างไรก็ตาม ประเด็นสำคัญที่พบคือผลิตภัณฑ์กลุ่มผงโกโก้มีต้นทุนที่สูงมากเมื่อเทียบกับราคาขาย โดยเฉพาะผงโกโก้แบบซอง ที่ประสบภาวะขาดทุน 5 บาทต่อหน่วย (ติดลบร้อยละ 5) ส่วนผงโกโก้แบบกระปุก มีสัดส่วนกำไรเพียงร้อยละ 17 แสดงดังตารางที่ 1 ข้อมูลดังกล่าวชี้ให้เห็นว่าวิสาหกิจชุมชนแห่งนี้ ควรเร่งทบทวนโครงสร้างการผลิตและพิจารณาปรับขึ้นราคาขายของผลิตภัณฑ์กลุ่มผงโกโก้ เพื่อให้สอดคล้องกับต้นทุนที่แท้จริงและป้องกันผลกระทบต่อผลประกอบการในระยะยาว

ตารางที่ 1 วิเคราะห์โครงสร้างต้นทุนและกำไรต่อหน่วยตามรูปแบบการคำนวณใหม่

ผลิตภัณฑ์	หน่วย	ราคาขาย	ต้นทุน	กำไร	%
โกโก้นิบส์	บาท/100 กรัม	100	74	26	35
ชาเปลือกโกโก้	บาท/50 กรัม	100	44	56	127
ผงโกโก้แบบซอง	บาท/100 กรัม	100	105	-5	-5
ผงโกโก้แบบกระปุก	บาท/150 กรัม	180	154	26	17
ช็อกโกแลตสเปรด	บาท/150 กรัม	185	106	79	75

2.4 ผลการประเมินผลประกอบการของวิสาหกิจชุมชนที่ได้จากงานเกษตรแฟร์และงานทวารวดีตามรูปแบบการคำนวณใหม่ พบว่าวิสาหกิจชุมชนมีกำไรสุทธิรวมอยู่ที่ 8,650 บาทต่อเดือน (คิดเป็น 103,800 บาทต่อปี) โดยผลิตภัณฑ์ที่ได้กำไรหลักคือ ช็อกโกแลตสเปรด ซึ่งทำกำไรได้สูงสุดถึง 5,451 บาทต่อเดือน รองลงมาคือ ชาเปลือกโกโก้และโกโก้นิบส์ ในทางตรงกันข้าม ผลิตภัณฑ์กลุ่มผงโกโก้มีผลประกอบการต่ำที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับต้นทุน โดยเฉพาะ ผงโกโก้แบบซองที่ประสบภาวะขาดทุน 45 บาทต่อเดือน ข้อมูลดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่า วิสาหกิจชุมชนควรให้ความสำคัญกับการทำตลาดผลิตภัณฑ์ที่สร้างกำไรสูง ควบคู่ไปกับการเร่งทบทวนโครงสร้างต้นทุนและปรับกลยุทธ์ด้านราคาของกลุ่มผงโกโก้เพื่อแก้ไขปัญหาการขาดทุนและเพิ่มประสิทธิภาพการดำเนินธุรกิจในภาพรวม แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ตัวอย่างยอดขายของวิสาหกิจชุมชน

ผลิตภัณฑ์	จำนวนขาย (ชิ้น)	ราคาขาย (บาท)	ยอดขาย (บาท)	ต้นทุน (บาท)	กำไร (บาท)
โกโก้นิบส์ (100 กรัม)	45	100	4,500	3,330	1,170
ชาเปลือกโกโก้ (50 กรัม)	31	100	3,100	1,364	1,736
ผงโกโก้แบบซอง (100 กรัม)	9	100	900	945	-45
ผงโกโก้แบบกระปุก (150 กรัม)	13	180	2,340	2,002	338
ช็อกโกแลตสเปรด (150 กรัม)	69	185	12,765	7,314	5,451

3. ผลจากการวิเคราะห์ความคุ้มค่าในการลงทุน

วิสาหกิจชุมชนมีแผนลงทุนก่อสร้างอาคารการผลิตแห่งใหม่ภายใต้วงเงินงบประมาณ 790,000 บาท เพื่อยกระดับและขยายกำลังการผลิตให้สอดคล้องกับความต้องการของตลาด โดยกำหนดระยะเวลาประเมินโครงการ 10 ปี และใช้อัตราดอกเบี้ยร้อยละ 6.025 ต่อปี จากการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางการเงินเพื่อเป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจและลดความเสี่ยงในการลงทุน พบว่า เมื่อประเมินด้วยโครงสร้างต้นทุนที่แท้จริง ซึ่งครอบคลุมทั้งค่าวัตถุดิบ ค่าแรงงาน และค่าโสหุ้ย ส่งผลให้ต้นทุนรวมปรับตัวสูงขึ้นและกำไรลดลง ทำให้ดัชนีที่ใช้ในการวิเคราะห์ความคุ้มค่าไม่ผ่านเกณฑ์กล่าวคือ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) มีค่าติดลบ 26,927 บาท (ขาดทุน) อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน (BCR) มีค่าเพียง 0.97 (BCR น้อยกว่า 1 คือ มีรายจ่ายมากกว่ารายได้) อัตราผลตอบแทนภายในโครงการ (IRR) อยู่ที่ร้อยละ 4.77 (อัตราผลตอบแทนน้อยกว่าอัตราดอกเบี้ยเงินกู้) และมีระยะเวลาคืนทุน (PBP) เท่ากับ 7.61 ปี ผลการประเมินดังกล่าวจึงชี้ให้เห็นว่า โครงการลงทุนก่อสร้างอาคารการผลิตแห่งใหม่ ไม่มีความคุ้มค่าในการลงทุน ดังนั้นมีความจำเป็นต้องทำการปรับราคาสินค้าให้สูงขึ้นเพื่อคลอบคลุมรายจ่าย

4. ผลจากการปรับราคาขาย

4.1 ผลจากการวิเคราะห์ความคุ้มค่า พบว่า วิสาหกิจฯ หากต้องการก่อสร้างอาคารการผลิตใหม่ จะมีรายจ่ายสูงกว่ารายได้ จึงได้เสนอแนวทางการปรับกลยุทธ์ด้านราคา เพื่อเพิ่มความสามารถในการทำกำไร โดยทำการคำนวณเปรียบเทียบราคาขายใหม่ของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด ณ ระดับเป้าหมายกำไรที่ร้อยละ 33 38 และ 43 เพื่อเป็นทางเลือกประกอบการตัดสินใจของวิสาหกิจชุมชน ดังตารางที่ 3 ซึ่งถ้าราคาปรับตัวสูงขึ้นตามสัดส่วนกำไรที่ตั้งไว้ ตัวอย่างเช่น ผงโกโก้แบบกระปุก (150 กรัม) จะมีราคาขายปรับเป็น 230 บาท 248 บาท และ 270 บาท ตามลำดับ ทั้งนี้ ข้อมูลการจำลองราคาขายดังกล่าวจะเป็นแนวทางสำคัญในการพิจารณาเลือกระดับกำไรและราคาที่เหมาะสมที่สุดต่อการตัดสินใจ

ตารางที่ 3 ราคาขายที่มีการปรับปรุงใหม่ให้เหมาะสม

ผลิตภัณฑ์	ราคาขาย ณ กำไร 33% (บาท)	ราคาขาย ณ กำไร 38% (บาท)	ราคาขาย ณ กำไร 43% (บาท)
โกโก้นิบส์ (100 กรัม)	110	119	130
ชาเปลือกโกโก้ (50 กรัม)	66	71	77
ผงโกโก้แบบซอง (100 กรัม)	157	169	184
ผงโกโก้แบบกระปุก (150 กรัม)	230	248	270
ช็อกโกแลตสเปรด (150 กรัม)	158	171	186

4.2 ผลจากการปรับราคาขายใหม่ เพื่อเป็นแนวทางในการพิจารณาเลือกระดับกำไรและราคาที่เหมาะสมสำหรับการลงทุนสร้างอาคารการผลิต จึงต้องทำการวิเคราะห์ความคุ้มค่าของราคาขายที่ระดับกำไรแตกต่างกัน ดังตารางที่ 4 พบว่าราคาขายที่ให้ความคุ้มค่าในการลงทุนดีที่สุด คือ ราคาขายที่กำไรร้อยละ 43 เนื่องจากมีมูลค่า NPV เป็นบวกที่ 205,259 บาท IRR ร้อยละ 11.22 BCR เท่ากับ 1.26 และระยะเวลาคืนทุนภายใน 5.84 ปี

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบความคุ้มค่าของการลงทุนสร้างอาคารการผลิตใหม่ จากการปรับราคาขายใหม่

รูปแบบการคำนวณ	PBP	IRR	NPV	BCR
ราคาขาย ณ กำไร 33%	8.96	2.04%	-141,961	0.82
ราคาขาย ณ กำไร 38%	7.20	6.47%	16,740	1.02
ราคาขาย ณ กำไร 43%	5.84	11.22%	205,259	1.26

4.3 ผลจากการสำรวจช่วงราคาผลิตภัณฑ์โกโก้ในท้องตลาดผ่านแพลตฟอร์มออนไลน์ (Shopee, Lazada และ Tops online) พบว่ากลุ่มผลิตภัณฑ์ทั้ง 5 ชนิด มีระดับราคาที่แตกต่างกัน เช่น ราคาจำหน่ายชาเปลือกโกโก้ต่ำสุดเท่ากับ 50 บาท และมีราคาสูงสุดถึง 130 บาท ราคาจำหน่ายผงโกโก้แบบกระปุก ต่ำสุดเท่ากับ 105 บาท และมีราคาสูงสุดถึง 300 บาท และโกโก้นิบส์ต่ำสุดเท่ากับ 60 บาท และมีราคาสูงสุดถึง 120 บาท เป็นต้น จากช่วงราคาตลาดนี้ สะท้อนให้เห็นถึงแม้ว่าราคาขาย ณ ระดับกำไรร้อยละ 43 จะมีความคุ้มค่าในการลงทุนมากที่สุด แต่มีราคาขายที่ค่อนข้างสูงกว่าในท้องตลาด ดังนั้นควรตั้งราคาขาย ณ ระดับกำไรร้อยละ 38 จะเป็นระดับที่เหมาะสมที่สุด เนื่องจากมีราคาขายที่สอดคล้องกับท้องตลาด

5. ผลจากพัฒนาและออกแบบบรรจุภัณฑ์

จากแผนการลงทุนสร้างอาคารการผลิตและแนวทางการปรับโครงสร้างราคาจำหน่ายผลิตภัณฑ์ใหม่เพื่อให้ครอบคลุมต้นทุนที่แท้จริง วิสาหกิจชุมชนฯ จึงมีความจำเป็นต้องยกระดับภาพลักษณ์ของสินค้าให้สอดคล้องกับระดับราคาที่ปรับเพิ่มขึ้น จึงได้มีการพัฒนาและออกแบบบรรจุภัณฑ์ใหม่ เพื่อสร้างมูลค่าเพิ่ม (Value added) สะท้อนถึงคุณภาพมาตรฐานของผลิตภัณฑ์ และสร้างแรงจูงใจในการตัดสินใจซื้อให้แก่ผู้บริโภค โดยมีแนวคิดในการออกแบบบรรจุภัณฑ์ใหม่เน้นการใช้พื้นสีครีมอ่อน เพื่อให้ภาพลักษณ์ดูเรียบง่าย สบายตา และช่วยขับข้อความให้โดดเด่น โดยเลือกใช้ตัวอักษรสีน้ำตาลที่ดูสุภาพ อ่านง่าย พร้อมเสริมด้วยสีส้มเพื่อเพิ่มความน่าสนใจ นอกจากนี้ ได้จัดวางภาพผลโกโก้ไว้บริเวณกึ่งกลางเพื่อให้ผู้บริโภครับรู้ถึงตัวผลิตภัณฑ์ได้ทันที ควบคู่กับการแสดงตราสัญลักษณ์ "โกโก้ ณ คุณ" ซึ่งเป็นตัวแทนของวิสาหกิจชุมชนหนองงูเหลือมอย่างชัดเจน จากองค์ประกอบและแนวคิดดังกล่าว จึงนำมาสู่การร่างแบบฉลากบรรจุภัณฑ์ผงโกโก้แบบกระปุก 150 กรัม ผงโกโก้แบบซอง 100 กรัม โกโก้นิบส์ ช็อกโกแลตสเปรด และชาเปลือกโกโก้ โดยยกตัวอย่างฉลากบรรจุภัณฑ์ชาเปลือกโกโก้ แสดงดังรูปที่ 2



(ก) ฉลากบรรจุภัณฑ์ด้านหน้าของผลิตภัณฑ์ชาเปลือกโกโก้



(ข) ฉลากบรรจุภัณฑ์ด้านหลังของผลิตภัณฑ์ชาเปลือกโกโก้

รูปที่ 2 ฉลากบรรจุภัณฑ์ของผลิตภัณฑ์ชาเปลือกโกโก้

6. เสนอกลยุทธ์การขาย เพื่อหาผลิตภัณฑ์ที่จะเป็นแนวทางในการส่งเสริมความยั่งยืน และคำนวณปริมาณการปลดปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์

6.1 ผลจากการวิเคราะห์มูลค่าเพิ่มจากการแปรรูปผลโกโก้สดปริมาณ 120 กิโลกรัม พบว่าการแปรรูปเป็นโกโก้นิบส์และผงโกโก้ ช่วยสร้างมูลค่าเพิ่มได้ร้อยละ 848.75 และ 673.75 ตามลำดับ ในขณะที่ช็อกโกแลตสเปรดเป็นผลิตภัณฑ์ที่สร้างมูลค่าเพิ่มได้สูงสุดถึงร้อยละ 1,641.50 นอกจากนี้ การนำเปลือกโกโก้ซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งมาพัฒนาเป็นชาเปลือกโกโก้ สามารถจำหน่ายได้ในราคาสูงถึง 2,000 บาทต่อกิโลกรัม และสร้างมูลค่าเพิ่มได้ร้อยละ 706.50 ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงประสิทธิภาพในการนำของเหลือใช้มาสร้างมูลค่าเพิ่ม และมีต้นทุนต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์อื่นๆ ที่ทางวิสาหกิจชุมชนมีการผลิต แสดงดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ต้นทุน ราคาขาย และมูลค่าเพิ่มในแต่ละขั้นตอนการแปรรูปผลผลิตโกโก้ (กรณีที่เกษตรกรดำเนินการผลิต) ในเครือข่ายวิสาหกิจชุมชนหนองงูเหลือม

ผลผลิต	ปริมาณ (กก.)	ต้นทุน (บาท/กก.)	ต้นทุนรวม (บาท)	ราคาขาย (บาท/กก.)	ราคาขายรวม (บาท)	กำไรขั้นต้น (บาท)	มูลค่าเพิ่ม (%ของผลสด)
ผลโกโก้สด	120.00	8.00	960.00	12.00	1,440.00	480.00	0.00
เมล็ดโกโก้สด	30.00	12.00	360.00	40.00	1,200.00	840.00	75.00
เมล็ดแห้ง	10.50	40.00	420.00	250.00	2,625.00	2,205.00	359.38
โกโก้นิบส์	8.40	457.86	3,846.02	1,000.00	8,400.00	4,553.98	848.75
ผงโกโก้	8.40	557.86	4,686.02	1,000.00	8,400.00	3,713.98	673.75
ช็อกโกแลตสเปรด	10.71	452.83	4,849.81	1,233.33	13,209.00	8,359.19	1,641.50
ชาเปลือกโกโก้	2.10	156.57	328.80	2,000.00	4,200.00	3,871.20	706.50

หมายเหตุ : มูลค่าเพิ่ม คำนวณเป็นร้อยละของกำไรที่เพิ่มขึ้นจากกำไรของผลโกโก้สด

6.2 ผลจากการวิเคราะห์หาแนวทางการผลิตที่เหมาะสมที่สุดเพื่อสร้างกำไรสูงสุดให้แก่วิสาหกิจชุมชนหนอง งูเหลือม ภายใต้ข้อจำกัดด้านทรัพยากร คือ พนักงานผลิต 1 คน วันทำงาน 240 วันต่อปี และปริมาณวัตถุดิบ 120 กิโลกรัมต่อปี พบว่าหากผลิตชาเปลือกโกโก้ เพียงชนิดเดียว โดยไม่มีการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิดอื่น (โกโก้นิบส์ ผงโกโก้ และช็อกโกแลตสเปรด) จะช่วยให้วิสาหกิจฯ สามารถสร้างผลกำไรประมาณ 3,872 บาทต่อกิโลกรัม นอกจากนี้ยังช่วยลดปริมารขยะได้อีกด้วย ดังรูปที่ 3 จะเห็นได้ว่าปริมาณเปลือกโกโก้เหลือทิ้งจากการแปรรูปผลิตภัณฑ์ 4 ชนิด ซึ่งประเมินจากสัดส่วนร้อยละ 20 ของน้ำหนักเมล็ดโกโก้ตั้งต้น พบว่าวิสาหกิจชุมชนมีปริมาณเปลือกโกโก้คงเหลือรวม 3,540 กรัมต่อเดือน โดยเกิดจากกระบวนการผลิตช็อกโกแลตสเปรดมากที่สุดจำนวน 2,070 กรัม รองลงมาคือ โกโก้นิบส์ (900 กรัม) ผงโกโก้บรรจุกระปุก (390 กรัม) และผงโกโก้บรรจุซอง (180 กรัม) ตามลำดับ ทั้งนี้ เพื่อเป็นการจัดการของเสียตามแนวคิดลดขยะให้เป็นศูนย์ (Zero Waste) ทาง

วิสาหกิจฯ ได้นำของเหลือทิ้งดังกล่าวไปสร้างมูลค่าเพิ่มโดยผลิตเป็น ชาเปลือกโกโก้ ขนาดบรรจุ 50 กรัมต่อซอง ซึ่งในกระบวนการผลิตจะใช้เปลือกโกโก้เป็นส่วนประกอบร้อยละ 80 ทำให้ต้องใช้เปลือกโกโก้จำนวน 40 กรัมต่อหนึ่งซอง โดยจากยอดจำหน่ายชาเปลือกโกโก้เฉลี่ย 31 ชิ้นต่อเดือน ส่งผลให้วิสาหกิจชุมชนแห่งนี้สามารถลดปริมาณขยะจากเปลือกโกโก้ได้ถึง 1,240 กรัมต่อเดือน ซึ่งเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับปริมาณเปลือกเหลือทิ้งทั้งหมด พบว่าแนวทางดังกล่าวสามารถลดปริมาณของเสียในกระบวนการผลิตลงได้ถึงร้อยละ 35.03



รูปที่ 3 กระบวนการผลิตชาเปลือกโกโก้

6.3 ผลจากการประเมินต้นทุนและผลตอบแทนจากการจำหน่ายผลิตภัณฑ์ชาเปลือกโกโก้ (ขนาดบรรจุ 50 กรัม) พบว่า วิสาหกิจชุมชนมีปริมาณการจำหน่ายเฉลี่ยอยู่ที่ 31 ชิ้นต่อเดือน โดยกำหนดราคาจำหน่ายชิ้นละ 100 บาท ก่อให้เกิดรายได้หรือยอดขายรวม 3,100 บาทต่อเดือน ทั้งนี้ เมื่อนำมาหักลบกับต้นทุนการผลิตจำนวน 1,364 บาท ส่งผลให้กลุ่มวิสาหกิจชุมชนมีผลกำไรจากการจำหน่ายผลิตภัณฑ์ดังกล่าวอยู่ที่ 1,736 บาทต่อเดือน (หรือคิดเป็นประมาณ 20,832 บาทต่อปี) นอกจากนี้ เมื่อพิจารณาในด้านของการกระจายรายได้สู่สมาชิกกลุ่มวิสาหกิจชุมชนซึ่งมีจำนวนทั้งสิ้น 9 ครัวเรือน พบว่าแต่ละครัวเรือนจะได้รับส่วนแบ่งผลกำไรจากผลิตภัณฑ์ชนิดนี้เฉลี่ย 193 บาทต่อเดือน ผลการวิเคราะห์ดังกล่าวจึงสะท้อนให้เห็นอย่างชัดเจนว่า การนำเปลือกโกโก้ซึ่งถือเป็นวัสดุเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตหลักมาแปรรูปนั้น ไม่เพียงแต่เป็นแนวทางที่ช่วยลดปริมาณขยะทางการเกษตรได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่ยังเป็นกลไกสำคัญในการสร้างมูลค่าเพิ่มทางเศรษฐกิจ ช่วยกระจายรายได้สู่สมาชิก และส่งเสริมให้ชุมชนสามารถพึ่งพาตนเองได้อย่างยั่งยืน

6.4 ผลจากการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ชาเปลือกโกโก้ปริมาณ 1 กิโลกรัม พบว่าตั้งแต่การปลูกโกโก้และผลิตเป็นชาเปลือกโกโก้นั้น มีการปลดปล่อยปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (CO2e) ต่อการผลิตผลิตภัณฑ์หนึ่งกิโลกรัมเท่ากับ 17.5651 KgCo2e/Kg แสดงดังตารางที่ 6 ซึ่งแหล่งกำเนิดหลักมาจากการใช้ไฟฟ้าเท่ากับ 8.8952 KgCo2e/Kg และการใช้ปุ๋ยอินทรีย์เท่ากับ 6.0090 KgCo2e/Kg ในขณะที่ปัจจัยอื่น ๆ เช่น การขนส่งและบรรจุภัณฑ์มีสัดส่วนการปล่อยคาร์บอนที่ลดลง ข้อมูลนี้สะท้อนให้เห็นว่า การนำเปลือกโกโก้มาแปรรูปเป็นชานั้น นอกจากจะเป็นการสร้างมูลค่าเพิ่มจากวัสดุเหลือทิ้งแล้ว ยังมีขั้นตอนการผลิตที่ไม่ซับซ้อนและใช้พลังงานไม่สูงมากนัก จึงถือเป็นผลิตภัณฑ์ที่ตอบโจทย์ความยั่งยืนและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

ตารางที่ 6 การคำนวณการปลดปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากการแปรรูปผลิตภัณฑ์ชาเปลือกโกโก้ 1 กิโลกรัม

รายการ	ปริมาณ	หน่วย	EF	$KgCo_2e$/Kg PD
ปุ๋ยอินทรีย์ (ขี้ไก่)	54.78	kg	0.1097	6.0090
ไฟฟ้า	14.86	kWh	0.5986	8.8952
ซองใส่ชา (เยื่อไม้)	0.04	kg	0.6677	0.0267
ซองด้านนอก (LDPE)	0.04	kg	0.1053	0.1050
รถบรรทุกขนาดเล็ก 4 ล้อ (มีน้ำหนักบรรจุ)	0.30	tkm	0.3805	0.1142
รถบรรทุกขนาดเล็ก 4 ล้อ (รถเปล่า)	10.00	km	0.2415	2.4150
รวม				17.5651

การอภิปรายผล

ผลการศึกษาพบว่าการแปรรูปผลโกโก้สดเป็นเมล็ดโกโก้แห้งของวิสาหกิจชุมชนหนองงูเหลือมพัฒนาการเกษตร มีอัตราผลผลิต (Yield) อยู่ที่ร้อยละ 25 โดยมีต้นทุนการปลูกโกโก้ 8 บาทต่อกิโลกรัม และมีราคาขาย 12 บาทต่อกิโลกรัม ซึ่งสอดคล้องกับราคาขายผลโกโก้สดของกลุ่มเกษตรกรในจังหวัดอุดรธานี โดยมีราคาขายอยู่ระหว่าง 8-10 บาทต่อกิโลกรัม (สุภาพร แทนเจริญ และคณะ, 2567) การแปรรูปผลโกโก้สดเป็นโกโก้นิบส์และผงโกโก้สามารถสร้างมูลค่าเพิ่มได้สูงถึงร้อยละ 848.75 และ 673.75 ตามลำดับ ผลลัพธ์ดังกล่าวมีค่าสูงกว่าการศึกษาของ วรลักษณ์ วรรณโล และนุกูล อินทกูล (2566) ในพื้นที่จังหวัดเชียงรายอย่างชัดเจน ที่มีอัตราผลผลิตร้อยละ 20 และมูลค่าเพิ่มของโกโก้นิบส์และผงโกโก้เพียงร้อยละ 207.60 และ 247.72 ตามลำดับ ทั้งนี้วิสาหกิจชุมชนหนองงูเหลือมมีมูลค่าเพิ่มสูงกว่า เกิดจากปัจจัยหลัก 2 ประการ ได้แก่ อัตราผลผลิตที่ได้รับสูงกว่า ซึ่งอาจเป็นผลมาจากความแตกต่างของสายพันธุ์ ความสมบูรณ์ของผลสด หรือเทคนิคกระบวนการหลังการเก็บเกี่ยว และการกำหนดราคาจัดจำหน่าย โดยกลุ่มหนองงูเหลือมสามารถจำหน่ายโกโก้นิบส์ได้ในราคา 1,000 บาทต่อกิโลกรัม ซึ่งสูงกว่าราคาของกลุ่มเชียงรายที่จำหน่ายในราคา 840 บาทต่อกิโลกรัม

วิสาหกิจชุมชนฯ เป็นผู้ผลิตรายย่อยที่มีจุดเด่นด้านกระบวนการหมักเฉพาะที่มีสารตั้งต้นกลิ่นรส (Flavor precursors) ที่โดดเด่น มีเอกลักษณ์ ส่งผลให้มีกลิ่นรสพิเศษของช็อกโกแลต (Pita-Garcia et al., 2024) ดังนั้นบริษัท วินเนอร์กรุ๊ป เอ็นเตอร์ไพรซ์ จำกัด (มหาชน) ทำสัญญาจ้างวิสาหกิจฯ ให้เป็นผู้ถ่ายทอดองค์ความรู้แก่เครือข่ายผู้ส่งมอบวัตถุดิบของบริษัทฯ พร้อมทั้งทำข้อตกลงรับซื้อเมล็ดโกโก้แห้ง 10 ตันต่อเดือน ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงผลผลิตจากวิสาหกิจฯ มีความเป็นเอกลักษณ์เป็นที่ยอมรับด้านคุณภาพและได้มาตรฐานการผลิตจากอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ จุดอ่อนของวิสาหกิจฯ คือ

การตลาด ไม่มีการตลาดออนไลน์ ไม่มีกลยุทธ์การขาย ขายตามเทศกาลจังหวัดนครปฐม ตลาดแคบ จึงได้รายได้น้อยและไม่สม่ำเสมอ ดังนั้นวิสาหกิจฯ ควรเน้นเป็นต้นน้ำคือผู้ปลูกและแปรรูปขั้นต้น ไม่ควรเป็นผู้แปรรูปเมล็ดโกโก้ขั้นกลางและสูง เนื่องจากต้องใช้เงินลงทุนสูง กระบวนการผลิตต้องมีมาตรฐาน มีส่วนแบ่งการตลาดชัดเจน มีตราสินค้าที่ลูกค้าจดจำ และการทำกลยุทธ์การตลาด

บทสรุป

จากการคำนวณและวิเคราะห์ต้นทุนของการแปรรูปผลโกโก้สดเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ ของวิสาหกิจชุมชนฯ นั้น พบว่าต้นทุนรวมปรับตัวสูงขึ้นร้อยละ 60-240 ซึ่งส่งผลกระทบการวิเคราะห์ความคุ้มค่าในการลงทุนที่ชี้ให้เห็นว่าแผนการก่อสร้างอาคารผลิตแห่งใหม่จะไม่มีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์หากขายสินค้าในราคาเดิม จึงนำไปสู่การปรับราคาขายให้เหมาะสม ณ อัตรากำไรร้อยละ 38 ถึงจะมีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ โดยจะให้ผลตอบแทนมูลค่าปัจจุบันสุทธิเป็นบวก อัตราผลตอบแทนภายในสูงกว่าอัตราดอกเบี้ยเงินกู้ มีสัดส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุนสูงกว่า 1 และมีระยะเวลาคืนทุนสั้นกว่าอายุขัยของโครงการลงทุน อีกทั้งเป็นราคาจำหน่ายที่อยู่ระหว่างราคาตลาด คือ ราคาไม่สูงและไม่ต่ำกว่าราคาสินค้าที่จำหน่ายอยู่ มีการพัฒนาและออกแบบบรรจุภัณฑ์ให้มีรูปแบบและสีสันที่ทันสมัย สื่อสารคุณสมบัติผลิตภัณฑ์ได้ชัดเจน เพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มและดึงดูดความสนใจลูกค้า แต่ยังขาดการวิเคราะห์ตลาดในการตั้งราคาขายให้เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ที่ลูกค้าต้องการ นอกจากนี้ยังได้เสนอ กลยุทธ์การขายผลิตภัณฑ์ยั่งยืนของวิสาหกิจฯ คือ ชาเปลือกโกโก้ ที่แสดงปริมาณการปลดปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ ซึ่งนำเปลือกโกโก้เหลือทิ้งมาแปรรูป ช่วยลดขยะของชุมชน สร้างรายได้เพิ่มให้กับครัวเรือนที่เป็นสมาชิกสูงวัย แสดงถึงกระบวนการผลิตที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมเป็นกลไกสำคัญในการยกระดับศักยภาพและความยั่งยืนให้แก่ระบบการผลิตของวิสาหกิจชุมชน ดังนั้นสรุปได้ว่าปัจจัยที่มีความสำคัญมากต่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารแปรรูปจากโกโก้ ได้แก่ การจัดการการผลิตให้มีประสิทธิภาพ ความพร้อมทางการเงิน และกลยุทธ์ทางการตลาด (Sirinapatpokin et al., 2021)

สำหรับการผลิตโกโก้ในระยะยาวของต่างประเทศซึ่งกำลังเผชิญกับความท้าทายหลายประการ เช่น ศัตรูพืชและโรค การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ความอุดมสมบูรณ์ของดินต่ำ ระดับแคดเมียมในดินสูง โดยการเพาะปลูกโกโก้ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและความหลากหลายทางชีวภาพ ดังนั้นการผลิตโกโก้อย่างยั่งยืน จะต้องปรับปรุงพันธุ์ที่ทนต่อปัจจัยจำกัดผลผลิต การจัดการดิน ศัตรูพืช โรค และโลหะหนักแบบบูรณาการ การใช้ระบบวนเกษตร (Agroforestry) การเพิ่มราคาให้กับเกษตรกรได้รับอย่างเหมาะสม การสร้างมูลค่าเพิ่มของกระบวนการแปรรูป และกำหนดมาตรฐานการจัดการสวนและการจัดการหลังการเก็บเกี่ยว ตลอดจนการส่งเสริมแรงงานที่มีคุณภาพ ความเท่าเทียมทางเพศ การสร้างเครือข่ายและเชื่อมโยงผู้ประกอบการและผู้ที่มีส่วนได้ส่วนเสีย เพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน (SDGs) ตลอดห่วงโซ่คุณค่าโกโก้ (Kongor et al., 2024; Martins et al., 2023; Sirinapatpokin et al., 2021) ดังนั้นวิสาหกิจฯ ที่ต้องการปลูกและแปรรูปโกโก้ของไทยจะต้องคำนึงถึงปัจจัยเหล่านี้ด้วย เพื่อความอยู่รอดอย่างยั่งยืนในระยะยาว

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร ที่สนับสนุนงบประมาณในการดำเนินงานวิจัย ประจำปี 2568 และขอขอบพระคุณ วิสาหกิจชุมชนหนองงูเหลือมพัฒนาการเกษตร ที่ช่วยสนับสนุนวัตถุดิบ ข้อมูล และสถานที่ในการดำเนินการวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

ชูชีพ พิพัฒน์ศิถี. (2544). เศรษฐศาสตร์การวิเคราะห์โครงการ. พิมพ์ครั้งที่ 4. ภาควิชาเศรษฐศาสตร์ คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์: กรุงเทพมหานคร.

ณัฐสิมา แพงดี และวัชรีย์ ใยประดิษฐ์. (2561). การคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์และการวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตสำหรับมะเขือเทศอบแห้ง. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร.

วรลักษณ์ วรรณโล และนุกูล อินทกูล. (2566). การศึกษาต้นทุนและผลตอบแทนของผลิตภัณฑ์โกโก้กรณีศึกษาวิสาหกิจชุมชนโกโก้เชียงราย. ค้นเมื่อ 2 มกราคม 2569. https://so02.tcithaijo.org/index.php/JAR_CRRU/article/download/267234/178951/1087203.

ธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์เพื่อการเกษตร. (2569.) อัตราดอกเบี้ยเงินกู้. ค้นเมื่อ 2 มกราคม 2569. http://www.baac.or.th/th/content-rate.php?content_group=0009&content_group_sub=0002

ธนาคารแห่งประเทศไทย. (2564). ปลดล็อกโกโก้ไทยอย่างไรให้ไปต่อได้. ค้นเมื่อ 10 มกราคม 2569. http://bot.or.th/content/dam/bot/documents/th/research-and-publications-pdf/articles-and-publications/articles/regional/2021/2564_RL_07_unlock_coco.PDF

นันทวุฒิ นิยมวงษ์, อารีรัตน์ อรุณชัย, ปริญญารัตน์ จินโต, ศิริวัฒณา ลาภหลาย, และ อาวีพร ปานทอง. (2567). คุณสมบัติของผลิตภัณฑ์โกโก้ต้นแบบที่ได้จากโครงการแก้ปัญหาผลผลิตเกินด้วยสะตีมศึกษาที่เน้นโมเดลเศรษฐกิจบีซีจี. PSRU Journal of Science and Technology, 9(2): 27-45.

สมนึก เอื้อจิระพงษ์พันธ์. (2540). ความหมายต้นทุน. ค้นเมื่อ 2 มกราคม 2569. http://cmuir.cmu.ac.th/bitstream/6653943832/28291/5/agim40356am_ch2.pdf.

สำนักเศรษฐกิจการเกษตรที่ 3 กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. (2565). การศึกษาความเป็นไปได้ในการปลูกโกโก้จังหวัดหนองคาย. ค้นเมื่อ 4 มกราคม 2569. https://anyflip.com/hvqaj/nwxv/basic.

สุภาพร แทนเจริญ, จิดาภา คำคุณเมือง, กาญจนา ชันษา, ยลดา เมืองศรี, รชต สวนสวัสดิ์, และดนัย ศิริบุรีคณะ. (2567). การวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนการปลูกโกโก้: กรณีศึกษาสวนโกโก้ ตำบลสามพร้าว อำเภอเมือง จังหวัดอุดรธานี. วารสารวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี, 6(2), 77–88. สืบค้น จาก https://so08.tci-thaijo.org/index.php/MSJournal/article/view/3693.

ศุภกาญจน์ ศรีพลกรัง. (2563). การจัดการโซ่อุปทานโกโก้ไทย. ค้นเมื่อ 4 มกราคม 2569. https://krukacha2019.com/UserFiles/File/เค้าโครง_การจัดการโซ่อุปทานโกโก้ไทย_ศุภกา.pdf.

ศูนย์ข้อมูลภาคอุตสาหกรรม สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย. (2569). โกโก้พืชเศรษฐกิจใหม่ สร้างโอกาสให้ SME ไทย. ค้นเมื่อ 21 เมษายน 25569. http://km.fti.or.th/docs/km/fti-knowledge-sharing-11172/vol-26-โกโก้พืชเศรษฐกิจใหม่-ส/

ศิรติพร อุตโม. (2566). การพัฒนาวิสาหกิจชุมชนกลุ่มผู้ปลูกโกโก้เพื่อการส่งออกและแปรรูปตามโมเดลเศรษฐกิจ BCG ตำบลน้ำแวน อำเภอเชียงคำ จังหวัดพะเยา. วิทยานิพนธ์ปริญญาเกษตรศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเกษตรศาสตร์และสหกรณ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน). (2569). Emission Factor (CFP) กรกฎาคม 2565. ค้นเมื่อ 10 เมษายน 2569. http://thaicarbonlabel.tgo.or.th/index.php?lang=TH&mod=Y0hKdlpIVmpkSE5mWlcxcGMzTnBiMjQ9

Kongor, J. E., Owusu, M. and Oduro-Yeboa, C. (2024). Cocoa production in the 2020s: challenges and solutions. CABI Agriculture and Bioscience. 5:102.

Martins, F.P., Batalhão, A.C., Ahokas, M., Liboni Amui, L.B. and Cezarino, L.O. (2023). Rethinking sustainability in cocoa supply chain in light of SDG disclosure. Sustainability Accounting, Management and Policy Journal. 14(7): 258–286.

Pita-Garcia, J., Reinoso-Tigre, J., Palacios-Ponce, S., Delgado-Plaza, E., Coello-Montoya, D., Salazar, R., Coronel-León, J., Peralta, J. and Cornejo, F. (2024). Impact of combined sun and hybrid drying technologies on cocoa drying process and quality. Case Studies in Chemical and Environmental Engineering, 9, 100652. Accessed 10 Apr. 2026. https://doi.org/10.1016/j.cscee.2024.100652

Sirinapatpokin, S., Somjai, S. and Chantararatmanee, D. (2021). Development of Cocoa Processed Food Products to Meet Consumer Demand. Turkish Online Journal of Qualitative Inquiry. 12(7): 11908-11915.

การยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Aspergillus niger* บนเส้นใยกล้วยโดยใช้น้ำมันหอมระเหยใบเนียมหูเสือ

Growth Inhibition of *Aspergillus niger* on Banana Fiber Using *Coleus ambionicus* Lour. Leaf Essential Oil

จันทรัสจ์ วุฒิสัตย์วงศ์กุล[1] กานท์กวิน หอมทอง[1] วันดี สิริธนา[1] อรพิณ โกมุติบาล[1] จิตรวดี ตั้งหิรัญรัตน์[1] และศรีสุดา สมัยใหม่[1*]

Jantharat Wutisatwongkul[1], Karnkawin Homthong[1], Wandee Sirithana[1], Orapin Komutiban[1], Jittarawadee Tanghiranrat[1] and Srisuda Samaimai[1*]

[1*] *คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต จังหวัดกรุงเทพมหานคร*
[1] *Faculty of Science and Technology, Suan Dusit University, Bangkok*
[*] *Corresponding Author E-mail Address :* srisudathamrong@gmail.com

บทคัดย่อ

หนึ่งในปัญหาสำคัญที่มักพบในกระบวนการผลิตและการเก็บรักษาเส้นใยกล้วยคือ การเน่าเสียและการเสื่อมสภาพของเส้นใย เชื้อราที่ปนเปื้อนวัสดุเซลลูโลสได้บ่อยที่สุด คือ *Aspergillus niger* เนื่องจากมีความสามารถในการเจริญบนพื้นผิวที่มีความชื้นต่ำ งานวิจัยนี้จะประเมินประสิทธิภาพของสารต้านเชื้อราทั้งสารเคมี (โซเดียมเบนโซเอต และแมกนีเซียมออกไซด์) และสารสกัดน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพร (น้ำมันหอมระเหยจากอบเชย และน้ำมันหอมระเหยจากใบเนียมหูเสือ) ในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *A. niger* ผลการทดลอง พบว่า น้ำมันหอมระเหยจากใบเนียมหูเสือมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *A. niger* สูงสุด รองลงมา แมกนีเซียมออกไซด์ โซเดียมเบนโซเอต และน้ำมันหอมระเหยอบเชย ดังนั้นน้ำมันหอมระเหยเนียมหูเสือให้ค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่ไม่พบการเจริญของเส้นใยรา (Minimum Fungicidal Concentration; MFC) คือ 0.4 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ยิ่งไปกว่านั้นที่ความเข้มข้น 0.8 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตรของน้ำมันหอมระเหยเนียมหูจะมีฤทธิ์ทั้งต้านเชื้อราบนเส้นใยกล้วย และฤทธิ์ยับยั้งการแทงเข้าเส้นใยกล้วยของเชื้อรา *A. niger* ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าน้ำมันหอมระเหยจากใบเนียมหูเสือ มีศักยภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *A. niger* บนเส้นใยกล้วยได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นจึงมีศักยภาพในการประยุกต์ใช้เป็นสารทดแทนสารเคมีเพื่อเพิ่มความปลอดภัย ยืดอายุการใช้งาน และเพิ่มมูลค่าให้กับวัสดุจากเส้นใยธรรมชาติในอนาคต

คำสำคัญ: เส้นใยกล้วย, *A. niger*, โซเดียมเบนโซเอต, แมกนีเซียมออกไซด์, น้ำมันหอมระเหยเนียมหูเสือ, น้ำมันหอมระเหยจากอบเชย

Abstract

One of the major problems often encountered in the process and storage of banana fiber was its susceptibility to spoilage and deterioration. The most common fungus contaminating cellulose materials is *Aspergillus niger* due to its ability to grow on substrates with low-humidity content. This research evaluates the efficacy of both chemical antifungal agents (sodium benzoate and magnesium oxide) and herb essential oil extracts (*Cinnamomum burmannii* leaf essential and *Coleus ambionicus* Lour. leaf essential oil) in inhibiting the growth of *A. niger*. The results found that *Coleus ambionicus* Lour. leaf essential oil was the highest effective in inhibiting the growth of *A. niger*, followed by magnesium oxide, sodium benzoate and *Cinnamomum burmannii* leaf essential oil. Therefore, the *Coleus ambionicus* Lour. leaf essential oil exhibited a minimum fungicidal concentration (MFC) of 0.4 mg/ml. Furthermore, at a concentration of 0.8 mg/ml showed both antifungal activity on banana fiber and the fungal adhesion of *A. niger* inhibition into banana fiber. The findings suggest that the potential of *Coleus ambionicus* Lour. leaf essential oil can effectively inhibit the growth of *A. niger* on banana fiber. Therefore, it has the potential being used as a substitute chemical to increase safety, extend lifespan, and value could be added to natural fiber materials in the future

Keywords: Banana fiber, *A.niger*, sodium benzoate, magnesium oxide, *Coleus ambionicus* Lour. leaf essential oil, *Cinnamomum burmannii* leaf essential oil

บทนำ

ปัจจุบันวัสดุจากธรรมชาติได้รับความนิยมเพิ่มขึ้นเนื่องจากเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และสามารถย่อยสลายได้เองตามธรรมชาติ โดยเส้นใยกล้วยเป็นวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่มีศักยภาพสูงในการนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ เช่น เชือกสิ่งทอ และบรรจุภัณฑ์ เนื่องจากมีคุณสมบัติด้านความเหนียว แข็งแรง และมีต้นทุนต่ำ สอดคล้องกับแนวทางของมหาวิทยาลัยสวนดุสิตที่มีนโยบายส่งเสริมการปลูกกล้วยในพื้นที่จังหวัดปราจีนบุรี โดยมีการจัดตั้งแปลงทดลอง ณ ศูนย์การเรียนรู้มหาวิทยาลัยสวนดุสิต อ.เมือง จ.ปราจีนบุรี เพื่อเป็นต้นแบบและขยายผลเชิงพาณิชย์ร่วมกับชุมชนดงขี้เหล็ก อ.เมือง จ.ปราจีนบุรี จากนโยบายดังกล่าวจึงนำมาสู่การทำวิจัยเพื่อผลักดันการนำทุกส่วนของกล้วยมาใช้ประโยชน์ให้เกิดมูลค่าสูงสุดตามหลักการบริหารจัดการขยะเหลือใช้ให้เป็นศูนย์ (zero waste) อย่างไรก็ตาม ในกระบวนการแปรรูป และเก็บรักษาเส้นใยกล้วย มักประสบปัญหาสำคัญ คือ เส้นใยกล้วยเกิดการเน่าเสีย และเสื่อมสภาพได้ง่าย เนื่องจากเส้นใยกล้วยมีองค์ประกอบของเซลลูโลสประมาณร้อยละ 62.24 (Karuppuchamy et al., 2024) ซึ่งเป็นตัวแปรสำคัญที่ทำให้เส้นใยมีความแข็งแรง แต่ในขณะเดียวกันก็มีกลุ่มไฮดรอกซิล (Hydroxy group, -OH) ที่ดึงดูดน้ำ รวมถึงมีเฮมิเซลลูโลส (Hemicellulose) ที่มีความสามารถในการดูดซับความชื้นไว้ได้สูง ส่งผลให้เกิดการปนเปื้อนและการเจริญของเชื้อราได้ง่าย โดยเฉพาะราใน Class Ascomycetes ที่เป็นราชั้นสูงกลุ่มใหญ่ที่สุด เช่น *Aspergillus, Penicillium, Fusarium oxysporum* และ *Colletotrichum musae* โดยเฉพาะเชื้อรา *A. niger* มีรายงานการปนเปื้อนในกระดาษโบราณสูงที่สุดร้อยละ 29 (Melo et al., 2019)

นอกจากนี้ยังทำให้เกิดคราบสีดำจากการสร้างเมลานิน (Melanin) (Jørgensen *et al., 2011*) ราชนิดนี้เป็นอันตรายต่อวัสดุที่มีเซลลูโลสเป็นองค์ประกอบ เช่น กระดาษเนื่องจากมีความสามารถในการเจริญบนวัสดุที่มีความชื้นต่ำร้อยละ 7-8 (Caneva, *et al., 2019*) และยังสร้างเอนไซม์เซลลูเลส (Cellulase) ที่สามารถย่อยเส้นใย เซลลูโลสให้กลายเป็นกลูโคส (Vries & Visser, 2001)

ในปัจจุบันชุมชน และผู้ประกอบการท้องถิ่นนิยมใช้วิธีทางเคมีในการยับยั้งการปนเปื้อนของเชื้อรา โดยใช้วิธีการรมควันด้วยสารกำมะถัน (Sulfur fumigation) อย่างไรก็ตามจากการติดตามและศึกษาเพิ่มเติมในพื้นที่พบว่า การรมควันด้วยกำมะถันยังไม่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราบนเส้นใยกล้วยได้อย่างมีประสิทธิภาพเท่าที่ควร อีกทั้งการใช้สารเคมีหรือ สารรมควันต่อเนื่องเป็นเวลานาน อาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพของผู้ปฏิบัติงานโดยตรง ก่อให้เกิดการระคายเคืองต่อระบบทางเดินหายใจ และนำไปสู่ปัญหาการตกค้างของสารเคมีในสิ่งแวดล้อม เนื่องจากเชื้อราสร้างสปอร์ที่มีความทนทานและกำจัดได้ยาก จึงอาจกลับมาเจริญเติบโตได้อีกแม้ผ่านการกำจัดแล้ว แต่ทั้งวิธีการกำจัดเชื้อราทางเคมี (Chemical method) หรือ ทางกายภาพ (Physical method) จะก่อให้เกิดความเสี่ยงโดยตรงต่อสุขภาพของมนุษย์เนื่องจากมีความเป็นพิษต่อเซลล์สูง ซึ่งวิธีการจัดการโดยใช้สารเคมีต่างๆ เช่น เอทิลีนออกไซด์ (Ethylene oxide) จะเป็นก๊าซก่อมะเร็งและก่อกลายพันธุ์ ทำให้เกิดอาการแพ้อย่างรุนแรงได้ (Rakotonirainy et al., 1999; Rakotonirainy & Lavédrine, 2005) และวิธีการทางกายภาพ เช่น รังสีแกมมา (Gamma radiation) จะสามารถฆ่าเชื้อราและสปอร์ของเชื้อราได้ แต่จะต้องใช้ปริมาณรังสีที่ใช้ในการฆ่าเชื้อราสูงกว่าการฆ่าเชื้อแบคทีเรีย (Nittérus, 2000) นอกจากนี้รังสีนี้อาจจะส่งผลกระทบต่อเส้นใยเซลลูโลส (Cellulose fibers) และผู้ปฏิบัติงาน ซึ่งต้องคำนึงถึงสุขภาพ และความปลอดภัยอย่างมากด้วย (Sterflinger, 2010)

ในกลุ่มสารเคมีที่ได้รับการยอมรับโดยทั่วไปว่าปลอดภัย (Generally recognized as safe, GRAS) คือ กรดอินทรีย์ภายใต้ความเข้มข้นที่อนุญาตให้ใช้ได้ (Silva-Beltran et al., 2025) และแสดงฤทธิ์ต้านเชื้อราในวงกว้างโดยมีผลกระทบต่อประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์น้อยที่สุด กรดอินทรีย์ที่สามารถควบคุมการเจริญของเชื้อราได้ เช่น โซเดียมเบนโซเอต (Sodium benzoate) มีผลต่อการเจริญยับยั้งการเจริญของ *A. niger* (Heydaryinia et al., 2011) และกรดอินทรีย์ที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *A. flavus* ได้ดี เช่น โพแทสเซียมซอร์เบต (Potassium sorbate) โซเดียมเบนโซเอต (MIC = 64 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร) และโซเดียมบิวทิเรต (Sodium butyrate) (MIC = 128 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร) (Yu et al., 2025) นอกจากนี้แมกนีเซียมออกไซด์ (Magnesium oxide; MgO) แม้มีฤทธิ์ต้านเชื้อราในระดับจำกัด มีความเป็นพิษต่อเซลล์ต่ำ แต่เมื่ออยู่ในรูปของอนุภาคระดับนาโน (MgO nanoparticles) จะมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นอย่างมาก สามารถยับยั้งการงอกของสปอร์ (Spore germination inhibition) และยับยั้งการเจริญของเส้นใย (Mycelial inhibition) รา *A. niger* ที่ความเข้มข้น 0.5 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ได้ร้อยละ 87.33 และ 22.84 ตามลำดับ (Koka et al., 2019) นอกจากนี้การใช้สารสกัดจากธรรมชาติเป็นอีกหนึ่งทางเลือกที่น่าสนใจ เช่น น้ำมันหอมระเหยจากอบเชยชวา (*Cinnamomum burmannii*) ประกอบด้วยสารสำคัญคือ Borneol α-Terpineol และ Terpinen-4-ol ให้ค่าการยับยั้งการเจริญของเส้นใยรา *A. flavus* ได้ร้อยละ 80.94 ที่ความเข้มข้น 30 ไมโครลิตรต่อดิสก์ (Liang et al., 2025) นอกจากนี้น้ำมันหอมระเหยจากใบหูเสือ (*Coleus aromaticus* หรือ *Plectranthus amboinicus*) สารหลักที่ช่วยในการออกฤทธิ์ คือ Carvacrol และ Thymol มีฤทธิ์ต้านรา *A. niger* (Majee et al., 2013) และยีสต์ *Candida albicans* (Sivaranjani, 2019) โดยออกฤทธิ์รบกวนการซึมผ่านของเยื่อหุ้มเซลล์ส่งผลให้เกิดการรั่วไหลของสารภายในเซลล์

ด้วยเหตุนี้ จึงจำเป็นต้องพัฒนาวิธีการกำจัดเชื้อราที่มีประสิทธิภาพ และปลอดภัยต่อสุขภาพของมนุษย์ไปพร้อมกัน เพื่อป้องกันการเสื่อมสภาพของเส้นใยกล้วยจากรา และเพื่อความปลอดภัยของผู้ปฏิบัติงาน และผู้นำผลิตภัณฑ์ที่ทำจากเส้นใยกล้วยไปใช้ รวมทั้งลดการปนเปื้อนและตกค้างของสารเคมีในสิ่งแวดล้อม ดังนั้นงานวิจัยจึงมีแนวคิดในหาสารต้านเชื้อราจากทั้ง

สารเคมี ได้แก่ โซเดียมเบนโซเอต และแมกนีเซียมออกไซด์ และสารสกัดพืชสมุนไพรไทย ได้แก่ น้ำมันหอมระเหยจากเนียมหูเสือ และน้ำมันหอมระเหยจากอบเชย มาทดสอบประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา หาปริมาณความเข้มข้นต่ำสุดของสารที่คัดเลือกได้ต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อราได้ และทดสอบฤทธิ์ต้านเชื้อราบนเส้นใยกล้วย รวมทั้งการยับยั้งการแทงเข้าในเส้นใยกล้วย ซึ่งผลการวิจัยที่ได้จะช่วยยกระดับคุณภาพผลิตภัณฑ์จากเส้นใยกล้วยของศูนย์การเรียนรู้มหาวิทยาลัยสวนดุสิตและชุมชนดงขี้เหล็ก ให้มีความทนทาน ปลอดภัย และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในเชิงพาณิชย์ได้อย่างยั่งยืนต่อไป

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

1. สารต้านเชื้อรา

สารเคมี 2 ชนิด ที่ใช้ในงานวิจัยนี้ ได้แก่ โซเดียมเบนโซเอต (KemAus, Australia, Lot:2405175221, C_6H_5COONa) และแมกนีเซียมออกไซด์ (DC Fine Chemicals, Spain, Lot no. 121721, MgO) น้ำมันหอมระเหย 2 ชนิด ได้แก่ น้ำมันหอมระเหยอบเชย (TC Chemipan, ครบเครื่อง เรื่องเคมีภัณฑ์) และนำมันหอมระเหยเนียมหูเสือ ซึ่งสารสกัดน้ำมันหอมระเหยเนียมหูเสือสกัดด้วยการต้มกลั่น (Hydro distillation) (Erny et al., 2014) โดยนำพืชตัวอย่างใบเนียมหูเสือ *Coleus amboinicus Lour.* (มหาวิทยาลัยสวนดุสิต ช่วงอายุพืช 4 เดือน แบบสด) มาชนิดละ 100 กรัม สกัดด้วยวิธีการต้มกลั่น โดยใส่ลงในขวดก้นกลมขนาด 1 ลิตร เติมน้ำกลั่นลงไป 200 มิลลิลิตร จากนั้นประกอบชุด ทำการกลั่นประมาณ 3 ชั่วโมง แยกน้ำได้น้ำมันหอมระเหยใส่ในหลอดชั่งน้ำหนัก และคำนวณหาปริมาณของสารสกัดที่ได้ดังนี้

$$\% \text{ Yield} = (\text{น้ำหนักของสารสกัดหยาบ} / \text{น้ำหนักของพืช}) \times 100$$

นำสารสกัดที่ได้บรรจุในขวดสีชาที่ปราศจากเชื้อ และเอาน้ำออกด้วยโซเดียมซัลเฟตแอนไฮดัส (Anhydrous sodium sulfate) จากนั้นนำไปเก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อนำไปใช้ในการทดสอบฤทธิ์ต่อไป

2. การเตรียมสารแขวนลอยสปอร์รา *A. niger*

ทำการเพาะเลี้ยงเชื้อราบนอาหาร Potato dextrose agar (PDA) (Difco Laboratories, Detroit, Mich.) และนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 26 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง จากนั้นเตรียมสารแขวนลอยสปอร์ (Spore suspension) โดยเก็บสปอร์เชื้อราบนอาหาร PDA มาผสมใน Triton X-100 ความเข้มข้นร้อยละ 0.05 โดยปริมาตรต่อปริมาตร ซึ่งมีสปอร์ประมาณ 5 × 104 สปอร์ต่อมิลลิลิตรและใช้สารแขวนลอยสปอร์ 10 ไมโครลิตรเป็นเชื้อเริ่มต้นในการเพาะเชื้อ (Lavermicocca et al. 2003)

3. ทดสอบประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *A. niger*

การทดสอบประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อราด้วยวิธี Agar dilution technique เพื่อหาค่า เปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญของเส้นใย (Percentage of mycelial inhibition) และ ความเข้มข้นต่ำสุด (MFC) ใช้วิธีการดัดแปลงของ Liang et al. (2025) โดยสารเคมี 2 ชนิด คือ โซเดียมเบนโซเอต และแมกนีเซียมออกไซด์ ที่เตรียมสารละลายใหม่ และผ่านการฆ่าเชื้อแล้วโดยการกรองผ่าน Syringe filter ที่มีรูพรุนขนาด 0.45 ไมโครเมตร (Merck, Millipore SLCR033NS) จะถูกผสมกับอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA ที่ผ่านการฆ่าเชื้อ เพื่อให้ได้ความเข้มข้นสุดท้าย คือ 8, 16, 32 และ 64 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร

สำหรับน้ำมันหอมระเหยอบเชย และน้ำมันหอมระเหยเนียมหูเสือถูกผสมลงในอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA ที่ผ่านการฆ่าเชื้อ ให้ได้ความเข้มข้นสุดท้าย คือ 0.2 0.4 และ 0.8 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร จากนั้นเทลงในจานเพาะเชื้อที่ผ่านการฆ่าเชื้อ (เส้นผ่านศูนย์กลาง 90 มิลลิเมตร) และผสมให้อาหารและสารเข้ากัน จากนั้นตัดเชื้อราบริเวณขอบของเชื้อที่เพาะเลี้ยงไว้ 4 วัน ขนาด 6 มิลลิเมตร ด้วย Cork Borer มาเพาะลงตรงกลางจานเพาะเชื้อ และบ่มที่อุณหภูมิ 26 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 วัน บันทึกการเจริญในแนวรัศมีของเชื้อทดสอบแต่ละชนิดสารจำนวน 3 ซ้ำ เป็นเวลา 4 วัน จานเพาะเชื้อที่ไม่มีสารใช้เป็นตัวควบคุมเชิงลบ คำนวณเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญของเส้นใยดังนี้:

$$\text{Percentage of mycelial inhibition} = [(C - T) / C] \times 100$$

โดยที่ C คือ เส้นผ่านศูนย์กลางการเจริญของเส้นใยรา (มิลลิเมตร) ในกลุ่มควบคุม
T คือ เส้นผ่านศูนย์กลางการเจริญของเส้นใยรา (มิลลิเมตร) ในกลุ่มทดสอบ
อ่านค่า MFC จากความเข้มข้นต่ำสุดของสารทดสอบที่ไม่พบการเจริญของเส้นใยรา

4. การทดสอบฤทธิ์ต้านเชื้อรา *A. niger* บนเส้นใยกล้วย

การทดสอบฤทธิ์ต้านเชื้อราบนเส้นใยกล้วยใช้วิธีการดัดแปลงของ ตามวิธีของ Rakotonirainy et al. (2008) และ Castillo et al. (2019) ตัวอย่างเส้นใยกล้วย จากศูนย์การเรียนรู้ เกษตรปลอดภัยและนันทนาการ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต จ.ปราจีนบุรี ถูกตัดให้มีขนาด 5 X 1 เซนติเมตร นำไปทำให้ปราศจากเชื้อด้วยวิธี Autoclave และทิ้งให้แห้งแล้ว นำมาวางลงในจานเพาะเชื้อ และชุบด้วยสารละลายทดสอบที่คัดเลือกได้ และความเข้มข้นตามค่า MFC ปริมาตร 2 มิลลิลิตร และปล่อยให้แห้งที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลาประมาณ 30 นาที และทำซ้ำขั้นตอนการชุบสารทดสอบเพื่อให้แน่ใจว่ามีการเคลือบที่สม่ำเสมอ เมื่อเส้นใยกล้วยแห้งสนิทแล้ว หยดสารแขวนลอยเชื้อราปริมาตร 500 ไมโครลิตร (10^3 สปอร์ต่อมิลลิลิตร) จะถูกเติมลงบนเส้นใยกล้วยที่เคลือบแล้ว และบนเส้นใยกล้วยที่ไม่มีสารทดสอบเป็นชุดควบคุมเชิงลบ จากนั้นจึงเติมอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA ลงในจานเพาะเชื้อที่มีเส้นใยกล้วยที่เคลือบแล้ว นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 26 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 วัน ยืนยันผลด้วยการสังเกตุโคโลนีที่เจริญบนอาหารในจานเพาะเชื้อ เปรียบเทียบเส้นใยกล้วยที่ไม่ได้รับการชุบสารต้านเชื้อรากับเส้นใยกล้วยที่ผ่านการชุบสารต้านเชื้อรา ระดับการเจริญแบ่งออกเป็นระดับความเข้มข้นการเจริญขอตั้งแต่ 0 ถึง 4 ระดับของระดับการเจริญที่แตกต่างกัน ที่สังเกตด้วยตาเปล่าโดยตรงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ระดับคะแนนความเข้มข้นการเจริญของเชื้อรา *A. niger* ตั้งแต่ 0 ถึง 4

คะแนน	ระดับความเข้มข้น
0	ไม่มีการเจริญ
1	การเจริญของเส้นใยเชื้ออ่อนขาว 1-5 โคโลนี โดยไม่มีการสร้างสปอร์
2	การเจริญของเส้นใยเชื้อรา 6-10 โคโลนี โดยมีการสร้างสปอร์แบบเบาบาง
3	การเจริญของเส้นใยเชื้อรา 11-20 โคโลนี มีการสร้างสปอร์ที่ดี
4	การเจริญของเส้นใยเชื้อรามากว่า 20 โคโลนี การสร้างสปอร์สูง

5. การยับยั้งการแทงเข้าเส้นใยกล้วยของเชื้อรา (Inhibition of fungal adhesion)

การทดสอบการยับยั้งการแทงเข้าเส้นใยกล้วยของเชื้อรา ใช้วิธีการดัดแปลงของ Castillo et al. (2019) โดยนำตัวอย่างเส้นใยกล้วยที่เคลือบสารทดสอบแล้ว จะถูกนำไปบ่มในอาหารเลี้ยงเชื้อ PDB ปริมาตร 20 มิลลิลิตร ที่มีเชื้อ *A. niger* ปริมาตร 1 มิลลิลิตร (103 สปอร์ต่อมิลลิลิตร) การชุบเส้นใยกล้วยจะทำโดยตัดเส้นใยกล้วยยาว 5 X 1 เซนติเมตรด้วยสารละลายทดสอบที่คัดเลือกได้ และ ความเข้มข้นตามค่า MFC ปริมาตร 2 มิลลิตร และปล่อยให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง และทำซ้ำขั้นตอนการชุบสารทดสอบเพื่อให้แน่ใจว่ามีการเคลือบที่สม่ำเสมอ จำนวน 3 ชิ้น ตัวอย่างควบคุมการเจริญเชิงลบที่ไม่มีสารทดสอบเคลือบเส้นใยกล้วย ตัวอย่างถูกนำบ่มเป็นเวลา 4 วัน ในเครื่องเขย่าที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส หลังจากบ่มเพาะแล้ว นำตัวอย่างเส้นใยกล้วยมาล้างด้วยน้ำกลั่นที่ปราศจากเชื้อ และอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส จนกระทั่งน้ำหนักคงที่

ผลการวิจัย

1. ผลผลิตของสารสกัดน้ำมันหอมระเหยเนียมหูเสือ

ใบเนียมหูเสือ *Coleus amboinicus* Lour. นำมาสกัดน้ำมันหอมระเหย ด้วยการต้มกลั่น (Hydro distillation) ให้ค่า Yield เท่ากับ 0.06 ± 0.023 ดังตารางที่ 2 น้ำมันหอมระเหยใบเนียมหูเสือ *Coleus amboinicus* Lour. จะมีสีเหลืองทองและมีกลิ่นเฉพาะตัว

ตารางที่ 2 ผลผลิตของสารสกัดพืชที่ใช้เป็นอาหาร

Essential oil	Yield (%)
ใบเนียมหูเสือ (Leaf of *Coleus amboinicus* Lour.)	0.06 ± 0.023

2. ประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเส้นใยรา

การทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้งการเจริญของเส้นใยรา *A. niger* ด้วยวิธี Agar dilution technique ของตัวอย่างสารทดสอบ 4 ชนิด คือ โซเดียมเบนโซเอต แมกนีเซียมออกไซด์ น้ำมันหอมระเหยอบเชย และน้ำมันหอมระเหยเนียมหูเสือ พบว่า น้ำมันหอมระเหยเนียมหูเสือให้หาค่าเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญของเส้นใยราดีที่สุด รองลงมา คือ โซเดียมเบนโซเอต แมกนีเซียมออกไซด์ และ น้ำมันหอมระเหยอบเชย (ตารางที่ 3 และ 4) สารทดสอบที่ให้ค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่ไม่พบการเจริญของเส้นใยรา (MFC) คือ น้ำมันหอมระเหยเนียมหูเสือ ให้ค่าเท่ากับ 0.4 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 3 ประสิทธิภาพสารทดสอบน้ำมันหอมระเหยต่อการยับยั้งการเจริญของเส้นใยรา *A. niger*

น้ำมันหอมระเหย	การยับยั้งการเจริญของเส้นใยรา (%)		
	0.2 (mg/mL)	0.4 (mg/mL)	0.8 (mg/mL)
น้ำมันหอมระเหยอบเชย	2.33 ± 2.52	9.11 ± 0.84	23.67 ± 1.53
น้ำมันหอมระเหยเนียมหูเสือ	67.22± 2.53	100.00 ± 0.00	100.00 ± 0.00

ตารางที่ 4 ประสิทธิภาพสารเคมีทดสอบต่อการยับยั้งการเจริญของเส้นใยรา *A.niger*

สารเคมีทดสอบ	การยับยั้งการเจริญของเส้นใยรา (%)		
	16 (mg/mL)	32 (mg/mL)	64 (mg/mL)
Magnesium oxide	64 ± 3.60	71.78 ± 1.68	77.89 ± 2.01
Sodium benzoate	50.00± 2.00	52.67 ± 2.52	60 ± 2.00

ตารางที่ 5 ความเข้มข้นของสารทดสอบต่ำที่สุดต่อการยับยั้งการเจริญของเส้นใยรา *A. niger* (MFC)

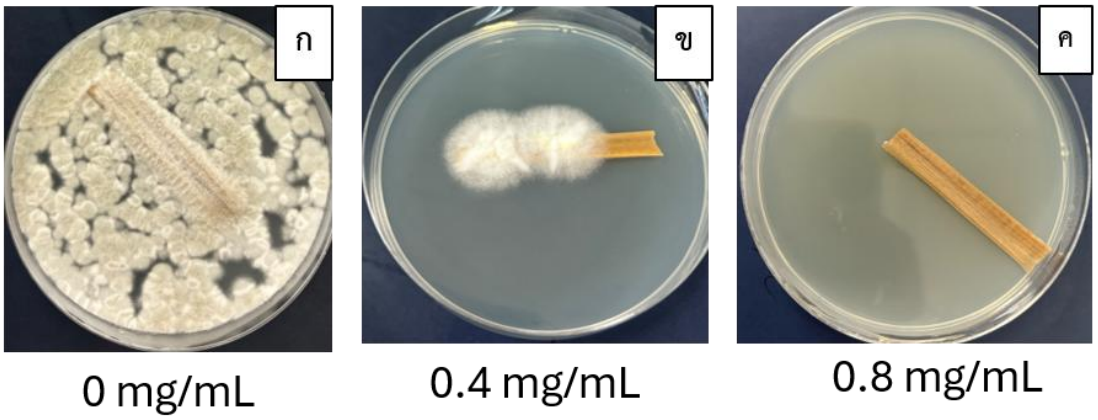
ชนิดสารทดสอบ	ค่า MFC (mg/mL)
น้ำมันหอมระเหยอบเชย	> 0.8
น้ำมันหอมระเหยเนียมหูเสือ	0.4
Magnesium oxide	> 64
Sodium benzoate	> 64

3. ฤทธิ์ต้านเชื้อราบนเส้นใยกล้วย

จากการนำน้ำมันหอมระเหยเนียมหูเสือ ที่ค่า MFC (0.4 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร) และมากกว่าค่า MFC (0.8 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร) มาทดสอบฤทธิ์ต้านเชื้อรา *A. niger* บนเส้นใยกล้วย พบว่า ค่าความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยเนียมหูเสือ 0.8 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ยับยั้งได้ดีที่สุด รองลงมาคือ 0.4 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ให้ระดับคะแนนการเจริญของเชื้อราบนเส้นใยกล้วย เท่ากับ 1 และ 0 คะแนน ตามลำดับ (ตารางที่ 6 และรูปที่ 1)

ตารางที่ 6 ฤทธิ์ต้านเชื้อรา *A. niger* บนเส้นใยกล้วยของน้ำมันหอมระเหยเนียมหูเสือ

ชนิดสารทดสอบ	ระดับคะแนนการเจริญของเชื้อราบนเส้นใยกล้วย		
	0 mg/mL	0.4 mg/mL	0.8mg/mL
น้ำมันหอมระเหยเนียมหูเสือ	4	1	0



รูปที่ 1 การเจริญของเชื้อรา *A. niger* บนเส้นใยกล้วยที่ชุบด้วยน้ำมันหอมละเหยเนียมหูเสือความเข้มข้น 0.0 0.4 และ 0 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร บ่มที่อุณหภูมิ 26 องศาเซลเซียส เป็นเวลา4 วัน บนอาหารเลี้ยงเชื้อPDA มีการเจริญของเส้นใยเชื้อรามากว่า 20 โคโลนี การสร้างสปอร์สูง ระดับคะแนน 4 คะแนน (ก) การเจริญของเส้นใยเชื้ออ่อนขาว 1-5 โคโลนี โดยไม่มีการสร้างสปอร์ ระดับคะแนน 1 คะแนน (ข) ไม่มีการเจริญของเชื้อรา ระดับคะแนน 0 คะแนน (ค)

4. การยับยั้งการแทงเข้าเส้นใยกล้วยของเชื้อรา

การยึดเกาะของเซลล์เชื้อรากับเส้นใยกล้วยจะขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยเนียมหูเสือ ได้รับการประเมินโดยการบ่มตัวอย่างเส้นใยกล้วยที่ชุบด้วยน้ำมันหอมระเหยเนียมหูเสือที่ความเข้มข้นต่างๆ ของค่า MFC เท่ากับ 0.4 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร และมากกว่าค่า MFC เท่ากับ 0.8 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ต่อการยับยั้งการแทงเข้าเส้นใยกล้วยของเชื้อรา *A. niger* โดยการชั่งน้ำหนักเส้นใยกล้วยหลังจากบ่มกับเชื้อราแล้ว การกำหนดการยึดเกาะของเชื้อรากับเส้นใยกล้วย และการเจริญในภายหลังได้โดยการเปรียบเทียบน้ำหนักแห้งของเส้นใยกล้วยควบคุมเชิงลบ (บ่มโดยไม่มีน้ำมันหอมระเหยเนียมหูเสือ) กับน้ำหนักแห้งของเส้นใยกล้วย ที่มีน้ำมันหอมระเหยเนียมหูเสือ พบว่า น้ำมันหอมระเหยเนียมหูเสือสามารถยับยั้งการเกาะติดและการเจริญเชื้อรา *A. niger* ที่ความเข้มข้น MFC (0.4 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร) เชื้อราสามารถเจริญบนเส้นใยกล้วยได้ครึ่งหนึ่งของการเจริญชุดควบคุม แต่ที่ความเข้มข้นมากกว่า MFC (0.8 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร) การเกาะติดและการเจริญของเชื้อราจะลดลงอย่างมากได้อย่างมาก ดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ฤทธิ์ยับยั้งการแทงเข้าเส้นใยกล้วยของเชื้อรา *A. niger* ของน้ำมันหอมระเหยเนียมหูเสือ

ชนิดสารทดสอบ	น้ำหนักแห้งของเส้นใยกล้วยและเส้นใยราที่แทงเข้าเส้นใยกล้วย (mg)		
	0 mg/mL	0.4 mg/mL	0.8 mg/mL
น้ำมันหอมระเหยเนียมหูเสือ	0.087 ± 0.002	0.045 ± 0.011	0.020 ± 0.090

การอภิปรายผล

จากพืชเนียมหูเสือที่นำมาสกัด ได้ผลผลิตน้ำมันหอมระเหยเนียมหูเสือ เท่ากับร้อยละ0.06 ± 0.023 มีลักษณะสีเหลืองอ่อน เหนียว มีกลิ่นหอมเด่นชัด ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Kanhachan et.,al (2026) ที่ให้ปริมาณน้ำมันจากการสกัดเท่ากับร้อยละ 0.05 ± 0.003 (น้ำมันหอมระเหยเนียมหูเสือ *Coleus amboinicus* Lour.) จากจังหวัดนครนายก (หมายเลขหอพรรณไม้ A 17847 BCU)) โดยนำมาสลัดจึงได้น้ำมันหอมระเหยเนียมหูเสือที่มีลักษณะสีเหลืองอ่อน หนืด มีกลิ่นเข้มข้น ลักษณะน้ำมันหอมระเหยใบเนียมหูเสือ *Coleus amboinicus* Lour. จะสอดคล้องกับรายงานของ Mangathayaru et al. (2005) ที่รายงานว่า น้ำมันหอมระเหยใบสดเนียมหูเสือที่กลั่นด้วยไอน้ำเป็นเวลา 3 ชั่วโมง ให้น้ำมันระเหย 0.24% ซึ่งมีลักษณะ ความหนืด สีเหลืองทอง กลิ่นไทมอลอันน่ารื่นรมย์ และรสชาติฉุนรุนแรง โดยละลายได้ดีในเอทานอล และไดเอทิลอีเทอร์ (Diethyl ether) เข้มข้นร้อนละ80 ผลการศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่า ผลผลิตน้ำมันหอมระเหยจากใบเนียมหูเสือ *Coleus aromaticus* Lour. (อยู่ที่ ร้อยละ 0.05±0.003) ซึ่งสอดคล้องกับผลผลิตน้ำมันหอมระเหยเนียมหูเสือ *Coleus amboinicus* Lour. จากอินเดีย (ร้อยละ0.04 ถึง 0.077) (Baslas & Kumar, 1981) และเวเนซุเอลา (ร้อยละ0.05) (Velasco et al., 2009) ผลลัพธ์ที่ต่างกันขึ้นอยู่กับปัจจัยในแต่ละภูมิภาค

น้ำมันหอมระเหยเนียมหูเสือสามารถยับยั้งได้ร้อยละ 100 ที่ความเข้มข้น 0.8 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร มีความสามารถในการออกฤทธิ์ต้านรา *A. niger* ได้ ในขณะที่รายงานของ Sivaranjani et al. (2019) ต้องใช้ความเข้มข้นสูงถึง 50-100 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร จึงจะสามารถยับยั้ง *A. niger* ได้ โดยกลไกของน้ำมันหอมระเหยจากใบหูเสือออกฤทธิ์จะรบกวนการซึมผ่านของเยื่อหุ้มเซลล์ ส่งผลให้เกิดการรั่วไหลของสารภายในเซลล์ จากการศึกษากลไกของการฆ่าเชื้อของทั้ง Carvacrol และ Thymol พบว่า สารทั้ง 2 ชนิด จะทำให้เกิดการยับยั้งการสังเคราะห์ทางชีวภาพ Ergosterol ที่เยื่อหุ้มเซลล์รา และการสร้างเยื่อหุ้มเซลล์ ทำให้เกิดความเสียหายกับเยื่อหุ้มเซลล์ของเชื้อรา และแบคทีเรียในช่วงเวลาสั้น ๆ (Ahmad et al., 2011)

น้ำมันหอมระเหยอบเชยที่ความเข้มข้น 0.8 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ซึ่งยับยั้งการเจริญของเส้นใยรา *A. niger* ได้ร้อยละ 23.67 ± 1.53 หากต้องการประสิทธิภาพในการยับยั้งที่สูงขึ้นต้องใช้ความเข้มข้น 2.74 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร จะยับยั้งได้ร้อยละ 80.94 ดังรายงานของ Koka et al. (2019) มีกลไกยับยั้งโดยการทำให้เซลล์เกิดการรั่วไหลผนังเซลล์ถูกทำลายฉีกขาด เพิ่มความเสียหายจากการเกิดปฏิกิริยา Oxidation นอกจากนี้มีการควบคุมการแสดงออกของยีนที่เกี่ยวข้องกับการสร้างสปอร์ การสังเคราะห์ Ergosterol การความเครียดออกซิเดชัน (Oxidative stress) และกระบวนการสร้างพลังงาน (Liang et al., 2025)

แมกนีเซียมออกไซด์ที่ความเข้มข้น 64 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ซึ่งยับยั้งได้การเจริญของเส้นใยรา *A. niger* ได้ร้อยละ 77.89 ± 2.01 หากต้องการประสิทธิภาพในการยับยั้งที่สูงขึ้นต้องใช้ความเข้มข้น 0.5 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร จะยับยั้งได้สูงถึงร้อยละ 87.33 และ 22.84 ดังรายงานของ Koka et al. (2019) และแมกนีเซียมออกไซด์มีการเกิดอนุมูลออกซิเจนกระตุ้นปฏิกิริยา (Reactive Oxygen Species, ROS) และการมีปฏิสัมพันธ์ที่ไม่ใช่ ROS กับผนังเซลล์ (Cell wall) หรือ เยื่อหุ้มเซลล์ของแบคทีเรีย (Cell membrane) รวมถึงผลด่าง (Alkaline effect) เนื่องจากการเพิ่มค่า pH ที่เกิดขึ้นจาก แมกนีเซียมออกไซด์ (He et al., 2016; Tang & Lv, 2014) ยังสร้างเอนไซม์เซลลูเลส (Cellulase) ที่สามารถย่อยเส้นใยเซลลูโลสให้กลายเป็นกลูโคส (de Vries & Visser, 2001)

โซเดียมเบนโซเอตมีค่าความเข้มข้นของสารทดสอบต่ำที่สุดต่อการยับยั้งการเจริญของเส้นใยรา *A. niger* มากกว่า 64 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ในขณะที่รายงานของ Yu et al. (2025) มีค่าความเข้มข้นของสารทดสอบต่ำที่สุดต่อการยับยั้งการเจริญของเส้นใยรา *A. flavus* เท่ากับ 64 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร โซเดียมเบนโซเอตจะสามารถไปเพิ่มค่า pH ของตัวกลางที่

จุลินทรีย์เจริญทำให้เอนไซม์ภายนอกเซลล์ไม่ทำงาน จึงทำให้เซลล์หยุดการเจริญ ซึ่งจะส่งผลต่อการสร้างสปอของเชื้อรา ส่งผลกระทบส่วนใหญ่เกิดจากโซเดียมไอออน โครงสร้างเซลล์และกลไกการตอบสนองต่อความเครียดของ *A. flavus* มีผลต้านเชื้อรา Ergosterol ซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญของเยื่อหุ้มเซลล์ของเชื้อรา ควบคุมความลื่นไหลของเยื่อหุ้มเซลล์ และลิพิดทั้งหมดและเทรฮาโลสมีความสำคัญต่อการรักษาเสถียรภาพของเยื่อหุ้มเซลล์ (Kosar et al., 2019)

บทสรุป

การศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าสารต้านเชื้อราทางเคมีและสารสกัดจากธรรมชาติ สามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *A. niger* โดยเฉพาะน้ำมันหอมระเหยเนียมหูเสือซึ่งเป็นสารสกัดธรรมชาติไม่ส่งผลกระทบต่อผู้ปฏิบัติงานโดยตรงและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ที่ให้ประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อราได้มากที่สุด ที่ค่า MFC 0.4 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ได้ดีกว่าการใช้ แมกนีเซียมออไซด์ ที่ค่า MFC มากกว่า 64 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร และ น้ำมันหอมละเหยอบเชย MFC มากกว่า 0.8 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร และโซเดียมเบนโซเอต MFC มากกว่า 64 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร นอกจากนี้ ได้มีการทดสอบการทดสอบฤทธิ์ต้านเชื้อราบนเส้นใยกล้วยเพื่อยืนยันประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อรา โดยพบว่า น้ำมันหอมละเหยเนียมหูเสือที่ความเข้มข้นที่ 0.8 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ไม่มีการเจริญของเชื้อรา ระดับคะแนน 0 คะแนน มีน้ำหนักแห้งของเส้นใยกล้วยและเส้นใยราที่แทงเข้าเส้นใยกล้วยน้อยที่สุด (0.020±0.090) ผลการวิจัยสะท้อนให้เห็นถึงศักยภาพของการใช้สารสกัดธรรมชาติจากเนียมหูเสือในการต้านเชื้อราเพื่อเพิ่มความปลอดภัยและยืดอายุการใช้งานของวัสดุจากเส้นใยธรรมชาติ อีกทั้งยังเป็นแนวทางในการพัฒนาวัสดุชีวภาพที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในงานด้านสิ่งทอ บรรจุภัณฑ์ และผลิตภัณฑ์จากเส้นใยธรรมชาติในอนาคตได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอบคุณทุนวิจัย อพ.สธ. ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2569 ที่ให้งบประมาณในการทำวิจัย และขอบคุณ ศูนย์การเรียนรู้ เกษตรปลอดภัยและนันทนาการ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต จ.ปราจีนบุรี ที่ให้การสนับสนุนเส้นใยกล้วย

เอกสารอ้างอิง

Ahmad, S.M., Ibrahim, F.M., Hasan, A.A., Mikhlif, H.M., Jwad, R.S., Alhuwaymil, Z., Alshareef, S. A., Alyami, M.S.S., Al-Mashhadani, M.H. & Koommanaboyina, S. (2024). Fluorescent properties of chitosan-stabilized bisdemethoxycurcumin-silver nanoparticles: Synthesis and characterization. Results in Chemistry. 10, 101719. DOI: 10.1016/j.rechem.2024.101719

Baslas, R.K. & Kumar, P. (1981). Chemical examination of essential oil of Coleus aromaticus Benth. Journal of the Indian Chemical Society. 58, 103–104.

Caneva, G., Nugari, M.P. & Salvadori, O. (2019). Biology in the conservation of works of art, Via di San Michele 13, Rome, Italy. 182 p.

Castillo, I.F., Guillén, E.G., Fuente, J.M.I. Silva, F. & Mitchel, S.G. (2019). Preventing fungal growth on heritage paper with antifungal and cellulase inhibiting magnesium oxide nanoparticles Journal of Materials Chemistry B. 7(41). DOI:10.1039/C9TB00992

De Vries, R. P. & Visser, J. (2001) Aspergillus enzymes involved in degradation of plant cell wall polysaccharides. Microbiology and Molecular Biology Reviews, 65(4), 497–522. DOI: 10.1128/MMBR.65.4.497-522.2001

Erny, S.M.N., Razali, M., Mirfat, A.H.S. & Mohd, S.M.A. (2014). Antimicrobial activity and bioactive evaluation of Plectranthus amboinicus essential oil. American Journal of Research Communication. 2(12), 121-127..

He, Y.; Ingudam, S.; Reed, S.; Gehring, A.; Strobaugh, T. P.; Irwin, P. (2016) Study on the Mechanism of Antibacterial Action of Magnesium Oxide Nanoparticles against Foodborne Pathogens. Journal of Nanobiotechnology, 14, 54. DOI: 10.1186/s12951-016-0202-0

Heydaryinia, A., Veissi, M. & Sadadi, A. (2011). A comparative study of the effects of the two preservatives, sodium benzoate and potassium on Aspergillus niger and Penicillium notatum. United States Environmental Protection Agency. 4(4), 301-307.

Jørgensen, T.R., Park, J., Arentshorst, M., van Welzen, A.M., Lamers, G., Damveld, R.A., van den Hondel, C.A.M., Nielsen, K.F., Frisvad, J.C. & Ram, A.F.J. (2011). The molecular and genetic basis of conidial pigmentation in Aspergillus niger. Fungal Genetics and Biology. 48, 544–553. DOI: 10.1016/j.fgb.2011.01.005

Karuppuchamy, A., Ramya, K. & Siva, R. (2024). Novel banana core stem fiber from agricultural biomass for lightweight textile applications. Industrial crops and products. 209, 117985. DOI: 10.1016/j.indcrop.2023.117985

Kosar, F, Akram, NA, Sadiq, M, Al-Qurainy, F, and Ashraf, M. Trehalose: a key organic osmolyte effectively involved in plant abiotic stress tolerance. J Plant Growth Regul. (2019) 38:606–18. doi: 10.1007/s00344-018-9876-x

Koka, J.A., Wani, A.H. & Bhatet, M.Y. (2019). Evaluation of antifungal activity of magnesium oxide (MgO) and iron oxide (FeO) nanoparticles on rot causing fungi. Journal of Drug Delivery and Therapeutics. 9(2-s), 173-178. DOI: 10.22270/jddt.v9i2-s.2479

Kunhachan, P.; Sirithana, W.; Lertru, S.; Kamchuen, P.; Pangjai, D.; Trakunjae, C.; Akkapaiboon Okada, P.; Ruchusatsawat, K.; Samaimai, S. (2026). Chemical Composition, Antioxidant, Cytotoxic and Anti-Inflammatory Activities of Coleus amboinicus Lour. Essential Oil against Antibiotic-Resistant Helicobacter pylori. Trends Sci, 23 (1), 11382.doi.10.48048/tis.2026.11382.

Lavermicocca, P., Francesca, V., & Visconti, A. (2003). Antifungal activity of phenyllactic acid against molds isolated from bakery products. Applied and Environmental Microbiology. 69(1), 634–640. DOI: 10.1128/AEM.69.1.634–640.2003

Liang, H., Lv, F., Xian, M., Luo, C., Zhang, L., Yang, M., Li, Q. & Zhao, X. (2025). Inhibition mechanism of Cinnamomum burmannii leaf essential oil against Aspergillus flavus and aflatoxins. Foods. 14(682), 2-20. DIO: 10.3390/foods14040682

Majee, C., Das, G.K., Mazumder, R. & Chakraborthy, G.S. (2013). Evaluation of analgesic and antimicrobial potential of hydroalcoholic extract of leaves of Coleus aromaticus in albino mice. The Journal of Phytopharmacology. 2(3), 18–25. DOI: 10.31254/phyto.2013.21304

Melo, R.S., Azevedo, A.M.A., Pereira, A.M.G., Rocha, R.R., Cavalcante, R.M.B., Matos, M.N.C., Lopes, P.H.R., Gomes, G.A., Rodrigues, T.H.S., dos Santos, H.S., Ponte, I.L., Costa, R.A., Brito, G.S., Júnior, F.E.A.C. & Carneiro, V.A. (2019). Chemical composition and antimicrobial effectiveness of Ocimum gratissimum L. essential oil against multidrug-resistant Isolates of Staphylococcus aureus and Escherichia coli. Molecules. 24, 3864; DOI: 10.3390/molecules24213864

Nittérus, M. (2000). Fungi in archives and libraries. A literary survey. Restaurator. 21, 25–40.

Rakotonirainy, M.S., Dupont, A.-L., Lavedrine, B., Ipert, S. & Cheradame, H. (2008). Mass deacidification of papers and books: V. Fungistatic properties of papers treated with aminoalkylalkoxysilanes. Journal of Cultural Heritage. 9, 54-59. DIO: 10.1016/j.culher.2007.12.002

Rakotonirainy, M.S., Fohrer, F., & Flieder, F. (1999). Research on fungicides for aerial disinfection by thermal fogging in libraries and archives. International Biodeterioration & Biodegradation. 44, 133-139.

Rakotonirainy, M.S. & Lavédrine, B. (2005). Screening for antifungal activity of essential oils and related compounds to control the biocontamination in libraries and archives storage areas. International Biodeterioration & Biodegradation. 55, 141–147.

Silva-Beltran, N.P., Boone, S.A., Lehman, J.Q., Clark, J.T., Betts-Childress, N.D., Gerba, C.P., Ijaz, M.K., McKinney, J. & Bright, K.R. (2025). Virucidal efficacy of organic acids and plant essential oils. Food Environment Virology. 17(3), 47. DOI: 10.1007/s12560-025-09660-4

Sivaranjani, D., Saranraj, P., Manigandan, M. & Amala, K. (2019). Antimicrobial activity of Plectranthus amboinicus solvent extracts against human pathogenic bacteria and fungi. Journal of Drug Delivery and Therapeutics. 9(3), 36-39. DOI: 10.22270/jddt.v9i3.2604

Sterflinger, K. (2010). Fungi: their role in deterioration of cultural heritage. Fungal Biology Reviews. 24, 47–55.

Tang, Z.-X.; Lv, B.-F. (2014) MgO Nanoparticles as Antibacterial Agent: Preparation and Activity. Brazilian Journal of Chemical Engineering, 31(3), 591–601. DOI: 10.1590/0104-6632.20140313s00002813

Velasco, J., Rojas, L.B., Diaz, T. & Usubillaga, A. (2009). Chemical composition and antibacterial activity of the essential oil of Coleus amboinicus Lour., against enteric pathogens. Journal Essent Oil Bearing Plants. 12(4), 453–461. DOI: 10.1080/0972060X.2012.10644033

Vries, R.P. & Visser, J. (2001). Aspergillus enzymes involved in degradation of plant cell wall polysaccharides. Microbiology and Molecular Biology Reviews. 65(1), 497-522. DOI: 10.1128/MMBR.65.4.497–522.2001

Yu, Y., Li, F., Cheng, Z., Li, M., Xu, Z., Sun, L., Zang, C., Li, X. & Yang, K. (2025). Synergistic inhibition of Aspergillus flavus by organic acid salts: growth, oxidative stress, and aflatoxin gene modulation. Frontiers in Veterinary. 12, 1608792. DOI: 10.3389/fvets.2025.1608792

การพัฒนาและประเมินคุณสมบัติของแป้งจากกระจับสำหรับการประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง

Development and Evaluation of *Trapa bispinosa* Roxb. Starch for Cosmetic Applications

ปิยนุช พรมภมร[1*] สุรภา โหมดสุวรรณ[1] จิตรวดี ตั้งหิรัญรัตน์[1] อรพิณ โกมุติบาล[1]
จันทรัสจ์ วุฒิสัตย์วงศ์กุล[1] ขวัญจิต อิสระสุข[2] และกัลยาภรณ์ จันตรี[2]
Piyanuch Prompamorn[1*], Surapa Modesuwan[1], Jittarawadee Tanghiranrat[1], Orapin Komutiban[1], Jantharat Wutisatwongkul[1], Khwunjit Itsarasook[2] and Kanlayaporn Chantree[2]

[1]คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต กรุงเทพ*
[1] Faculty of Science and Technology, Suan Dusit University, Bangkok*
[2]คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง กรุงเทพ
[2] Faculty of Science, Ramkhamhaeng University, Bangkok
[*]Corresponding Author E-mail Address : piyanuch_pro@dusit.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้จึงเป็นการศึกษาการเตรียมแป้งดัดแปรจากกระจับด้วยวิธีการใช้เอนไซม์ การใช้ด่าง และการใช้สารออกซิไดซ์ รวมถึงทำการประเมินคุณสมบัติของแป้งที่เตรียมได้เพื่อนำไปประยุกต์ใช้เป็นวัตถุดิบในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง สำหรับวิธีการเตรียมแป้งด้วยเอนไซม์ทำโดยใช้เอนไซม์แอลฟาอะไมเลสการเตรียมแป้งโดยใช้ด่างทำโดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.5 M ส่วนการเตรียมแป้งโดยใช้สารออกซิไดซ์ทำโดยใช้สารละลายไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ความเข้มข้น 0.5 M ผลที่ได้พบว่าแป้งที่เตรียมได้มีลักษณะเป็นผงละเอียดสีขาว ไม่พบการจับตัวกันเป็นก้อน เมื่อพิจารณาค่าความสว่างของแป้งพบว่าแป้งที่เตรียมด้วยสารออกซิไดซ์มีค่าความสว่างน้อยที่สุด ในขณะที่แป้งที่เตรียมด้วยด่างและเอนไซม์มีค่าความสว่างไม่แตกต่างต่างกัน เมื่อศึกษารูปร่างของแป้งด้วยกล้องจุลทรรศน์และกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนพบว่าเม็ดแป้งมีลักษณะเป็นทรงรี มีพื้นผิวเรียบไม่มีรอยแตก เมื่อศึกษาคุณสมบัติการไหลของแป้งพบว่าแป้งทั้งสามตัวอย่างมีมุมการไหลอยู่ในเกณฑ์ดีถึงดีมาก อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาค่า Carr's index และ Hausner ratio พบว่าการดัดแปรแป้งด้วยด่างให้ค่า Carr's index และ Hausner ratio ต่ำที่สุด ซึ่งจัดอยู่ในเกณฑ์ดี รองลงมาคือการดัดแปรแป้งด้วยสารออกซิไดซ์ซึ่งจัดอยู่ในเกณฑ์พอใช้และการดัดแปรแป้งด้วยเอนไซม์ซึ่งจัดอยู่ในเกณฑ์ไม่ดีตามลำดับ ผลการศึกษาดังกล่าวชี้ให้เห็นว่าการดัดแปรแป้งกระจับด้วยด่างสามารถช่วยปรับปรุงคุณสมบัติการไหลของแป้งได้ และมีศักยภาพในการนำไปประยุกต์ใช้เป็นวัตถุดิบในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง

คำสำคัญ: แป้ง แป้งดัดแปร กระจับ เครื่องสำอาง

Abstract

This study was conducted to prepare modified *Trapa bispinosa* Roxb starch using enzymatic, alkaline, and oxidative modification methods and to evaluate the properties of the obtained starches for potential application as cosmetic ingredients. Enzymatic modification was carried out using α-amylase, while alkaline modification was performed using 0.5 M sodium hydroxide solution. Oxidative modification was conducted using 0.5 M hydrogen peroxide solution. The results showed that all modified starches were obtained as fine white powders without visible agglomeration. The brightness value of the oxidatively modified starch was found to be the lowest, whereas no significant difference in brightness was observed between the alkaline- and enzyme-modified starches. Morphological observation under a light microscope and scanning electron microscope revealed that the starch granules exhibited an oval shape with smooth surfaces and no visible cracks. Evaluation of flow properties demonstrated that all starch samples exhibited good to excellent flowability based on angle of repose values. However, based on Carr’s index and Hausner ratio, the alkaline-modified starch exhibited the lowest values and was classified as having good flow properties. The oxidatively modified starch was classified as fair, whereas the enzyme-modified starch was classified as poor, respectively. These findings suggested that alkaline modification could improve the flow properties of *T. bispinosa* starch and showed potential for its application as a cosmetic ingredient.

Keywords: Starch, Modified starch, *Trapa bispinosa* Roxb, Cosmetics

บทนำ

กระจับมีชื่อวิทยาศาสตร์คือ *Trapa bispinosa* Roxb.. อยู่ในวงศ์ Lytraceae เป็นพืชน้ำล้มลุกที่ปลูกมากในอำเภอศรีประจันต์ จังหวัดสุพรรณบุรี รวมถึงในพื้นที่ภาคกลางของประเทศไทย ส่วนผลมีลักษณะคล้ายเขาสัตว์ มีเปลือกแข็ง เนื้อในเป็นสีขาวเมื่อต้มสุกรับประทานได้ ส่วนเนื้อของกระจับประกอบด้วยแป้งในปริมาณสูงโดยในผลกระจับแห้งมีปริมาณแป้งประมาณร้อยละ 40.89 (Alfasane et al., 2011; Malik et al., 2012)

แป้งเป็นหนึ่งในวัตถุดิบที่มีการใช้อย่างแพร่หลายในการเป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางในแง่ของการเป็นสารเพิ่มความหนืด (thickener) สารก่อเจล (film former) สารปรับเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ (texture modifier) สารเติมเต็มในผลิตภัณฑ์แต่งสี (filler) และสารช่วยเพิ่มความคงตัว (stabilizer) จากคุณสมบัติทางกายภาพและหน้าที่การใช้งานที่หลากหลายของแป้งทำให้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางได้หลากหลายรูปแบบ ยกตัวอย่างเช่น ผลิตภัณฑ์บำรุงผิว ผลิตภัณฑ์สำหรับเส้นผม และผลิตภัณฑ์แต่งสี เป็นต้น (Olivato, 2024; Biyimba et al., 2025) ปัจจุบันแนวโน้มการพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางจากวัตถุดิบธรรมชาติและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมเพิ่มสูงขึ้น ส่งผลให้มีการศึกษาการใช้แป้งที่แหล่งที่มาจากแหล่งพืชเพิ่มมากขึ้นเนื่องจากเป็นวัตถุดิบจากธรรมชาติ มีความปลอดภัย และย่อยสลายได้ทางชีวภาพ ยกตัวอย่างเช่น แป้งจากข้าว (Rice) ข้าวโพด (Corn) มันสำปะหลัง (Tapioca) และ กัวโป (Guapo) อย่างไรก็ตามแป้งธรรมชาติบางชนิดยังมีข้อจำกัดด้านความคงตัวและสมบัติการใช้งานเช่น คุณสมบัติการไหล การกระจายตัวที่ไม่สม่ำเสมอทำให้เกิดการจับตัวเป็นก้อน และการ

ดูดความชื้นสูง (Ashogbon and Akintayo, 2014; Zhu, 2015) ส่งผลให้มีการพัฒนาแป้งดัดแปรเพื่อปรับปรุงสมบัติทางกายภาพและเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้งานในแง่ของการเป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางมากขึ้น

การเตรียมแป้งดัดแปรสามารถทำได้หลากหลายวิธี ยกตัวอย่างเช่น การใช้เอนไซม์ การใช้ด่าง และการใช้สารออกซิไดซ์ ซึ่งแต่ละวิธีสามารถเปลี่ยนแปลงโครงสร้างและสมบัติของแป้งได้แตกต่างกัน โดยการใช้เอนไซม์ในการดัดแปรแป้งจะเป็นการย่อยพันธะไกลโคซิดิก (Glycosidic) ของอะไมโลส (Amylose) และ อะไมโลเพกติน (Amylopectin) ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงขนาดโมเลกุล รูปร่าง และคุณสมบัติทางกายภาพของแป้ง (van der Maarel et al., 2002) สำหรับการใช้ด่างในการดัดแปรแป้งจะส่งผลให้พันธะไฮโดรเจนภายในเม็ดแป้งอ่อนตัว ทำให้เม็ดแป้งพองตัว โครงสร้างผลึกบางส่วนเสียสภาพ และเกิดการจัดเรียงตัวใหม่ของอะไมโลสและอะไมโลเพกติน (Ashogbon and Akintayol, 2014) ส่วนการใช้สารออกซิไดซ์ในการดัดแปรแป้งสารออกซิไดซ์เข้าไปเปลี่ยนหมู่ไฮดรอกซิลภายในโมเลกุลแป้งให้เป็นหมู่คาร์บอนิลและคาร์บอกซิล ส่งผลให้สายโซ่ของอะไมโลสและอะไมโลเพกตินบางส่วนเกิดการแตกตัวและโครงสร้างของแป้งเปลี่ยนแปลงไป (Sangseethong et al., 2010) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเป็นการศึกษาการเตรียมแป้งดัดแปรจากกระจับด้วยวิธีการใช้เอนไซม์ การใช้ด่าง และการใช้สารออกซิไดซ์ เนื่องจากเป็นวิธีที่นิยมใช้ในการปรับปรุงคุณสมสมบัติของแป้งและส่งผลต่อคุณสมบัติของแป้งแตกต่างกันทำให้สามารถเปรียบเทียบคุณสมบัติและความเหมาะสมของแป้งที่ได้เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในอนาคตอย่างเหมาะสม รวมถึงทำการประเมินคุณสมบัติของแป้งที่เตรียมได้ ได้แก่ คุณสมบัติทางกายภาพ สี รูปร่าง และคุณสมบัติการไหล เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในตำรับผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

การเตรียมแป้งดัดแปรจากกระจับ

เตรียมแป้งดัดแปรจากผลกระจับด้วยวิธีที่แตกต่างกัน ได้แก่ การใช้เอนไซม์ การใช้ด่าง และการใช้สารออกซิไดซ์ สำหรับการดัดแปรด้วยเอนไซม์อ้างอิงจากการศึกษาของ สวรรยา ปัญญานันท์, เกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ และกล้าณรงค์ ศรีรอต (2561) โดยใช้แอลฟาอะไมเลส (α-amylase) อัตราส่วนแป้งจากผลกระจับ: น้ำ: แอลฟาอะไมเลสเท่ากับ 1 kg: 5 L: 5 mL สำหรับการเตรียมแป้งดัดแปรด้วยการใช้ด่างดัดแปลงจากการศึกษาของ Tulyathan et al. (2005) โดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.5 M และการใช้สารออกซิไดซ์ โดยใช้สารละลายไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ความเข้มข้น 0.5 M จากนั้นนำแป้งที่ได้ไปปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 3000 × g นาน 5 นาที เทสารละลายส่วนใสทิ้งไป ทำซ้ำจนส่วนสารละลายส่วนใสมีความใส ไม่มีสี และมีค่า pH เป็นกลาง จากนั้นนำตะกอนแป้งที่ได้ไปอบแห้งในตู้อบที่อุณหภูมิ 50°C จนได้แป้งที่แห้ง นำแป้งที่ได้มาบดให้เป็นผงละเอียด และนำไปแร่งผ่านตะแกรงขนาด 100 mesh เพื่อให้ได้แป้งดัดแปรจากกระจับ

การศึกษาคุณสมบัติของแป้ง

ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของแป้งโดยการสังเกต สี ลักษณะปรากฏ ด้วยตาเปล่า วัดค่าสีของแป้งด้วยเครื่องวัดสี (chromameter) รุ่น CR 400 ยี่ห้อ Konika Minolta แสดงผลในรูปแบบ L* a* b* โดย ค่า L* คือค่าความสว่าง มีค่าตั้งแต่ 0 สำหรับสีดำจนถึง 100 สำหรับสีขาว ค่า a* คือค่าความเป็นสีแดงและสีเขียว กรณีค่าเป็นบวกแสดงว่าตัวอย่างมีสีแดง กรณีค่าเป็นลบแสดงว่าตัวอย่างมีสีเขียว และค่า b* คือค่าความเป็นสีเหลืองและน้ำเงิน กรณีค่าเป็นบวกแสดงว่าตัวอย่างมีสีเหลือง กรณีค่าเป็นลบแสดงว่าตัวอย่างมีสีน้ำเงิน จากนั้นศึกษารูปร่างของแป้งที่เตรียมได้ด้วย กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงแบบเชิงประกอบ (Compound light microscope) รุ่น MBL 3200 ยี่ห้อ Kruss ที่กำลังขยาย 40x และกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope with Energy Dispersive X-ray; SEM-EDS) รุ่น JSM-6610 ยี่ห้อ JEOL โดยนำตัวอย่างติดบน

แท่นอะลูมิเนียมด้วยเทปกาวสองหน้าและเคลือบผิวด้วยทองคำก่อนการตรวจวิเคราะห์ บันทึกภาพถ่ายภายใต้ค่าแรงดันไฟฟ้าเร่ง (Accelerating voltage) เท่ากับ 10 kV ที่กำลังขยาย 1000x

การศึกษาคุณสมบัติการไหลของแป้ง

ศึกษาอัตราการไหลของอนุภาคทำได้โดยวัดค่ามุมการไหล (Angle of repose) ด้วยวิธี fixed funnel method โดยดัดแปลงจาก Pathumthanasup et al. (2020) ติดตั้งกรวยแขวนบนขายึดจับปรับระดับความสูงให้ปลายกรวยอยู่สูงห่างจากกระดาษที่วางบนพื้นระดับความสูง 10 cm เทผงแป้งน้ำหนัก 10 g ลงสู่กรวยรอจนผงแป้งไหลผ่านปลายกรวยจนหมด วัดขนาดรัศมี และความสูงของกองผงแป้งที่อยู่บนกระดาษ ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง จากนั้นนำไปคำนวณหาค่ามุมทรงตัวของผงแป้ง ดังสมการ

Angle of Repose (θ) = h/r

โดยที่ h คือ ความสูงของกองผงแป้งบนกระดาษ

r คือ รัศมีของกองผงแป้งบนกระดาษ

ศึกษาค่าอัตราส่วนระหว่างน้ำหนักต่อปริมาตรของผงแป้งที่ยังไม่ผ่านการเคาะหรือทำให้อัดแน่น (Bulk Density; Db) และอัตราส่วนระหว่างน้ำหนักต่อปริมาตรของผงแป้งที่ผ่านการเคาะหรือทำให้อัดแน่นแล้ว (Tapped Density; Dt) ของแป้ง โดยอ้างอิงจาก Olayemi et al. (2008) ชั่งตัวอย่างแป้งปริมาณ 50 g จากนั้นค่อย ๆ เทผงแป้งลงในกระบอกตวงปริมาตร 100 mL อ่านค่าปริมาตรที่วัดได้ จากนั้นนำกระบอกตวงที่มีผงแป้งไปเคาะโดยยกกระบอกตวงขึ้นเหนือพื้นประมาณ 10 cm แล้วปล่อยให้กระบอกตวงตกลงสู่พื้น ทำซ้ำ 30 ครั้ง อ่านค่าปริมาตรที่วัดได้ ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง จากนั้นคำนวนค่า Tapped Density และ Bulk Density ดังสมการ

$$\text{Bulk Density (Db)} = M/Vb$$

$$\text{Tapped Density (Dt)} = M/Vt$$

โดยที่ M คือ น้ำหนักของแป้ง

Vb คือ ปริมาตรของแป้งหลังจากเทใส่กระบอกตวง

Vt คือ ปริมาตรของแป้งหลังเคาะกระบอกตวง

ศึกษาค่า Carr's index และ Hausner ratio ของผงแป้งโดยนำค่า bulk density และ tapped density ที่ได้จากการทดลองก่อนหน้า มา จากสมการ

$$\text{Carr's index} = (Dt-Db)x100 /Dt$$

$$\text{Hausner ratio} = Dt/Db$$

โดยที่ M คือ น้ำหนักของแป้ง

Dt คือ tapped density

Db คือ bulk density

การวิเคราะห์ทางสถิติ

ข้อมูลถูกแสดงในรูปค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation; SD) การวิเคราะห์ทางสถิติของข้อมูลทำโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-way Analysis of Variance; ANOVA) ร่วมกับการทดสอบความแตกต่างรายคู่แบบ Duncan post-hoc test โดยใช้โปรแกรม SPSS และกำหนดนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p < 0.05$

ผลการวิจัย

การศึกษาคุณสมบัติของแป้ง

เมื่อปอกผลกระจับจะเห็นว่าเนื้อด้านในมีสีขาว (รูปที่ 1) แป้งจากกระจับที่เตรียมได้ทั้งการเตรียมด้วยวิธีการใช้เอนไซม์ การใช้ด่าง และการใช้สารออกซิไดซ์ มีลักษณะเป็นผงละเอียดสีขาว ไม่พบการจับตัวกันเป็นก้อนของแป้งและไม่พบสิ่งแปลกปลอมปะปนในแป้ง (รูปที่ 2) เมื่อทำการวัดสีของแป้งด้วยเครื่องวัดสีพบว่าแป้งที่เตรียมด้วยสารออกซิไดซ์มีค่าความสว่างน้อยที่สุด ในขณะที่แป้งที่เตรียมด้วยด่างและเอนไซม์มีค่าความสว่างไม่แตกต่างต่างกัน เมื่อพิจารณาค่า a* หรือค่าความเป็นสีแดงและเขียว พบว่าแป้งที่เตรียมด้วยด่างมีค่า a* เป็นลบในขณะที่แป้งที่เตรียมด้วยเอนไซม์และสารออกซิไดซ์มีค่าเป็นบวก และเมื่อพิจารณาค่า b* หรือค่าความเป็นสีเหลืองและน้ำเงินพบว่าแป้งทั้ง 3 กลุ่มที่เตรียมได้ค่าเป็นบวก (ตารางที่1) และเมื่อทำการตรวจวัดค่า pH ของตัวอย่างพบว่ามีค่าอยู่ระหว่าง 7.0-7.03



รูปที่ 1 เนื้อของกระจับหลังปอกเปลือก



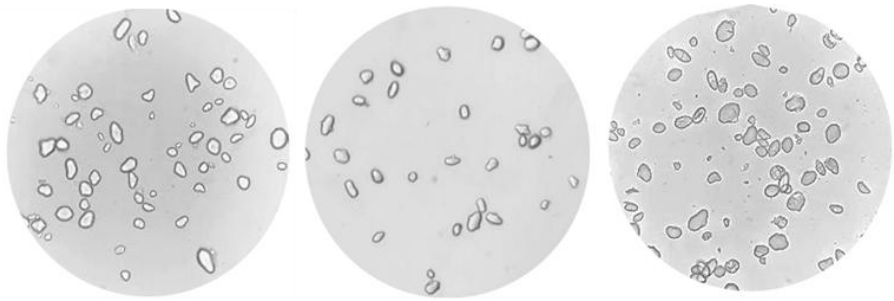
รูปที่ 2 แป้งจากกระจับที่เตรียมด้วยวิธีการใช้เอนไซม์ (ก) การใช้เบส (ข) และการใช้สารออกซิไดซ์ (ค)

ตารางที่ 1 สีของแป้งที่ดัดแปรด้วยวิธีที่แตกต่างกันเมื่อวัดด้วยเครื่องวัดสีและค่า pH เมื่อวัดด้วยเครื่อง pH มิเตอร์

ตัวอย่างแป้ง	สี			ค่า pH
	L*	a*	b*	
ดัดแปรด้วยด่าง	91.04±0.05[a]	-0.11±0.02[a]	4.31±0.02[a]	7.0±0.10[a]
ดัดแปรด้วยสารออกซิไดซ์	88.86±0.10[b]	0.11±0.02[a]	4.66±0.01[b]	7.03±0.12[a]
ดัดแปรด้วยเอนไซม์	91.83±0.02[a]	0.22±0.01[b]	4.34±0.01[a]	7.03±0.06[a]

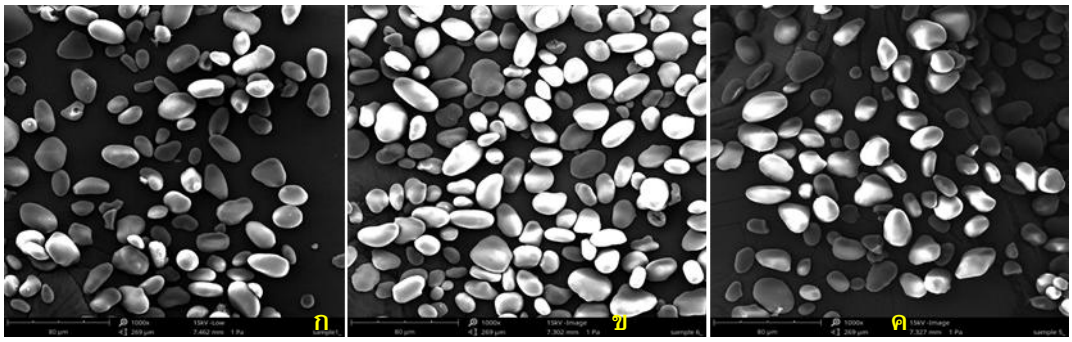
หมายเหตุ : a b หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันตามแนวตั้งที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

เมื่อทำการศึกษารูปร่างของแป้งด้วยกล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 40x และกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนกำลังขยาย 1000x พบว่าเม็ดแป้งมีลักษณะเป็นทรงรี มีพื้นผิวเรียบไม่มีรอยแตกและพบว่าเม็ดแป้งบางเม็ดมีติ่งขนาดเล็กยื่นออกมาจากพื้นผิว (รูปที่ 3 และรูปที่ 4)



ก ข ค

รูปที่ 3 แป้งจากกระจับที่เตรียมด้วยวิธีการใช้เอนไซม์ (ก) การใช้ด่าง (ข) และการใช้สารออกซิไดซ์ (ค) เมื่อส่องดูใต้กล้องจุลทรรศน์



รูปที่ 4 แป้งจากกระจับที่เตรียมด้วยวิธีการใช้เอนไซม์ (ก) การใช้ด่าง (ข) และการใช้สารออกซิไดซ์ (ค) เมื่อส่องดูใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด

การศึกษาสมบัติการไหล

จากการศึกษาสมบัติการไหลของแป้งพบว่าเมื่อพิจารณาค่ามุมการไหล (angle repose) ของแป้งพบว่าค่ามุมการไหลของแป้งที่ดัดแปรด้วยวิธีที่ต่างกันมีค่าแตกต่างกันโดยมีค่าอยู่ระหว่าง 20.73±0.58-29.7±1.10 องศา ซึ่งเมื่อเทียบกับเกณฑ์เภสัชตำรับของสหรัฐอเมริกา (The United States Pharmacopeial Convention, 2009) จัดอยู่ในเกณฑ์ดีถึงดีเยี่ยม เมื่อพิจารณาค่า Carr's index และ Hausner ratio พบว่าการดัดแปรแป้งด้วยด่างให้ค่า Carr's index และ Hausner ratio ต่ำที่สุด ซึ่งจัดอยู่ในเกณฑ์ดี รองลงมาคือการดัดแปรแป้งด้วยสารออกซิไดซ์และเอนไซม์ตามลำดับ ซึ่งจัดอยู่ในเกณฑ์พอใช้ และไม่ดี ตามลำดับ (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 ค่ามุมการไหล (angle repose), Carr's index และ Hausner ratio ของแป้ง

ตัวอย่างแป้ง	พารามิเตอร์		
	angle repose	Carr's index	Hausner ratio
ดัดแปรด้วยด่าง	26.4±1.73° [b]	13.46±1.70[c]	1.16±0.02[c]
ดัดแปรด้วยสารออกซิไดซ์	29.7±1.10° [a]	21.6±1.24[b]	1.27±0.01[b]
ดัดแปรด้วยเอนไซม์	20.73±0.58° [c]	27.23±2.97[a]	1.38±0.06[a]

หมายเหตุ : a b c หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันตามแนวตั้งที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

การอภิปรายผล

แป้งเป็นหนึ่งในสารสำคัญที่ถูกนำมาใช้เป็นส่วนประกอบในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางอย่างกว้างขวาง เนื่องจากมีสมบัติด้านการใช้งานที่หลากหลาย ปัจจุบันมีการศึกษาแหล่งแป้งจากพืชทางเลือกเพิ่มมากขึ้นเพื่อพัฒนาเป็นวัตถุดิบธรรมชาติสำหรับอุตสาหกรรมเครื่องสำอางเนื่องจากมีความปลอดภัย สามารถย่อยสลายได้ทางชีวภาพ และสอดคล้องกับแนวโน้มผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม จากการเตรียมแป้งจากกระจับโดยการดัดแปรด้วยวิธีที่แตกต่างกัน ได้แก่ การใช้เอนไซม์ การใช้ด่างและการใช้สารออกซิไดซ์พบว่าแป้งที่ได้มีสีค่อนข้างสว่าง มีความขาวค่อนข้างสูงซึ่งเป็นคุณสมบัติที่เหมาะสมต่อการประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางเนื่องจากไม่ส่งผลกระทบต่อสีของสูตรตำรับ สามารถนำไปพัฒนาผลิตภัณฑ์ได้หลากหลายโดยไม่กระทบลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์ (Berski et al., 2024; Rohima et al., 2025) แป้งมีการกระจายตัวดีไม่จับตัวเป็นก้อน ไม่มีสิ่งแปลกปลอมเจือปน และมีค่า pH เป็นกลางซึ่งสอดคล้องกับข้อกำหนดของมาตรฐานอุตสาหกรรมเอสแป้งฝุ่นผสมสมุนไพรที่กำหนดว่าค่า pH ของแป้งต้องมีค่าอยู่ระหว่าง 5.0-8.0 (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2562)

เมื่อศึกษาลักษณะของแป้งที่เตรียมได้ภายใต้กล้องจุลทรรศน์และกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่งกราดพบว่ามีรูปร่างเป็นวงรี มีความมน ไม่มีรอยแตก ช่องว่าง หรือรอยยุบตัวที่มองเห็นได้ ซึ่งทำให้เมื่อทาลงบนผิวแล้วจะให้ความรู้สึกนุ่มลื่น เช่นเดียวกับแป้งที่เตรียมได้จากมันสำปะหลังที่มีรูปร่างเป็นทรงกลมเมื่อทาลงบนผิวจะให้สัมผัสที่นุ่มลื่น (Singh et al., 2003) โดยแป้งที่มีแหล่งที่มาจากพืชต่างชนิดกันจะให้เม็ดแป้งที่มีลักษณะรูปร่างและขนาดแตกต่างกันซึ่งจะส่งต่อคุณสมบัติของแป้งที่เตรียมได้

เมื่อศึกษาคุณสมบัติการไหลของแป้งในแง่ของค่ามุมการไหล (angle repose) ของแป้งซึ่งเป็นค่าที่แสดงถึงมุมที่กองวัสดุทำกับพื้นราบซึ่งเป็นมุมชันสูงสุดที่กองวัสดุคงอยู่ได้โดยไม่ไหลพังหรือเคลื่อนที่ลงมา ซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับแรงเสียดทานระหว่างอนุภาคหรือแรงต้านทานต่อการเคลื่อนที่ของอนุภาคผงแป้ง (Zaalouk & Zabady, 2009) จากผลการทดลองพบว่าแป้งที่เตรียมได้โดยการดัดแปรด้วยกรรมวิธีแตกต่างกันพบว่ามีค่าอยู่ระหว่าง 20-29 องศา ซึ่งเมื่อเทียบกับเกณฑ์เภสัชตำรับของสหรัฐอเมริกา (The United States Pharmacopeial Convention, 2009) จัดอยู่ในเกณฑ์ดีถึงดีเยี่ยม โดยเมื่อทำการดัดแปรแป้งด้วยเอนไซม์

จะให้ค่ามุมการไหลน้อยที่สุดรองลงมาคือการใช้ด่างและสารออกซิไดซ์ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่า Carr's index และ Hausner ratio ซึ่งเป็นค่าที่บ่งชี้ถึงการหาความหนาแน่น ขนาด และรูปร่าง พื้นที่ผิว ความชื้น การยึดเกาะกันของผงแป้งในทางอ้อมพบว่าแป้งที่ดัดแปรด้วยด่างจะให้ค่า Carr's index และ Hausner ratio ต่ำที่สุด ซึ่งจัดอยู่ในเกณฑ์ดี รองลงมาคือการดัดแปรแป้งด้วยสารออกซิไดซ์และเอนไซม์ตามลำดับ ซึ่งจัดอยู่ในเกณฑ์พอใช้ และไม่ดี ตามลำดับ โดยการศึกษาคุณสมบัติการไหลของผงแป้งจัดเป็นการศึกษาที่สำคัญเนื่องจากเป็นปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อความสม่ำเสมอผงผงแป้งเมื่อมีการนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง (Monton et al., 2014) อย่างไรก็ตามพบว่าแป้งที่ดัดแปรด้วยเอนไซม์ถึงแม้จะมีค่ามุมการไหลที่เล็กที่สุดและจัดอยู่ในเกณฑ์ดีเยี่ยมแต่กลับมีค่า Carr's index และ Hausner ratio สูงที่สุดซึ่งจัดอยู่ในเกณฑ์ไม่ดี แสดงให้เห็นว่าแป้งดังกล่าวยังมีแนวโน้มเกิดการอัดตัวและการเกาะกลุ่มของอนุภาคได้เมื่อได้รับแรงกระทำ ทั้งนี้เนื่องจากค่า Carr’s index และ Hausner ratio เป็นค่าที่ใช้บ่งชี้ความสามารถในการอัดตัวและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคของผง (Hao, 2015) อย่างไรก็ตามในการนำแป้งจากกระจับที่เตรียมได้ไปประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางจำเป็นต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมในด้านคุณสมบัติทางเคมีกายภาพ และความปลอดภัยของแป้ง เพื่อให้มั่นใจถึงความเหมาะสม เสถียรภาพ และความปลอดภัยต่อการใช้งานในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางต่อไป

บทสรุป

งานวิจัยนี้จึงเป็นการศึกษาการเตรียมแป้งดัดแปรจากกระจับด้วยวิธีการใช้เอนไซม์ การใช้ด่าง และการใช้สารออกซิไดซ์ รวมถึงทำการประเมินคุณสมบัติของแป้งที่เตรียมได้ ผลการศึกษาพบว่าการเตรียมแป้งกระจับด้วยวิธีทางเคมีโดยใช้ด่างทำให้ได้แป้งที่มีคุณสมบัติทางกายภาพที่ดีและมีคุณสมบัติการไหลที่ดีที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับการดัดแปรแป้งด้วยการใช้เอนไซม์และสารออกซิไดซ์ สามารถนำแป้งที่เตรียมได้ไปพัฒนาต่อยอดเป็นวัตถุดิบสำหรับผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางรูปแบบต่าง ๆ ได้ อย่างไรก็ดีจำเป็นต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับคุณสมบัติทางเคมีกายภาพ รวมถึงการประเมินความปลอดภัยของแป้ง เพื่อให้มั่นใจถึงความเหมาะสมและความปลอดภัยต่อการนำไปประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากโครงการทุนสนับสนุนงานวิจัย Fundamental Fund ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2565 (FF65) ผู้วิจัยขอขอบคุณห้องปฏิบัติการเคมีและห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสวนดุสิตที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่และเครื่องมือในการดำเนินงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2562). ประกาศสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ฉบับที่ 9 (พ.ศ. 2562) เรื่อง ยกเลิกและกำหนดมาตรฐานอุตสาหกรรมเอส แป้งฝุ่นผสมสมุนไพร. กระทรวงอุตสาหกรรม.

Alfasane MA., Khondker, M. and Rahman M. (2011). Biochemical composition of the fruits of water chesnut (*Trapa bispinosa* Roxb.). Dhaka University Journal of Biological Sciences. 20(1): 95-98.

Ashogbon A.O. and Akintayo E.T. (2014). Recent trend in the physical and chemical modification of starches from different botanical sources: A review. Starch/Stärke. 66: 41–57.

Berski W., Zdaniewicz M., Sabat R. and Wywrocka-Gurgul A. (2024). Technological Properties of Tritordeum Starch. Applied Sciences. 14: 4999.

Biyimba B.N., Ekaette, I. and Cobbinah-Sam E. (2025). Starch functionality in cosmetics and personal care products. Carbohydrate Polymers. 364: 123597.

Hao T. (2015). Understanding empirical powder flowability criteria scaled by Hausner ratio or Carr index with the analogous viscosity concept. RSC Advances, 5(69): 57212–57215.

Malik A.H., Anjum F.M., Sameen A., Khan M.I. and Sohaib M. (2012). Extraction of starch from Water Chestnut (*Trapa bispinosa* Roxb) and its application in yogurt as a stabilizer. Pakistan Journal of Food Sciences, 22 (4): 209-218.

Monton C., Kraisintu K., Suksaeree J. and Charoenchai L. (2014). Flowability study of herbal powder for solid dosage from preparation. Thai Science and Technology Journal. 22(5): 743-754.

Olayemi O.J., Oyi A.R. and Allagh TS. (2008). Comparative evaluation of maize, rice and wheat starch powders as pharmaceutical excipients. Nigerian Journal of Pharmaceutical Sciences. 7:131-138.

Olivato J.B. (2024). Starch Industries: Processes and Innovative Products in Food and Non-Food Uses. Academic Press.

Pathumthanasup C., Phunikhom K. and Peerapattana J. (2020). Development and Evaluation of Sildenafil Citrate Tablet Fabricated by Direct Compression Method. Isan Journal of Pharmaceutical Sciences. 16: 59-71.

Rohima I.E., Djali M., Cahyana Y., Hamdani J.S., Lani M.N. and Triani T. (2025). Physicochemical and functional properties of modified potato starch from different altitudes: a study of the median cultivar. Discover Food. 5:32.

Sangseethong K., Termvejsayanon N. and Sriroth, K. (2010). Characterization of physicochemical properties of hypochlorite- and peroxide-oxidized cassava starches. Carbohydrate Polymers, 82(2): 446–453.

Singh N., Singh, J., Kaur L., Sodhi N.S. and Gill B.S. (2003). Morphological, thermal and rheological properties of starches from different botanical sources. Food Chemistry. 81: 219–231.

van der Maarel M.J.E.C., van der Veen B., Uitdehaag J.C.M., Leemhuis H. and Dijkhuizen L. (2002). Properties and applications of starch-converting enzymes of the α-amylase family. Journal of Biotechnology, 94(2): 137–155.

Zaalouk A.K. and Zabady F.I. (2009). Effect of moisture content on angle of repose and friction coefficient of wheat grain. Misr Journal of Agricultural Engineering. 26: 418-427.

Zhu F. (2015). Composition, structure, physicochemical properties, and modifications of cassava starch. Carbohydrate Polymers. 122: 456-480.

ศักยภาพของเพคตินจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรในฐานะสารก่อเจลธรรมชาติสำหรับตำรับเครื่องสำอาง

Potential of Pectin from Agricultural By-products as a Natural Gelling Agent for Cosmetic Formulations

สุรภา โหมดสุวรรณ[1] และณัฐกฤตา ฟลอเรนไทน์[1*]
Surapha Modsuwan[1] and Natthakitta Florentine[1*]

[1]คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต กรุงเทพมหานคร
[*]Corresponding Author E-mail Address : natthakitta_flo@dusit.ac.th

บทคัดย่อ

สารเพิ่มความข้นหนืดและสารก่อเจลมีบทบาทสำคัญต่อเนื้อสัมผัส ความคงตัว และประสิทธิภาพของตำรับเครื่องสำอาง แม้ว่าสารสังเคราะห์ เช่น คาร์โบเมอร์ จะยังคงได้รับความนิยมเนื่องจากสามารถควบคุมความหนืดได้ดีและมีต้นทุนต่ำ แต่แนวโน้มความต้องการผลิตภัณฑ์ที่ปลอดภัย เป็นธรรมชาติ และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ทำให้สารก่อเจลจากธรรมชาติได้รับความสนใจเพิ่มขึ้น บทความวิชาการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทบทวน วิเคราะห์ และสังเคราะห์ศักยภาพของเพคตินจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรในฐานะสารก่อเจลธรรมชาติสำหรับตำรับเครื่องสำอาง โดยพิจารณาความเชื่อมโยงระหว่างโครงสร้างเพคติน แหล่งวัตถุดิบ วิธีการสกัด สมบัติการก่อเจล การเพิ่มความข้น ความเข้ากันได้กับสูตรตำรับ และการประยุกต์ใช้ในระบบนำส่งสารออกฤทธิ์ จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่าเพคตินจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร เช่น เปลือกกล้วยและเปลือกส้มโอ มีศักยภาพในการพัฒนาเป็นสารก่อเจลธรรมชาติที่ช่วยเพิ่มความหนืด สร้างโครงข่ายเจล อุ้มน้ำ และควบคุมการปลดปล่อยสารสำคัญในผลิตภัณฑ์ดูแลผิวได้ การใช้วัสดุเหลือใช้ดังกล่าวยังช่วยลดของเสีย เพิ่มมูลค่าให้กับทรัพยากรชีวภาพ และสามารถต่อยอดสู่การพัฒนาระบบนำส่งสารออกฤทธิ์ในผลิตภัณฑ์ดูแลผิวได้ ทั้งนี้การนำเพคตินจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรไปใช้จริงยังต้องพิจารณาความแปรปรวนของวัตถุดิบ วิธีสกัด ความสม่ำเสมอของคุณสมบัติเชิงฟังก์ชัน ความเข้ากันได้กับสูตรตำรับ ความปลอดภัยต่อผิว และความเป็นไปได้ในการผลิตระดับอุตสาหกรรม ดังนั้นเพคตินจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรจึงเป็นทางเลือกที่มีศักยภาพสำหรับการพัฒนาตำรับเครื่องสำอางที่ตอบโจทย์ทั้งประสิทธิภาพ ความปลอดภัย และความยั่งยืน

คำสำคัญ: เพคติน วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร สารก่อเจล เครื่องสำอาง ระบบนำส่งสารออกฤทธิ์

Abstract

Thickening and gelling agents play an important role in determining the texture, stability, and performance of cosmetic formulations. Although synthetic polymers such as carbomer remain widely used because of their effective viscosity control and low cost, the increasing demand for safe, natural, and environmentally friendly products has led to growing interest in natural gelling agents. This academic article aims to review, analyze, and synthesize the potential of pectin from agricultural by-products as a natural

gelling agent for cosmetic formulations. The discussion considers the relationships among pectin structure, raw material sources, extraction methods, gelling properties, thickening ability, compatibility with cosmetic formulations, and applications in active ingredient delivery systems. The literature review indicates that pectin from agricultural by-products, such as banana peels and pomelo peels, has potential to be developed as a natural gelling agent that can improve viscosity, form gel networks, retain water, and control the release of active ingredients in skincare products. The use of these by-products can also reduce waste, add value to biological resources, and be further developed for active ingredient delivery systems in skincare formulations. However, the practical application of pectin from agricultural by-products still requires consideration of raw material variability, extraction methods, consistency of functional properties, compatibility with formulations, skin safety, and feasibility for industrial-scale production. Therefore, pectin from agricultural by-products represents a promising alternative for developing cosmetic formulations that meet the requirements of performance, safety, and sustainability.

Keywords: Pectin, Agricultural by-products, Gelling agent, Cosmetics, Active ingredient delivery system

บทนำ

สารเพิ่มความข้นหนืด (Thickening agents) และสารก่อเจล (Gelling agents) มีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งในอุตสาหกรรมเครื่องสำอาง เนื่องจากเป็นองค์ประกอบที่ส่งผลโดยตรงต่อเนื้อสัมผัส (Texture) ความคงตัวของตำรับ (Stability) การกระจายตัวของสารสำคัญ และประสิทธิภาพในการปลดปล่อยสารออกฤทธิ์สู่ผิวหนัง ผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางหลายประเภท เช่น เจล ครีม โลชัน เซรั่ม และอิมัลเจล จำเป็นต้องอาศัยสารกลุ่มนี้เพื่อควบคุมความหนืด ความสม่ำเสมอของเนื้อผลิตภัณฑ์ และความสามารถในการยึดเกาะบนผิวหนัง นอกจากนี้ สารเพิ่มความข้นยังมีผลต่อคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ เช่น ความลื่น ความบางเบา ความสามารถในการซึมเข้าสู่ผิว และความรู้สึกหลังการใช้ ซึ่งล้วนเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการยอมรับของผู้บริโภคโดยตรง (De Lathauwer et al., 2004; Li et al., 2018)

ในปัจจุบัน ความต้องการของผู้บริโภคในตลาดเครื่องสำอางมีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญ จากเดิมที่ให้ความสำคัญกับประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์เพียงด้านเดียว ไปสู่การพิจารณาความปลอดภัย ความเป็นธรรมชาติ ความอ่อนโยนต่อผิว และผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมร่วมด้วย อย่างไรก็ตาม สารสังเคราะห์ในกลุ่มคาร์โบเมอร์ (Carbomer) ยังคงได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรม เนื่องจากสามารถควบคุมความหนืดได้แม่นยำ ใช้ในปริมาณต่ำ ให้เนื้อสัมผัสที่ดี และมีต้นทุนไม่สูง แต่ในกระบวนการผลิต คาร์โบเมอร์มีลักษณะเป็นผงละเอียดที่สามารถฟุ้งกระจายได้ง่าย ซึ่งอาจก่อให้เกิดความเสี่ยงต่อระบบทางเดินหายใจของผู้ปฏิบัติงาน โดยเฉพาะอาการไอ จาม หรือการระคายเคืองต่อจมูกและหลอดลมเมื่อมีการสัมผัสหรือสูดดมฝุ่นผงเป็นเวลานาน ด้วยเหตุนี้ การพัฒนาสารเพิ่มความข้นและสารก่อเจลจากธรรมชาติจึงเป็นทางเลือกที่ได้รับความสนใจเพิ่มขึ้น ทั้งในด้านความปลอดภัยของผู้บริโภคและผู้ผลิต รวมถึงความสอดคล้องกับแนวโน้มผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม (Virtue Market Research, 2024)

วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรและผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมแปรรูปผลไม้เป็นแหล่งทรัพยากรชีวภาพที่เกิดขึ้นในปริมาณมาก โดยเฉพาะเปลือก เมล็ด กากผลไม้ และเศษเหลือจากกระบวนการคั้นน้ำหรือแปรรูปอาหาร งานทบทวนของ Ueda et al. (2022) ระบุว่า ในอุตสาหกรรมผลไม้และผัก ผลพลอยได้อาจเกิดขึ้นได้ตลอดห่วงโซ่อุปทาน ตั้งแต่การผลิต การแปรรูป

การบรรจุ การขนส่ง ไปจนถึงการบริโภค โดยอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับน้ำผลไม้ ผัก น้ำมัน แป้ง น้ำตาล และอาหารกระป๋อง จัดเป็นกลุ่มที่ก่อให้เกิดเศษเหลือในปริมาณมาก สำหรับผลไม้ตระกูลส้ม ซึ่งเป็นแหล่งเพคตินเชิงพาณิชย์ที่สำคัญ มีรายงานว่าการผลิตทั่วโลกอยู่ที่ประมาณ 109.1 ล้านตันต่อปี และระหว่างกระบวนการแปรรูปอาจเกิดผลพลอยได้ประมาณร้อยละ 50 ของน้ำหนักผลไม้ โดยเฉพาะเปลือก เนื้อเยื่อภายใน และเมล็ด ซึ่งคิดเป็นของเสียจากเปลือกประมาณ 15 ล้านตันต่อปี (Ueda et al., 2022) นอกจากนี้ การกำจัดของเสียอินทรีย์โดยการฝังกลบหรือทิ้งในพื้นที่เปิดอาจก่อให้เกิดน้ำชะขยะ กลิ่นไม่พึงประสงค์ และการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการย่อยสลายของสารอินทรีย์ การนำวัสดุเหลือใช้เหล่านี้มาใช้สกัดเพคตินจึงเป็นแนวทางหนึ่งที่ช่วยลดภาระการจัดการของเสีย เพิ่มมูลค่าให้กับทรัพยากรชีวภาพ และเชื่อมโยงกับการพัฒนาวัตถุดิบธรรมชาติสำหรับอุตสาหกรรมเครื่องสำอางได้อย่างเป็นรูปธรรม

เพคติน (Pectin) เป็นพอลิแซ็กคาไรด์ธรรมชาติที่พบได้ทั่วไปในผนังเซลล์ของพืช โดยเฉพาะในผลไม้ตระกูลส้มและแอปเปิล ซึ่งเป็นแหล่งเพคตินเชิงพาณิชย์ที่มีการใช้อย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมอาหารและยา เพคตินมีคุณสมบัติเด่นด้านการก่อเจล การเพิ่มความหนืด การสร้างโครงข่ายพอลิเมอร์ และการช่วยควบคุมการปลดปล่อยสารออกฤทธิ์ จึงมีศักยภาพในการนำมาประยุกต์ใช้ในตำรับเครื่องสำอาง โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์ดูแลผิวที่ต้องการความอ่อนโยน ความคงตัว และเนื้อสัมผัสที่เหมาะสม นอกจากนี้ งานวิจัยบางส่วนยังชี้ให้เห็นว่าเพคตินสามารถทำหน้าที่เป็นพาหะสำหรับสารออกฤทธิ์ รวมถึงมีคุณสมบัติที่เกี่ยวข้องกับการส่งเสริมสมดุลของผิว เช่น การเป็นพรีไบโอติกสำหรับผิว และการประยุกต์ใช้ในระบบไมโครสเฟียร์ ไฮโดรเจล หรือระบบนำส่งสารออกฤทธิ์รูปแบบต่าง ๆ (Gutierrez-Alvarado et al., 2022)

อย่างไรก็ตาม แม้ในปัจจุบันจะมีบทความทบทวนเกี่ยวกับเพคตินจำนวนมาก แต่งานส่วนใหญ่ยังมุ่งเน้นประเด็นด้านแหล่งที่มา โครงสร้าง วิธีการสกัด สมบัติทางเคมีฟิสิกส์ และการประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร ยา หรือระบบนำส่งยาเป็นหลัก (Yi et al., 2024; Xiang et al., 2024; Kapoor et al., 2024; Dixit et al., 2025) ขณะที่การสังเคราะห์องค์ความรู้เกี่ยวกับเพคตินจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรในบริบทของตำรับเครื่องสำอางยังมีอยู่อย่างจำกัด โดยเฉพาะการเชื่อมโยงระหว่างแหล่งวัตถุดิบ วิธีการสกัด โครงสร้างของเพคติน สมบัติการก่อเจลและการเพิ่มความข้น ความเข้ากันได้กับองค์ประกอบในสูตรตำรับ ความปลอดภัยต่อผิวหนัง และศักยภาพในการใช้เป็นระบบนำส่งสารออกฤทธิ์ ช่องว่างดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่าการศึกษาเพคตินจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรไม่ควรพิจารณาเฉพาะผลผลิตจากการสกัดหรือสมบัติพื้นฐานของเพคตินเท่านั้น แต่ควรวิเคราะห์ความเหมาะสมของเพคตินในฐานะวัตถุดิบเชิงหน้าที่สำหรับเครื่องสำอางอย่างเป็นระบบ บทความนี้จึงมีความแตกต่างจากงานทบทวนก่อนหน้าโดยมุ่งสังเคราะห์ข้อมูลจากมุมมองของการพัฒนาตำรับเครื่องสำอาง ทั้งในด้านการเป็นสารก่อเจลธรรมชาติ สารเพิ่มความข้น ตัวปรับเนื้อสัมผัส และวัสดุสำหรับระบบนำส่งสารออกฤทธิ์ พร้อมทั้งอภิปรายข้อจำกัดที่ต้องพิจารณาก่อนนำไปใช้จริงในระดับอุตสาหกรรม

จากช่องว่างทางวิชาการดังกล่าว บทความวิชาการนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อทบทวนและวิเคราะห์ศักยภาพของเพคตินจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรในฐานะสารก่อเจลธรรมชาติสำหรับตำรับเครื่องสำอาง โดยครอบคลุมประเด็นสำคัญ ได้แก่ โครงสร้างและสมบัติของเพคติน แหล่งวัตถุดิบ วิธีการสกัด สมบัติการก่อเจล การประยุกต์ใช้ในระบบนำส่งสารออกฤทธิ์ และข้อจำกัดที่ควรพิจารณาในการพัฒนาสู่การใช้จริง ทั้งนี้เพื่อสนับสนุนแนวทางการใช้ทรัพยากรชีวภาพอย่างคุ้มค่า ลดของเสียจากภาคการเกษตร และส่งเสริมการพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางตามแนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียน (Circular economy) กรอบแนวคิดของบทความนี้แสดงดังรูปที่ 1 โดยเชื่อมโยงตั้งแต่แหล่งวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร กระบวนการสกัดเพคติน คุณสมบัติเชิงฟังก์ชัน การประยุกต์ใช้ในตำรับเครื่องสำอาง ระบบนำส่งสารออกฤทธิ์ และแนวทางพัฒนาสู่การใช้จริง

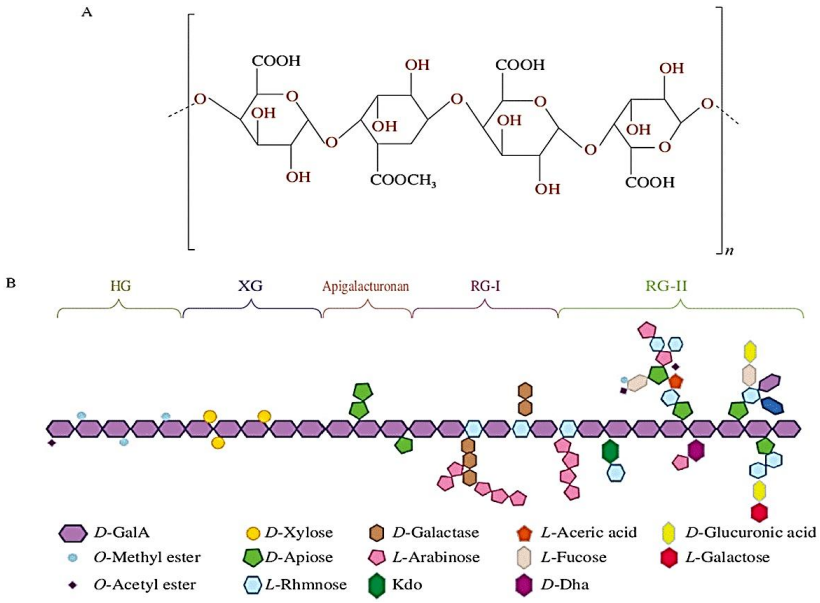


รูปที่ 1 กรอบแนวคิดศักยภาพของเพคตินจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรในการประยุกต์ใช้เป็นสารก่อเจลธรรมชาติและระบบนำส่งสารออกฤทธิ์ในตำรับเครื่องสำอาง

โครงสร้างและคุณสมบัติพื้นฐานของเพคติน (Structure and basic properties of pectin)

เพคติน เป็นพอลิแซ็กคาไรด์ธรรมชาติชนิดเฮเทอโรพอลิแซ็กคาไรด์ (Heteropolysaccharide) ที่พบเป็นองค์ประกอบสำคัญในผนังเซลล์ปฐมภูมิและชั้นมิดเดิลลาเมลลา (Middle lamella) ของพืช โดยทำหน้าที่ช่วยยึดเกาะเซลล์พืชและควบคุมความแข็งแรงของเนื้อเยื่อพืช โครงสร้างหลักของเพคตินประกอบด้วยหน่วยกรดกาแลกทูโรนิก (D-galacturonic acid) ซึ่งเชื่อมต่อกันเป็นสายพอลิเมอร์ และอาจมีน้ำตาลชนิดอื่นเป็นองค์ประกอบร่วม เช่น แรมโนส กาแลกโตส และอะราบิโนส ทำให้เพคตินจากพืชแต่ละชนิดมีโครงสร้างและคุณสมบัติแตกต่างกันไป ทั้งนี้ ความแตกต่างดังกล่าวมีผลโดยตรงต่อความสามารถในการละลายน้ำ ความหนืด การเกิดเจล และความเหมาะสมในการนำไปใช้เป็นสารก่อเจลหรือสารเพิ่มความข้นในตำรับเครื่องสำอาง (Xiang et al., 2024; Yi et al., 2024)

ในเชิงโครงสร้าง เพคตินประกอบด้วยบริเวณที่เป็นสายตรงและบริเวณที่มีแขนงของน้ำตาลหลายชนิด ดังแสดงในรูปที่ 2 โดยส่วนที่มีความสำคัญต่อการเกิดเจลคือบริเวณโฮโมกาแลกทูโรแนน (Homogalacturonan; HG) ซึ่งเป็นสายพอลิเมอร์ของกรดกาแลกทูโรนิก ขณะที่บริเวณแรมโนกาแลกทูโรแนน (Rhamnogalacturonan; RG) มีลักษณะเป็นโครงสร้างที่มีแขนงมากกว่าและส่งผลต่อการพองตัว การอุ้มน้ำ และปฏิสัมพันธ์กับสารอื่นในระบบสูตรตำรับ ความหลากหลายของโครงสร้างเหล่านี้ทำให้เพคตินมีสมบัติเป็นไฮโดรคอลลอยด์ (Hydrocolloid) ที่สามารถปรับพฤติกรรมการไหลและเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ได้ จึงมีศักยภาพในการใช้ในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางประเภทเจล ครีม เซรั่ม และระบบนำส่งสารออกฤทธิ์ (Said et al., 2023; Rubio-Martin del Campo et al., 2025)



รูปที่ 2 โครงสร้างของเพคติน: (A) โครงสร้างทางเคมีพื้นฐานของเพคติน และ (B) แบบจำลององค์ประกอบเชิงโครงสร้างของเพคติน ที่ประกอบด้วย homogalacturonan (HG), xylogalacturonan (XG), apigalacturonan, rhamnogalacturonan-I (RG-I) และ rhamnogalacturonan-II (RG-II)

ที่มา: ดัดแปลงจาก Sharma et al. (2026)

ปัจจัยสำคัญที่กำหนดสมบัติของเพคตินคือ ระดับเอสเทอริฟิเคชัน (Degree of esterification; DE) ซึ่งหมายถึงสัดส่วนของหมู่คาร์บอกซิลในกรดกาแลกทูโรนิกที่ถูกเอสเทอริฟายด้วยหมู่เมทิล เพคตินที่มีระดับเอสเทอริฟิเคชันสูงมักเรียกว่า เพคตินชนิดเมทอกซิลสูง (High-methoxyl pectin; HMP) ขณะที่เพคตินที่มีระดับเอสเทอริฟิเคชันต่ำเรียกว่า เพคตินชนิดเมทอกซิลต่ำ (Low-methoxyl pectin; LMP) โดยทั่วไป HMP มีแนวโน้มเกิดเจลได้ดีในสภาวะที่มีกรดและน้ำตาลสูง ส่วน LMP สามารถเกิดเจลได้ผ่านการเชื่อมโยงกับไอออนแคลเซียมหรือไอออนประจุบวกสองค่า ซึ่งมีความสำคัญต่อการพัฒนาระบบเจลที่ต้องการความอ่อนโยนและลดการใช้ส่วนประกอบบางชนิดที่อาจไม่เหมาะกับตำรับเครื่องสำอาง (Rubio-Martin del Campo et al., 2025)

กลไกการเกิดเจลของเพคตินเกี่ยวข้องกับปฏิสัมพันธ์หลายรูปแบบ เช่น พันธะไฮโดรเจน ปฏิสัมพันธ์ไฮโดรโฟบิก และการเชื่อมโยงด้วยไอออน โดยลักษณะของเจลที่เกิดขึ้นขึ้นอยู่กับชนิดของเพคติน ระดับเอสเทอริฟิเคชัน น้ำหนักโมเลกุล ค่า pH ความเข้มข้นของไอออน และสภาวะของระบบสูตรตำรับ งานวิจัยสมัยใหม่ชี้ให้เห็นว่าระดับเอสเทอริฟิเคชันและระดับแอมิเดชัน (Degree of amidation; DAm) สามารถส่งผลร่วมกันต่อสมบัติเจลของเพคติน โดยมีผลต่อความแข็งแรงของโครงข่ายเจลและความสามารถในการเชื่อมโยงระหว่างสายพอลิเมอร์ (Wei et al., 2025) ดังนั้นการประเมินคุณสมบัติของเพคตินเพื่อใช้ในเครื่องสำอางจึงไม่ควรพิจารณาเพียงปริมาณผลผลิตจากการสกัดเท่านั้น แต่ควรพิจารณาสมบัติโครงสร้างและสมบัติเชิงหน้าที่ร่วมด้วย

ในบริบทของตำรับเครื่องสำอาง คุณสมบัติพื้นฐานของเพคตินที่น่าสนใจ ได้แก่ ความสามารถในการเพิ่มความหนืด การก่อเจล การอุ้มน้ำ การพองตัว และการสร้างโครงข่ายที่ช่วยควบคุมการปลดปล่อยสารออกฤทธิ์ คุณสมบัติเหล่านี้ทำให้เพคตินสามารถทำหน้าที่ได้มากกว่าสารเพิ่มความข้นทั่วไป กล่าวคือ นอกจากจะช่วยปรับเนื้อสัมผัสและความคงตัวของสูตรตำรับแล้ว ยังสามารถใช้เป็นพาหะสำหรับสารสำคัญ เช่น สารต้านอนุมูลอิสระ วิตามิน หรือสารให้ความชุ่มชื้นในระบบ

ไฮโดรเจล ไมโครสเฟียร์ และไมโครเอนแคปซูเลชันได้อีกด้วย ซึ่งสอดคล้องกับแนวโน้มการพัฒนาเครื่องสำอางที่ต้องการส่วนผสมจากธรรมชาติที่มีหลายหน้าที่ในสูตรตำรับเดียว (Gutierrez-Alvarado et al., 2022; Kapoor et al., 2024)

เมื่อพิจารณาจากโครงสร้างและคุณสมบัติดังกล่าว เพคตินจึงเป็นวัตถุดิบธรรมชาติที่มีศักยภาพในการใช้เป็นสารก่อเจลในตำรับเครื่องสำอาง โดยเฉพาะเมื่อสามารถคัดเลือกแหล่งวัตถุดิบและวิธีการสกัดที่เหมาะสมเพื่อให้ได้เพคตินที่มีสมบัติตรงตามวัตถุประสงค์ของผลิตภัณฑ์ อย่างไรก็ตาม เพคตินจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรแต่ละชนิดอาจมีความแตกต่างกันทั้งในด้านผลผลิต องค์ประกอบทางเคมี ระดับเอสเทอริฟิเคชัน น้ำหนักโมเลกุล และสมบัติเชิงฟังก์ชัน จึงจำเป็นต้องมีการพิจารณาแหล่งวัตถุดิบควบคู่กับกระบวนการสกัดและการประเมินคุณสมบัติของเพคตินอย่างเป็นระบบ ก่อนนำไปพัฒนาเป็นส่วนประกอบในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง

แหล่งวัตถุดิบจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร (Agricultural by-product sources)

เพคตินที่ใช้ในเชิงอุตสาหกรรมโดยทั่วไปมักสกัดจากวัตถุดิบหลัก ได้แก่ เปลือกผลไม้ตระกูลส้มและกากแอปเปิล ซึ่งเป็นแหล่งเพคตินที่มีการศึกษาและใช้ประโยชน์อย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมอาหาร ยา และผลิตภัณฑ์สุขภาพ เนื่องจากมีปริมาณเพคตินสูงและสามารถควบคุมคุณภาพได้ค่อนข้างดี อย่างไรก็ตาม ความต้องการใช้ทรัพยากรชีวภาพอย่างคุ้มค่าและแนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียนได้ส่งผลให้วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรและผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมแปรรูปพืชได้รับความสนใจมากขึ้นในฐานะแหล่งเพคตินทางเลือก โดยเฉพาะเปลือกผลไม้ กากผลไม้ และเศษเหลือจากกระบวนการผลิตอาหาร ซึ่งเดิมมักถูกทิ้งหรือใช้ประโยชน์ในมูลค่าต่ำ (Yi et al., 2024; Tsirigotis-Maniecka et al., 2024)

การใช้วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเป็นแหล่งสกัดเพคตินมีความสำคัญในหลายมิติ ประการแรก เป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับของเหลือจากภาคเกษตรและอุตสาหกรรมอาหาร ประการที่สอง ช่วยลดปริมาณของเสียอินทรีย์ที่อาจก่อให้เกิดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม และประการที่สาม สามารถสร้างวัตถุดิบธรรมชาติที่มีศักยภาพสำหรับอุตสาหกรรมเครื่องสำอาง โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์ที่ต้องการส่วนผสมจากธรรมชาติและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม งานทบทวนล่าสุดชี้ว่าเพคตินจากวัสดุเหลือทิ้งและผลพลอยได้ทางอาหารมีศักยภาพในหลายด้าน เช่น การใช้เป็นไฮโดรคอลลอยด์ สารก่อเจล สารเพิ่มความคงตัว วัสดุสำหรับระบบนำส่งสาร และองค์ประกอบในผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้องกับสุขภาพและชีววัสดุ (Xiang et al., 2024; Tsirigotis-Maniecka et al., 2024)

ในบริบทของประเทศไทยและประเทศเขตร้อน เปลือกกล้วยถือเป็นวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่มีศักยภาพสูง เนื่องจากกล้วยเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีการบริโภคและแปรรูปอย่างแพร่หลาย ส่งผลให้เกิดเปลือกกล้วยเป็นของเหลือในปริมาณมาก ทั้งนี้มีงานวิจัยในประเทศไทยที่ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดเพกทินจากเปลือกกล้วยหอมทองด้วยกรดไฮโดรคลอริกและกรดซิตริก ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าเปลือกกล้วยเป็นแหล่งวัตถุดิบท้องถิ่นที่สามารถนำมาพัฒนาเป็นแหล่งเพคตินทางเลือกได้ (นวลกมล และคณะ, 2561) นอกจากนี้ งานวิจัยของ Khamsucharit et al. (2018) ศึกษาการสกัดเพคตินจากเปลือกกล้วย 5 สายพันธุ์ โดยใช้สารละลายกรดซิตริก พบว่าผลผลิตเพคตินอยู่ในช่วงร้อยละ 15.89–24.08 และเพคตินที่ได้จัดอยู่ในกลุ่มเพคตินชนิดเมทอกซิลสูง โดยมีระดับเอสเทอริฟิเคชันประมาณร้อยละ 63.15–72.03 ซึ่งใกล้เคียงกับเพคตินจากแหล่งเชิงพาณิชย์ เช่น เปลือกส้มและกากแอปเปิล ข้อมูลดังกล่าวสะท้อนว่าเปลือกกล้วยไม่ได้เป็นเพียงของเหลือทางการเกษตร แต่สามารถพัฒนาเป็นแหล่งเพคตินทางเลือกที่มีศักยภาพในเชิงอุตสาหกรรมได้

นอกจากผลผลิตและสมบัติของเพคตินแล้ว เปลือกกล้วยยังมีความน่าสนใจในฐานะวัตถุดิบเครื่องสำอาง เนื่องจากมีรายงานสารพฤกษเคมีและฤทธิ์ทางชีวภาพจากกล้วยหลายชนิด เช่น ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและฤทธิ์ที่เกี่ยวข้องกับการดูแลผิว ซึ่งสนับสนุนศักยภาพของวัสดุเหลือใช้จากกล้วยในฐานะแหล่งวัตถุดิบสำหรับผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง (Noysang et al., 2019)

นอกจากเปลือกกล้วยแล้ว เปลือกส้มโอเป็นอีกหนึ่งแหล่งวัตถุดิบที่มีความน่าสนใจ เนื่องจากเป็นผลไม้ที่มีเปลือกหนาและมีปริมาณของเหลือค่อนข้างมากหลังการบริโภคหรือแปรรูป งานวิจัยของ Yu et al. (2024) ศึกษาความแตกต่างของสมบัติทางฟิสิกส์เคมีของเพคตินจากเปลือกส้มโอโดยเปรียบเทียบวิธีการสกัดหลายรูปแบบ ได้แก่ การสกัดด้วยกรดร้อน การสกัดด้วยไมโครเวฟ การสกัดด้วยอัลตราโซนิก และการสกัดด้วยเอนไซม์ ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าวิธีสกัดมีผลต่อผลผลิตและคุณสมบัติของเพคติน เช่น ปริมาณเมทอกซิล ความหนืด และสมบัติที่เกี่ยวข้องกับการนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์ เพคตินจากเปลือกส้มโอจึงเป็นตัวอย่างสำคัญที่แสดงให้เห็นว่าวัสดุเหลือใช้ชนิดเดียวกันอาจให้เพคตินที่มีคุณสมบัติแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับกระบวนการสกัดและการควบคุมสภาวะการผลิต (Yu et al., 2024)

นอกจากนี้ ยังมีวัสดุเหลือใช้จากพืชชนิดอื่นที่สามารถใช้เป็นแหล่งเพคตินได้ เช่น เปลือกเสาวรส เปลือกมะม่วง เปลือกแตงโม เปลือกทับทิม เศษเหลือจากผลไม้ตระกูลส้ม และกากผลไม้จากอุตสาหกรรมแปรรูปอาหาร โดยมีรายงานการสกัดเพคตินจากเปลือกเสาวรสสีม่วงด้วยกรดผลไม้ภายใต้สภาวะที่เหมาะสม ซึ่งสะท้อนว่าวัสดุเหลือใช้จากผลไม้เขตร้อนสามารถพัฒนาเป็นแหล่งเพคตินทางเลือกได้เช่นกัน (วัฒนา และเบญจางค์, 2022) ในทำนองเดียวกัน การเปรียบเทียบปริมาณเพคตินจากชังขนุนด้วยวิธีสกัดด้วยน้ำร้อนและความดันไอสูง ยังแสดงให้เห็นว่าวัสดุเหลือใช้จากพืชท้องถิ่นสามารถใช้เป็นแหล่งศึกษาเพคตินได้หลากหลาย และวิธีสกัดมีผลต่อปริมาณเพคตินที่ได้ (สุนันท์, 2557) ผลงานทบทวนสมัยใหม่ระบุว่าการสำรวจแหล่งเพคตินทางเลือกจากผลไม้และของเหลือทางการเกษตรกำลังขยายตัวมากขึ้น เนื่องจากแหล่งวัตถุดิบแต่ละชนิดอาจให้เพคตินที่มีสมบัติแตกต่างกัน เช่น ระดับเอสเทอริฟิเคชัน น้ำหนักโมเลกุล ความสามารถในการก่อเจล ความสามารถในการอุ้มน้ำ และสมบัติทางชีวภาพบางประการ ความแตกต่างเหล่านี้อาจเป็นข้อได้เปรียบในการเลือกใช้เพคตินให้เหมาะกับผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางแต่ละประเภท เช่น เจลให้ความชุ่มชื้น เซรั่ม อิมัลเจล หรือระบบนำส่งสารออกฤทธิ์ (Dixit et al., 2025)

เพื่อให้เห็นความแตกต่างของเพคตินจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรแต่ละชนิดอย่างเป็นระบบ ตารางที่ 1 แสดงการเปรียบเทียบแหล่งวัตถุดิบ วิธีการสกัด คุณสมบัติเด่น และแนวทางการประยุกต์ใช้ในตำรับเครื่องสำอาง ข้อมูลดังกล่าวสะท้อนว่าเพคตินจากวัตถุดิบแต่ละแหล่งไม่ได้มีศักยภาพเหมือนกันทั้งหมด แต่มีความแตกต่างด้านผลผลิต ระดับเอสเทอริฟิเคชัน ความหนืด ความสามารถในการก่อเจล และความเหมาะสมต่อรูปแบบผลิตภัณฑ์ ดังนั้น การเลือกใช้เพคตินในตำรับเครื่องสำอางจึงควรพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างชนิดวัตถุดิบ วิธีการสกัด และคุณสมบัติเชิงฟังก์ชันของเพคตินร่วมกัน

ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบเพคตินจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรและแนวทางประยุกต์ใช้ในตำรับเครื่องสำอาง

แหล่งวัตถุดิบ	วิธีการสกัดที่รายงาน	คุณสมบัติหรือผลการศึกษาที่สำคัญ	แนวทางประยุกต์ใช้ในตำรับเครื่องสำอาง	อ้างอิง
เปลือกกล้วยหอมทอง	การสกัดด้วยกรดไฮโดรคลอริกและกรดซิตริก	แสดงศักยภาพของเปลือกกล้วยในฐานะแหล่งเพกทินจากวัสดุเหลือใช้ท้องถิ่น และชี้ให้เห็นว่าสภาวะการสกัดมีผลต่อปริมาณเพกทินที่ได้	สารก่อเจลหรือสารเพิ่มความข้นจากวัตถุดิบธรรมชาติในผลิตภัณฑ์ดูแลผิว	นวลกมล และคณะ (2561)
เปลือกกล้วยหลายสายพันธุ์	การสกัดด้วยกรดซิตริก	ให้ผลผลิตเพคตินประมาณร้อยละ 15.89–24.08 และเพคตินที่ได้จัดอยู่ในกลุ่มเมทอกซิลสูง มีระดับเอสเทอริฟิเคชันประมาณร้อยละ 63.15–72.03	เหมาะต่อการศึกษาเป็นสารเพิ่มความข้น สารก่อเจล และวัตถุดิบธรรมชาติสำหรับเจลหรือเซรั่ม	Khamsucharit et al. (2018)
กล้วยน้ำว้าสุกงอม	วิธีการสกัดต่าง ๆ	วิธีการสกัดมีผลต่อสมบัติทางกายภาพและเคมีของเพกทิน สะท้อนว่าการเลือกวิธีสกัดควรสัมพันธ์กับคุณสมบัติปลายทางที่ต้องการ	ใช้เป็นข้อมูลประกอบการเลือกวิธีสกัดสำหรับพัฒนาเพคตินในสูตรตำรับเครื่องสำอาง	พรพรรณ และณัฐวุฒิ (2565)
เปลือกส้มโอ	กรดร้อน ไมโครเวฟ อัลตราโซนิก และเอนไซม์	วิธีสกัดมีผลต่อผลผลิตและสมบัติของเพคติน โดยการสกัดด้วยไมโครเวฟให้ผลผลิตสูงสุดในงานวิจัยที่รายงาน และมีสมบัติด้านความหนืดและความเสถียรของอิมัลชันที่น่าสนใจ	เหมาะต่อการพัฒนาอิมัลเจล เจล และระบบนำส่งสารออกฤทธิ์ที่ต้องการความคงตัวของสูตร	Yu et al. (2024)
เปลือกเสาวรสสีม่วง	การสกัดด้วยกรดผลไม้	แสดงศักยภาพของเปลือกเสาวรสสีม่วงในฐานะแหล่งเพคตินจากผลไม้เขตร้อน และสะท้อนการใช้กรดผลไม้เป็นแนวทางสกัดที่สอดคล้องกับวัตถุดิบธรรมชาติ	สารก่อเจลธรรมชาติหรือสารเพิ่มความข้นในผลิตภัณฑ์ที่ต้องการภาพลักษณ์จากพืชเขตร้อน	วัฒนา และเบญจางค์ (2022)
ซังขนุน	การสกัดด้วยน้ำร้อนและความดันไอสูง	วิธีสกัดมีผลต่อปริมาณเพกทินที่ได้ และแสดงว่าวัสดุเหลือใช้จากพืชท้องถิ่นสามารถใช้เป็นแหล่งศึกษาเพคตินได้หลากหลาย	เป็นแหล่งวัตถุดิบทางเลือกสำหรับการศึกษาต่อยอดด้านสารก่อเจลธรรมชาติ	สุนันท์ (2557)
เปลือกผลไม้หลายชนิด	วิธีสกัดหลากหลาย เช่น กรดร้อน ไมโครเวฟ อัลตราโซนิก และเอนไซม์	เพคตินจากเปลือกผลไม้แต่ละชนิดมีความแตกต่างด้านโครงสร้าง ระดับเอสเทอริฟิเคชัน น้ำหนักโมเลกุล ความสามารถในการก่อเจล และสมบัติเชิงฟังก์ชัน	ใช้คัดเลือกวัตถุดิบตามเป้าหมายของผลิตภัณฑ์ เช่น เจล เซรั่ม อิมัลเจล หรือระบบนำส่งสารออกฤทธิ์	Dixit et al. (2025)

จากตารางที่ 1 จะเห็นได้ว่าเปลือกกล้วยและเปลือกส้มโอเป็นแหล่งวัตถุดิบที่มีข้อมูลสนับสนุนค่อนข้างชัดเจนในด้านผลผลิตและคุณสมบัติทางฟิสิกส์เคมี โดยเฉพาะเปลือกกล้วยซึ่งให้เพคตินชนิดเมทอกซิลสูงและมีระดับเอสเทอริฟิเคชันใกล้เคียงกับเพคตินเชิงพาณิชย์ ขณะที่เปลือกส้มโอมีความน่าสนใจจากความหลากหลายของวิธีสกัดและสมบัติที่เกี่ยวข้องกับความหนืดและความคงตัวของอิมัลชัน ส่วนเปลือกเสาวรส ซังขนุน และวัตถุดิบเขตร้อนอื่น ๆ แม้ยังมีข้อมูลด้านการใช้ในเครื่องสำอางโดยตรงค่อนข้างจำกัด แต่สะท้อนศักยภาพของวัสดุเหลือใช้ท้องถิ่นที่สามารถนำมาพัฒนาเป็นแหล่งเพคตินทางเลือกได้ ดังนั้น การประเมินศักยภาพของเพคตินจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรจึงควรพิจารณาไม่เพียงปริมาณผลผลิต แต่รวมถึงคุณสมบัติเชิงฟังก์ชันและความเหมาะสมต่อผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางเป้าหมายด้วย

อย่างไรก็ตาม การใช้วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเป็นแหล่งเพคตินยังมีข้อจำกัดที่ควรพิจารณา เนื่องจากคุณภาพของวัตถุดิบอาจเปลี่ยนแปลงตามชนิดพืช สายพันธุ์ อายุการเก็บเกี่ยว ฤดูกาล วิธีการเก็บรักษา และกระบวนการแปรรูปก่อนการสกัด ปัจจัยเหล่านี้มีผลต่อองค์ประกอบทางเคมีและสมบัติเชิงฟังก์ชันของเพคตินโดยตรง ดังนั้น การคัดเลือกแหล่งวัตถุดิบจึงไม่ควรพิจารณาเฉพาะปริมาณผลผลิตเพคตินเท่านั้น แต่ควรพิจารณาความสม่ำเสมอของคุณภาพ ความปลอดภัยของวัตถุดิบ ความพร้อมของแหล่งผลิต และความเหมาะสมต่อการผลิตซ้ำในระดับอุตสาหกรรมร่วมด้วย การทบทวนงานด้านการสกัดเพคตินยังชี้ให้เห็นว่าแม้การใช้ของเหลือจากผลไม้เพื่อผลิตเพคตินจะมีศักยภาพสูง แต่การขยายผลสู่ระดับอุตสาหกรรมยังต้องเผชิญความท้าทายด้านมาตรฐานวัตถุดิบ กระบวนการสกัด ต้นทุน และการควบคุมคุณภาพ (Arumuganainar et al., 2025)

เมื่อพิจารณาในภาพรวม แหล่งวัตถุดิบเพคตินจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมีศักยภาพในการสนับสนุนการพัฒนาตำรับเครื่องสำอางที่ใช้สารก่อเจลจากธรรมชาติ โดยเฉพาะในกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ต้องการสื่อสารคุณค่าด้านความปลอดภัย ความเป็นธรรมชาติ และความยั่งยืน เปลือกกล้วยและเปลือกส้มโอเป็นตัวอย่างที่เหมาะสมกับการนำมาศึกษาในบริบทของบทความนี้ เนื่องจากมีข้อมูลวิจัยรองรับทั้งด้านผลผลิต สมบัติทางฟิสิกส์เคมี และความเป็นไปได้ในการใช้ประโยชน์ต่อยอด อย่างไรก็ตาม การเลือกใช้วัตถุดิบเหล่านี้ในเครื่องสำอางจำเป็นต้องเชื่อมโยงกับการเลือกวิธีสกัดที่เหมาะสม เพราะกระบวนการสกัดเป็นปัจจัยสำคัญที่กำหนดคุณภาพของเพคติน ซึ่งจะนำไปสู่การอภิปรายในหัวข้อถัดไป

วิธีการสกัดและปัจจัยที่มีผลต่อคุณสมบัติ (Extraction methods and influencing factors)

วิธีการสกัดเป็นปัจจัยสำคัญที่กำหนดทั้งปริมาณและคุณภาพของเพคตินที่ได้จากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร เนื่องจากเพคตินเป็นองค์ประกอบที่อยู่ร่วมกับเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส ลิกนิน โปรตีน และสารประกอบฟีนอลิกในผนังเซลล์พืช กระบวนการสกัดจึงต้องอาศัยสภาวะที่เหมาะสมเพื่อช่วยแยกเพคตินออกจากโครงสร้างเซลล์ โดยไม่ทำให้สายพอลิเมอร์เสื่อมสภาพมากเกินไป ปัจจัยที่มีผลต่อการสกัด ได้แก่ ชนิดและความเข้มข้นของกรด ค่า pH อุณหภูมิ ระยะเวลา อัตราส่วนวัตถุดิบต่อตัวทำละลาย ขนาดอนุภาคของวัตถุดิบ และวิธีการให้พลังงานระหว่างการสกัด ซึ่งปัจจัยเหล่านี้ล้วนส่งผลต่อผลผลิต ระดับเอสเทอริฟิเคชัน ปริมาณเมทอกซิล น้ำหนักโมเลกุล ความหนืด และความสามารถในการก่อเจลของเพคติน (Xiang et al., 2024; Yi et al., 2024) ในบริบทของวัตถุดิบกล้วยในประเทศไทย มีรายงานว่าวิธีการสกัดส่งผลต่อสมบัติทางกายภาพและเคมีของเพกทินจากกล้วยน้ำว้าสุกงอม ซึ่งสนับสนุนแนวคิดว่าการเลือกวิธีสกัดต้องพิจารณาควบคู่กับชนิดของวัตถุดิบและคุณสมบัติที่ต้องการนำไปใช้ (พรพรรณ และณัฐวุฒิ, 2565)

วิธีการสกัดเพคตินแบบดั้งเดิมที่นิยมใช้คือการสกัดด้วยกรดร้อน (Hot acid extraction; HAE) โดยใช้กรดอินทรีย์หรือกรดอนินทรีย์ภายใต้อุณหภูมิสูงเป็นระยะเวลาหนึ่ง วิธีนี้มีข้อดีคือกระบวนการไม่ซับซ้อน ใช้อุปกรณ์พื้นฐาน และเหมาะต่อการเปรียบเทียบกับวิธีสกัดอื่น อย่างไรก็ตาม การใช้กรด ความร้อน และระยะเวลานาน อาจทำให้เกิดการสลายตัวของสายพอลิเมอร์ ส่งผลให้น้ำหนักโมเลกุลลดลง และอาจกระทบต่อความหนืดหรือความแข็งแรงของเจลที่ได้ ดังนั้นแม้วิธีสกัดด้วยกรดร้อนจะยังเป็น

แนวทางพื้นฐานที่สำคัญ แต่ในปัจจุบันมีความสนใจเพิ่มขึ้นต่อเทคนิคการสกัดที่ใช้พลังงานน้อยลง ลดระยะเวลา ลดปริมาณตัวทำละลาย และคงสมบัติเชิงฟังก์ชันของเพคตินได้ดีกว่าเดิม (Haque et al., 2025; Arumuganainar et al., 2025)

การสกัดด้วยไมโครเวฟ (Microwave-assisted extraction; MAE) เป็นเทคนิคที่ได้รับความสนใจมาก เนื่องจากพลังงานไมโครเวฟสามารถทำให้เกิดความร้อนอย่างรวดเร็วภายในวัสดุพืช ส่งผลให้ผนังเซลล์แตกตัวและช่วยให้เพคตินถูกปลดปล่อยออกมาได้เร็วขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีดั้งเดิม วิธีนี้มักช่วยลดระยะเวลาการสกัดและอาจให้ผลผลิตสูงกว่าในบางวัตถุดิบ งานวิจัยของ Yu et al. (2024) ที่ศึกษาการสกัดเพคตินจากเปลือกส้มโอพบว่า การสกัดด้วยไมโครเวฟให้ผลผลิตเพคตินสูงที่สุดร้อยละ 20.43 เมื่อเทียบกับการสกัดด้วยกรดร้อน อัลตราโซนิก และเอนไซม์ อีกทั้งเพคตินที่ได้ยังมีปริมาณเมทอกซิล ปริมาณกรดกาแลกทูโรนิก ความหนืดปรากฏ และความเสถียรของอิมัลชันค่อนข้างดี ซึ่งสะท้อนว่าวิธีสกัดไม่ได้มีผลเพียงต่อปริมาณเพคติน แต่ยังมีผลต่อคุณสมบัติที่เกี่ยวข้องกับการใช้ในตำรับเครื่องสำอางด้วย

การสกัดด้วยอัลตราโซนิก (Ultrasound-assisted extraction; UAE) เป็นอีกวิธีหนึ่งที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการสกัดผ่านปรากฏการณ์คาวิเทชัน (Cavitation) ซึ่งทำให้เกิดแรงเฉือนและการแตกตัวของผนังเซลล์พืช วิธีนี้สามารถช่วยเพิ่มการแพร่ของสารออกจากเนื้อเยื่อพืชและลดระยะเวลาในการสกัดได้ ข้อดีของ UAE คือสามารถดำเนินการได้ที่อุณหภูมิค่อนข้างต่ำกว่าวิธีที่ใช้ความร้อนสูง จึงอาจช่วยลดการเสื่อมสภาพของสารประกอบบางชนิด อย่างไรก็ตาม ความรุนแรงของคลื่นเสียง ระยะเวลา และอุณหภูมิจำเป็นต้องควบคุมอย่างเหมาะสม เพราะการใช้พลังงานสูงหรือระยะเวลานานเกินไปอาจทำให้สายพอลิเมอร์ของเพคตินแตกตัวและกระทบต่อสมบัติการก่อเจลได้ งานวิจัยเกี่ยวกับการสกัดเพคตินจากเปลือกเลมอนพบว่า UAE ภายใต้สภาวะที่เหมาะสมสามารถให้ผลผลิตเพคตินได้สูง แต่โดยเปรียบเทียบแล้ว MAE ให้ผลผลิตสูงกว่าในระบบทดลองเดียวกัน โดยได้ผลผลิตร้อยละ 41.4 ขณะที่ UAE ได้ร้อยละ 37.9 (Pei et al., 2024)

การสกัดด้วยเอนไซม์ (Enzyme-assisted extraction; EAE) เป็นแนวทางที่สอดคล้องกับการสกัดแบบเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม เนื่องจากใช้สภาวะที่อ่อนโยนกว่า เช่น อุณหภูมิไม่สูงมาก ค่า pH เฉพาะของเอนไซม์ และลดการใช้กรดรุนแรง เอนไซม์ที่ใช้มักเกี่ยวข้องกับการย่อยองค์ประกอบของผนังเซลล์ เช่น เซลลูเลส เฮมิเซลลูเลส หรือเอนไซม์กลุ่มเพกทิเนส เพื่อช่วยปลดปล่อยเพคตินออกจากเนื้อเยื่อพืช วิธีนี้มีข้อดีด้านการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและอาจช่วยรักษาคุณสมบัติบางประการของเพคตินได้ดี อย่างไรก็ตาม ผลผลิตอาจแตกต่างกันตามชนิดของวัตถุดิบ ชนิดเอนไซม์ ความเข้มข้นของเอนไซม์ ระยะเวลา และต้นทุนของกระบวนการ งานทบทวนปี 2025 ระบุว่า EAE เป็นหนึ่งในวิธีที่มีศักยภาพสำหรับการสกัดเพคตินอย่างยั่งยืน เพราะดำเนินการภายใต้สภาวะที่อ่อนโยนและสร้างของเสียน้อยกว่าเทคนิคดั้งเดิม แต่การนำไปใช้ในอุตสาหกรรมยังต้องพิจารณาต้นทุนเอนไซม์และการควบคุมกระบวนการผลิต (Kegl et al., 2025)

เพื่อให้เห็นความเหมาะสมของวิธีสกัดต่อชนิดวัตถุดิบอย่างชัดเจน ตารางที่ 2 แสดงตัวอย่างวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่มีการรายงานว่าสามารถนำมาสกัดเพคตินด้วยวิธีต่าง ๆ ได้ พร้อมจุดเด่นและข้อควรพิจารณาของแต่ละวิธี ข้อมูลดังกล่าวสะท้อนว่าวิธีการสกัดควรถูกเลือกให้สัมพันธ์กับชนิดของวัตถุดิบ คุณสมบัติของเพคตินที่ต้องการ และความเป็นไปได้ในการนำไปใช้ในตำรับเครื่องสำอาง

ตารางที่ 2 ตัวอย่างวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่เหมาะสมกับวิธีการสกัดเพคตินแต่ละรูปแบบ

วิธีการสกัด	ตัวอย่างวัตถุดิบที่เหมาะสมหรือมีรายงานการศึกษา	จุดเด่นของวิธีสกัด	ข้อควรพิจารณาในการประยุกต์ใช้	อ้างอิง
การสกัดด้วยกรดร้อน (Hot acid extraction; HAE)	เปลือกกล้วยหอมทอง กล้วยน้ำว้า เปลือกเสาวรสสีม่วง ชังขนุน	กระบวนการไม่ซับซ้อน ใช้อุปกรณ์พื้นฐาน เหมาะสำหรับการศึกษาเบื้องต้นและวัตถุดิบท้องถิ่น	อาจใช้กรดและความร้อนสูง ทำให้สายพอลิเมอร์เสื่อมสภาพและส่งผลต่อความหนืดหรือสมบัติการก่อเจล	นวลกมล และคณะ (2561); พรพรรณ และณัฐวุฒิ (2565); วัฒนา และเบญจางค์ (2022); สุนันท์ (2557)
การสกัดด้วยไมโครเวฟ (Microwave-assisted extraction; MAE)	เปลือกส้มโอ เปลือกเลมอน และเปลือกผลไม้ตระกูลส้ม	ลดระยะเวลาการสกัด ช่วยให้ผนังเซลล์แตกตัวเร็ว และอาจให้ผลผลิตสูงกว่าวิธีดั้งเดิมในบางวัตถุดิบ	ต้องควบคุมกำลังไมโครเวฟ เวลา และอุณหภูมิ เพื่อป้องกันการเสื่อมสภาพของเพคติน	Yu et al. (2024); Pei et al. (2024)
การสกัดด้วยอัลตราโซนิก (Ultrasound-assisted extraction; UAE)	เปลือกเลมอน เปลือกส้มโอ และเปลือกผลไม้ที่ต้องการลดการใช้ความร้อนสูง	ช่วยเพิ่มการแตกตัวของผนังเซลล์ผ่านปรากฏการณ์คาวิเทชัน ลดระยะเวลา และสามารถดำเนินการที่อุณหภูมิต่ำกว่าวิธีใช้ความร้อนสูง	ต้องควบคุมความรุนแรงของคลื่นเสียง ระยะเวลา และอุณหภูมิ เพราะพลังงานสูงเกินไปอาจทำให้สายพอลิเมอร์แตกตัว	Yu et al. (2024); Pei et al. (2024)
การสกัดด้วยเอนไซม์ (Enzyme-assisted extraction; EAE)	เปลือกส้มโอ เปลือกผลไม้ และวัสดุที่ต้องการสภาวะสกัดอ่อนโยน	ใช้สภาวะไม่รุนแรง ลดการใช้กรดรุนแรง และสอดคล้องกับแนวคิดการสกัดที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม	ต้องพิจารณาชนิดเอนไซม์ ค่า pH อุณหภูมิ เวลา และต้นทุนเอนไซม์ โดยเฉพาะเมื่อขยายสู่ระดับอุตสาหกรรม	Yu et al. (2024); Kegl et al. (2025)
การสกัดแบบผสมผสาน เช่น ultrasound-microwave-assisted extraction (UMAE)	ของเสียจากผลไม้ตระกูลส้ม เช่น เปลือกส้ม	ผสมข้อดีของอัลตราโซนิกและไมโครเวฟ ช่วยเพิ่มผลผลิต คุณภาพ และความเร็วของการสกัด	ต้องใช้อุปกรณ์เฉพาะและควบคุมสภาวะการสกัดอย่างเหมาะสม จึงต้องประเมินต้นทุนและความคุ้มค่า	Yapias et al. (2025)

จากตารางที่ 2 จะเห็นได้ว่าวิธีสกัดด้วยกรดร้อนยังเหมาะกับการศึกษาเบื้องต้นและวัตถุดิบท้องถิ่น เช่น เปลือกกล้วย เปลือกเสาวรส และซังขนุน เนื่องจากกระบวนการไม่ซับซ้อนและใช้เครื่องมือพื้นฐาน ขณะที่การสกัดด้วยไมโครเวฟและอัลตราโซนิกเหมาะกับวัตถุดิบกลุ่มเปลือกผลไม้ เช่น เปลือกส้มโอและเปลือกเลมอน ซึ่งต้องการเพิ่มประสิทธิภาพการแตกตัวของผนังเซลล์และลดระยะเวลาการสกัด ส่วนการสกัดด้วยเอนไซม์และเทคนิคผสมผสานมีความน่าสนใจในด้านความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและการรักษาคุณสมบัติเชิงฟังก์ชันของเพคติน แต่ยังต้องพิจารณาต้นทุน อุปกรณ์ และความเหมาะสมต่อการผลิตระดับอุตสาหกรรม ดังนั้น การเลือกวิธีสกัดเพคตินเพื่อใช้ในเครื่องสำอางจึงควรพิจารณาทั้งชนิดวัตถุดิบ คุณสมบัติปลายทางของเพคติน และข้อจำกัดด้านการผลิตควบคู่กัน

เมื่อเปรียบเทียบวิธีสกัดต่าง ๆ จะเห็นได้ว่าไม่มีวิธีใดเหมาะสมที่สุดสำหรับทุกวัตถุดิบหรือทุกวัตถุประสงค์ หากต้องการเพคตินที่ให้ผลผลิตสูง อาจเลือกใช้ MAE หรือเทคนิคผสมผสาน เช่น ultrasound-microwave-assisted extraction (UMAE) แต่หากต้องการลดการใช้กรดรุนแรงและรักษาสมบัติบางประการของสารออกฤทธิ์ร่วมในวัตถุดิบ อาจพิจารณา EAE หรือ UAE แทน งานวิจัยปี 2025 เกี่ยวกับการใช้เทคนิค ultrasound-microwave-assisted green technologies กับของเสียจากส้มชี้ว่าแนวทางผสมผสานมีเป้าหมายเพื่อเพิ่มทั้งผลผลิต คุณภาพ และความยั่งยืนของเพคตินที่สกัดได้ ซึ่งสะท้อนแนวโน้มการพัฒนาเทคโนโลยีสกัดที่ไม่ได้พิจารณาเพียงปริมาณเพคติน แต่รวมถึงสมบัติเชิงเทคโนโลยีและความเป็นไปได้ในระดับอุตสาหกรรมด้วย (Yapias et al., 2025)

สำหรับการประยุกต์ใช้ในตำรับเครื่องสำอาง การคัดเลือกวิธีสกัดควรพิจารณาให้สัมพันธ์กับคุณสมบัติปลายทางของผลิตภัณฑ์ เช่น หากต้องการเพคตินเพื่อเพิ่มความหนืดและสร้างเนื้อเจล ควรให้ความสำคัญกับน้ำหนักโมเลกุล ระดับเอสเทอริฟิเคชัน ปริมาณกรดกาแลกทูโรนิก และพฤติกรรมการไหล (Rheology) หากต้องการใช้เป็นพาหะนำส่งสารออกฤทธิ์ควรพิจารณาความสามารถในการพองตัว การสร้างโครงข่าย ความเข้ากันได้กับสารออกฤทธิ์ และความสามารถในการควบคุมการปลดปล่อยสาร ดังนั้น การสกัดเพคตินจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเพื่อใช้ในเครื่องสำอางจึงไม่ควรมุ่งเพียงการเพิ่มผลผลิต แต่ควรมุ่งออกแบบกระบวนการสกัดให้ได้เพคตินที่มีคุณสมบัติเฉพาะตามการใช้งานจริง

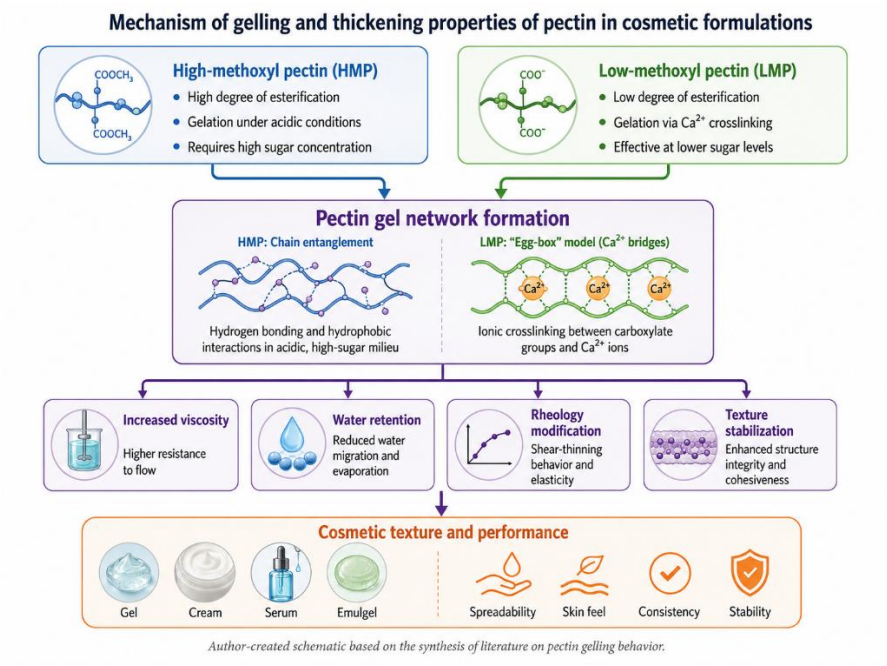
โดยสรุป วิธีการสกัดเป็นตัวแปรสำคัญที่เชื่อมโยงระหว่างแหล่งวัตถุดิบกับศักยภาพการใช้เพคตินในตำรับเครื่องสำอาง วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรชนิดเดียวกันอาจให้เพคตินที่มีสมบัติแตกต่างกันอย่างชัดเจนเมื่อใช้วิธีสกัดต่างกัน ดังนั้น การพัฒนาสารก่อเจลธรรมชาติจากเพคตินจึงจำเป็นต้องพิจารณาทั้งแหล่งวัตถุดิบ วิธีสกัด และคุณสมบัติเชิงฟังก์ชันร่วมกัน เพื่อให้สามารถนำไปสู่การออกแบบตำรับเครื่องสำอางที่มีความคงตัว เนื้อสัมผัสดี และเหมาะสมต่อการใช้งานจริง

สมบัติการก่อเจลและการเพิ่มความข้น (Gelling and thickening properties)

สมบัติการก่อเจลและการเพิ่มความข้นเป็นคุณสมบัติหลักที่ทำให้เพคตินมีศักยภาพในการประยุกต์ใช้เป็นสารก่อเจลธรรมชาติในตำรับเครื่องสำอาง เนื่องจากผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางหลายประเภท เช่น เจลบำรุงผิว เซรั่ม ครีม โลชัน อิมัลเจล และมาส์กเจล จำเป็นต้องอาศัยโครงสร้างพอลิเมอร์ที่สามารถควบคุมความหนืด ความคงตัว และเนื้อสัมผัสให้เหมาะสมต่อการใช้งาน เพคตินจัดเป็นไฮโดรคอลลอยด์ที่สามารถดูดซับน้ำ พองตัว และสร้างโครงข่ายสามมิติในระบบน้ำได้ จึงสามารถเพิ่มความหนืดและช่วยคงสภาพของสูตรตำรับได้ นอกจากนี้เพคตินยังถูกจัดเป็นสารปรับพฤติกรรมการไหล (Rheology modifier) ซึ่งสามารถทำหน้าที่เป็นสารเพิ่มความข้น สารก่อเจล สารเพิ่มความคงตัว และสารช่วยปรับเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ได้ตามสภาวะของระบบสูตรตำรับ (Chan et al., 2017; Xiang et al., 2024)

กลไกการเกิดเจลของเพคตินขึ้นอยู่กับโครงสร้างทางเคมีและสภาวะแวดล้อมของระบบ โดยเฉพาะระดับเอสเทอริฟิเคชัน น้ำหนักโมเลกุล ค่า pH ความเข้มข้นของเพคติน ปริมาณน้ำตาล และชนิดของไอออนที่อยู่ในสูตรตำรับ เพคตินชนิดเมทอกซิลสูง

(HMP) มักเกิดเจลได้ดีในสภาวะที่มีกรดและของแข็งละลายสูง ขณะที่เพคตินชนิดเมทอกซิลต่ำ (LMP) สามารถเกิดเจลผ่านการเชื่อมโยงกับแคลเซียมไอออนหรือไอออนประจุบวกที่มีวาเลนซีคู่ (Divalent metal cations) ทำให้เกิดโครงข่ายที่มีลักษณะคล้ายไข่ที่วางอยู่ในหลุมกล่องไข่ (Egg-box model) ซึ่งช่วยยึดสายพอลิเมอร์เข้าด้วยกัน กลไกเหล่านี้มีความสำคัญต่อการออกแบบตำรับเครื่องสำอาง เพราะสูตรเครื่องสำอางมักต้องการเจลที่เกิดได้ในสภาวะอ่อนโยน ไม่ใช้ความร้อนสูง และไม่รบกวนสารออกฤทธิ์ที่ไวต่ออุณหภูมิหรือค่า pH มากเกินไป (Said et al., 2023; Rubio-Martin del Campo et al., 2025) กลไกการก่อเจลและการเพิ่มความข้นของเพคตินในตำรับเครื่องสำอางสามารถสรุปได้ดังรูปที่ 3 โดยเพคตินชนิดเมทอกซิลสูงและเพคตินชนิดเมทอกซิลต่ำมีกลไกการสร้างโครงข่ายเจลต่างกัน แต่สามารถส่งผลต่อความหนืด การอุ้มน้ำ สมบัติการไหล และเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ได้



รูปที่ 3 กลไกการก่อเจลและการเพิ่มความข้นของเพคตินในตำรับเครื่องสำอาง โดยเปรียบเทียบการเกิดเจลของ HMP และ LMP รวมถึงผลต่อความหนืด การอุ้มน้ำ สมบัติการไหล และเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์

ที่มา: ผู้เขียนจัดทำจากการสังเคราะห์ข้อมูลของ Chan et al. (2017), Said et al. (2023) และ Rubio-Martin del Campo et al. (2025)

ในด้านการเพิ่มความข้น เพคตินสามารถช่วยควบคุมพฤติกรรมการไหลของตำรับให้เหมาะสมกับรูปแบบผลิตภัณฑ์ เช่น การทำให้เจลหรือเซรั่มมีความหนืดเพียงพอ ไม่ไหลเหลวจนเกินไป แต่ยังสามารถเกลี่ยบนผิวได้ง่าย คุณสมบัตินี้มีผลโดยตรงต่อความรู้สึกขณะใช้และการยอมรับของผู้บริโภค โดยทั่วไปสารเพิ่มความข้นในเครื่องสำอางไม่ได้มีหน้าที่เพียงเพิ่มความหนืดเท่านั้น แต่ยังส่งผลต่อการกระจายตัวของสารออกฤทธิ์ การเกาะติดผิว การคงตัวของอิมัลชัน และความรู้สึกหลังใช้ เช่น ความลื่น ความชุ่มชื้น และการไม่เหนอะหนะ งานวิจัยด้านพฤติกรรมการไหลของตำรับเครื่องสำอางชี้ว่าพอลิเมอร์ปรับความหนืดมีบทบาทสำคัญต่อความเสถียรของสูตรและประสบการณ์การใช้ผลิตภัณฑ์ โดยเฉพาะในผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเป็นอิมัลชัน เจล หรือระบบกึ่งแข็ง (Franceschini et al., 2025)

เมื่อเปรียบเทียบกับสารเพิ่มความข้นสังเคราะห์ เช่น คาร์โบเมอร์ เพคตินมีข้อได้เปรียบในด้านภาพลักษณ์ของความเป็นธรรมชาติ ความสามารถในการย่อยสลายทางชีวภาพ และความสอดคล้องกับแนวโน้มผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม อย่างไรก็ตาม เพคตินอาจมีข้อจำกัดด้านความสม่ำเสมอของคุณสมบัติเมื่อแหล่งวัตถุดิบและวิธีสกัดแตกต่างกัน เช่น ความหนืด ความแข็งแรงของเจล สี กลิ่น และความเข้ากันได้กับสารอื่นในสูตรตำรับ ดังนั้น การนำเพคตินจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาใช้ในเครื่องสำอางจึงควรมีการควบคุมคุณภาพของวัตถุดิบและเพคตินที่สกัดได้อย่างเหมาะสม รวมถึงการทดสอบสมบัติพฤติกรรมการไหลในสูตรจริง เช่น ค่าความหนืด พฤติกรรม shear-thinning ความคงตัวต่ออุณหภูมิ และความสามารถในการคงรูปหลังการใช้งาน

เพคตินยังมีบทบาทสำคัญในระบบอิมัลเจล (Emulgel) ซึ่งเป็นระบบที่ผสมผสานคุณสมบัติของอิมัลชันและเจลเข้าด้วยกัน ทำให้สามารถกระจายเฟสน้ำมันในโครงข่ายเจลได้อย่างมีเสถียรภาพ ระบบดังกล่าวเหมาะกับผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางและผลิตภัณฑ์ทางผิวหนังที่ต้องการนำส่งสารออกฤทธิ์ทั้งชนิดชอบน้ำและชอบไขมัน งานวิจัยของ Lupi et al. (2015) ใช้เพคตินชนิดเมทอกซิลต่ำ 4 ชนิด เตรียมเจลสำหรับเป็นเฟสกระจายในระบบอิมัลเจลสำหรับการใช้ทางเภสัชกรรมและเครื่องสำอาง โดยเตรียมเจลที่อุณหภูมิห้องเพื่อลดการทำลายสารที่ไวต่อความร้อน และใช้ร่วมกับสารลดแรงตึงผิวชนิดไม่มีประจุ เช่น Tween 60 ในการเตรียมอิมัลเจลน้ำมันมะกอก ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าอัตราส่วนระหว่างแคลเซียมคลอไรด์กับเพคตินมีผลต่อความเสถียรทางกายภาพของอิมัลเจล และโครงสร้างของระบบประกอบด้วยหยดน้ำมันที่กระจายอยู่ในเมทริกซ์เจล ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเพคตินสามารถทำหน้าที่เป็นโครงสร้างพื้นฐานในการสร้างตำรับกึ่งแข็งสำหรับเครื่องสำอางได้

นอกจากการสร้างเจลและอิมัลเจลแล้ว เพคตินยังสามารถช่วยเพิ่มความคงตัวของระบบอิมัลชันได้บางกรณี โดยขึ้นอยู่กับโครงสร้างของเพคตินและองค์ประกอบร่วม เช่น โปรตีน สารประกอบฟีนอลิก หรือหมู่อะซิติล งานวิจัยของ Shuai et al. (2022) พบว่าโครงสร้างของเพคตินมีผลต่อสมบัติการเกิดอิมัลชันและพฤติกรรมการไหล โดยเพคตินบางชนิดที่มีองค์ประกอบโปรตีน กรดเฟอรูลิก และหมู่อะซิติลสูง สามารถลดแรงตึงผิวระหว่างเฟสและช่วยให้เกิดอิมัลชันที่มีขนาดหยดเล็กและมีความเสถียรดีขึ้น แม้งานดังกล่าวจะอยู่ในบริบทของระบบอาหาร แต่แนวคิดเรื่องความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างเพคตินกับสมบัติการคงตัวของอิมัลชันสามารถนำมาพิจารณาต่อยอดในการพัฒนาตำรับเครื่องสำอางที่มีเฟสน้ำมันและสารออกฤทธิ์ชนิดไม่ชอบน้ำได้

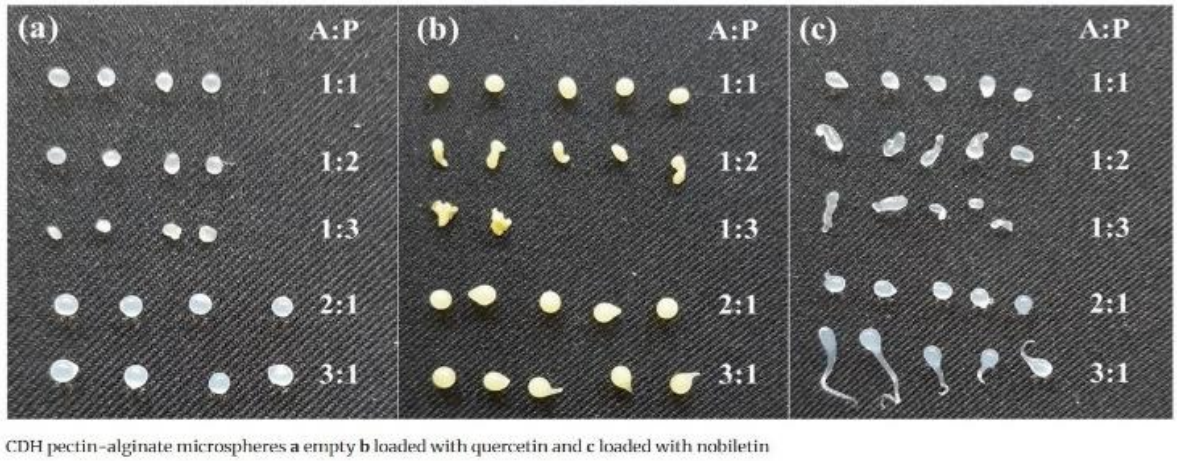
สำหรับเพคตินจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร สมบัติการก่อเจลและการเพิ่มความข้นอาจแตกต่างกันอย่างชัดเจนตามชนิดของวัตถุดิบและวิธีสกัด เช่น เปลือกกล้วยบางสายพันธุ์สามารถให้เพคตินชนิดเมทอกซิลสูง ซึ่งมีแนวโน้มเหมาะกับการสร้างเจลในสภาวะเฉพาะ ขณะที่เปลือกส้มโออาจให้เพคตินที่มีความหนืดและสมบัติทางฟิสิกส์เคมีแตกต่างกันเมื่อสกัดด้วยวิธีต่างกัน ดังนั้น การพิจารณาความเหมาะสมของเพคตินเพื่อใช้ในเครื่องสำอางควรเชื่อมโยงข้อมูล 3 ส่วนเข้าด้วยกัน ได้แก่ แหล่งวัตถุดิบ วิธีสกัด และสมบัติการก่อเจลในสูตรจริง การพิจารณาเฉพาะปริมาณเพคตินที่สกัดได้อาจไม่เพียงพอ เพราะเพคตินที่ให้ผลผลิตสูงอาจไม่ได้มีสมบัติและพฤติกรรมการไหลที่เหมาะกับตำรับเครื่องสำอางทุกประเภท

ในภาพรวม เพคตินมีศักยภาพในการใช้เป็นสารก่อเจลและสารเพิ่มความข้นธรรมชาติในตำรับเครื่องสำอาง เนื่องจากสามารถสร้างโครงข่ายเจล เพิ่มความหนืด ปรับเนื้อสัมผัส และช่วยคงตัวของระบบสูตรตำรับได้ อย่างไรก็ตาม การนำไปใช้จริงควรประเมินสมบัติในบริบทของผลิตภัณฑ์เป้าหมาย เช่น ค่าความหนืดที่เหมาะสม ความสามารถในการเกลี่ยบนผิว ความคงตัวเมื่อเก็บรักษา ความเข้ากันได้กับสารออกฤทธิ์ น้ำหอม สารกันเสีย และอิเล็กโทรไลต์ รวมถึงความรู้สึกหลังใช้บนผิวหนัง หากสามารถควบคุมปัจจัยเหล่านี้ได้ เพคตินจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรจะเป็นทางเลือกที่น่าสนใจสำหรับการพัฒนาสารก่อเจลธรรมชาติในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางที่ตอบโจทย์ทั้งประสิทธิภาพ ความปลอดภัย และความยั่งยืน

การประยุกต์ใช้ในระบบนำส่งสารออกฤทธิ์ (Active ingredient delivery systems)

นอกจากบทบาทในฐานะสารก่อเจลและสารเพิ่มความข้นแล้ว เพคตินยังมีศักยภาพในการประยุกต์ใช้เป็นวัสดุสำหรับระบบนำส่งสารออกฤทธิ์ในตำรับเครื่องสำอาง เนื่องจากมีโครงสร้างเป็นพอลิแซ็กคาไรด์ที่สามารถดูดซับน้ำ พองตัว สร้างโครงข่ายเจล และเกิดปฏิสัมพันธ์กับสารออกฤทธิ์ได้หลายรูปแบบ คุณสมบัติเหล่านี้ทำให้เพคตินสามารถทำหน้าที่เป็นพาหะในการกักเก็บ ปกป้อง และควบคุมการปลดปล่อยสารสำคัญ เช่น วิตามิน สารต้านอนุมูลอิสระ สารให้ความชุ่มชื้น สารต้านจุลชีพ และสารออกฤทธิ์จากพืช ซึ่งบางชนิดอาจไวต่อแสง ออกซิเจน ความร้อน หรือค่า pH เพคตินจึงมีความเหมาะสมต่อการนำไปพัฒนาผลิตภัณฑ์ดูแลผิวที่ต้องการเพิ่มความคงตัวของสารสำคัญ ลดการเสื่อมสภาพระหว่างการเก็บรักษา และยืดระยะเวลาการออกฤทธิ์บนผิวหนัง (Gutierrez-Alvarado et al., 2022; Kapoor et al., 2024)

ระบบนำส่งสารออกฤทธิ์ที่เกี่ยวข้องกับเพคตินมีหลายรูปแบบ เช่น ไมโครเอนแคปซูเลชัน (Microencapsulation) ไมโครสเฟียร์ (Microspheres) ไฮโดรเจล (Hydrogel) และอิมัลเจล โดยแต่ละระบบมีจุดเด่นแตกต่างกันตามลักษณะของสารออกฤทธิ์และวัตถุประสงค์ของตำรับ ไมโครเอนแคปซูเลชันเป็นเทคนิคที่ใช้กักเก็บสารออกฤทธิ์ไว้ภายในหรือภายใต้โครงสร้างพอลิเมอร์ เพื่อป้องกันการเสื่อมสภาพของสารสำคัญและควบคุมการปลดปล่อยเมื่อใช้งาน ในตำรับเครื่องสำอาง ระบบนี้มีประโยชน์อย่างมากต่อสารที่เสื่อมสภาพง่าย เช่น วิตามินอี วิตามินซี สารต้านอนุมูลอิสระ สารให้ความหอม และสารสกัดจากพืช เพคตินมีความเหมาะสมต่อระบบดังกล่าว เนื่องจากสามารถสร้างฟิล์มและโครงข่ายร่วมกับพอลิเมอร์ธรรมชาติชนิดอื่น เช่น อัลจิเนต ไคโตซาน หรือโปรตีนบางชนิด อีกทั้งยังมีความเข้ากันได้ทางชีวภาพและสอดคล้องกับแนวโน้มการใช้วัตถุดิบธรรมชาติในเครื่องสำอาง (Sai et al., 2024) ตัวอย่างของระบบไมโครสเฟียร์ที่ใช้เพคตินร่วมกับพอลิเมอร์ธรรมชาติชนิดอื่นแสดงดังรูปที่ 4 โดย Chien et al. (2024) รายงานการเตรียมไมโครสเฟียร์จาก sodium alginate ร่วมกับเพคตินจากเปลือก *Citrus depressa* Hayata สำหรับกักเก็บ quercetin และ nobiletin ซึ่งสะท้อนศักยภาพของเพคตินในการทำหน้าที่เป็นส่วนหนึ่งของระบบกักเก็บและควบคุมการปลดปล่อยสารออกฤทธิ์จากธรรมชาติ



CDH pectin-alginate microspheres **a** empty **b** loaded with quercetin and **c** loaded with nobiletin

รูปที่ 4 ไมโครสเฟียร์เพคติน-อัลจิเนตจากเพคตินเปลือก *Citrus depressa* Hayata: (a) ไมโครสเฟียร์เปล่า (b) ไมโครสเฟียร์ที่บรรจุ quercetin และ (c) ไมโครสเฟียร์ที่บรรจุ nobiletin

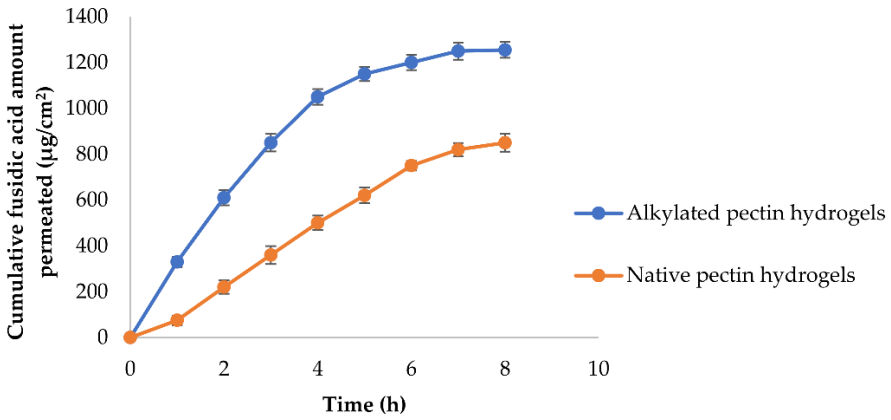
ที่มา: ดัดแปลงจาก Chien et al. (2024)

ตัวอย่างการประยุกต์ใช้ที่เกี่ยวข้องกับเครื่องสำอางโดยตรง คือการพัฒนาไมโครสเฟียร์เพคติน-อัลจิเนตสำหรับบรรจุวิตามินอี ซึ่งเป็นสารออกฤทธิ์ที่นิยมใช้ในผลิตภัณฑ์ดูแลผิว เนื่องจากมีบทบาทเป็นสารต้านอนุมูลอิสระและช่วยปกป้องผิวจากความเสื่อมที่เกิดจากอนุมูลอิสระ Dhat et al. (2009) รายงานการใช้เพคตินร่วมกับโซเดียมอัลจิเนตในการสร้างไมโครสเฟียร์

ที่สามารถบรรจุวิตามินอีได้ โดยไมโครสเฟียร์ที่ได้มีลักษณะคงรูปในสภาวะแห้ง สามารถพองตัวเมื่อผสมในเจลเครื่องสำอาง และสามารถปลดปล่อยวิตามินอีเมื่อมีการถูหรือเกลี่ยผลิตภัณฑ์บนผิวหนัง งานวิจัยดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าเพคตินสามารถใช้เป็นส่วนหนึ่งของระบบนำส่งสารออกฤทธิ์ที่ตอบสนองต่อการใช้งานจริงของผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางได้ โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์ที่ต้องการให้สารสำคัญถูกปลดปล่อยระหว่างการทาผิว

เพคตินยังสามารถประยุกต์ใช้ในรูปแบบไฮโดรเจล ซึ่งเป็นระบบพอลิเมอร์สามมิติที่สามารถกักเก็บน้ำได้สูงและมีลักษณะอ่อนนุ่มคล้ายเนื้อเยื่อชีวภาพ คุณสมบัติดังกล่าวทำให้เพคตินไฮโดรเจลมีความเหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์ดูแลผิวหลายประเภท เช่น เจลให้ความชุ่มชื้น เจลปลอบประโลมผิว แผ่นมาส์ก ไฮโดรเจลแพตช์ และผลิตภัณฑ์ที่ต้องการปลดปล่อยสารออกฤทธิ์เฉพาะที่ โครงสร้างเจลของเพคตินสามารถปรับได้ผ่านการเชื่อมโยงด้วยไอออน เช่น แคลเซียมไอออน หรือการปรับเปลี่ยนโครงสร้างทางเคมี เพื่อควบคุมการพองตัว ความแข็งแรงของเจล และอัตราการปลดปล่อยสารออกฤทธิ์ ระบบดังกล่าวจึงมีประโยชน์ต่อการพัฒนาตำรับเครื่องสำอางที่ต้องการทั้งความคงตัว เนื้อสัมผัสที่เหมาะสม และการปลดปล่อยสารสำคัญอย่างต่อเนื่อง (Kapoor et al., 2024; Rubio-Martin del Campo et al., 2025)

การปรับโครงสร้างของเพคตินให้มีสมบัติแอมฟิฟิลิก (Amphiphilic) เป็นอีกแนวทางหนึ่งที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการนำส่งสารออกฤทธิ์ โดยเฉพาะสารที่ละลายในไขมันหรือมีความชอบน้ำต่ำ เพคตินธรรมชาติโดยทั่วไปมีความชอบน้ำสูง จึงอาจมีข้อจำกัดในการกักเก็บสารออกฤทธิ์ชนิดไม่ชอบน้ำ การดัดแปรเพคตินด้วยหมู่อัลคิลหรือหมู่ที่มีความชอบไขมันสามารถช่วยเพิ่มปฏิสัมพันธ์กับสารออกฤทธิ์กลุ่มดังกล่าว และช่วยควบคุมพฤติกรรมการปลดปล่อยได้ดีขึ้น Bostanudin (2022) ศึกษาไฮโดรเจลจาก alkylated pectin สำหรับการนำส่ง fusidic acid ทางผิวหนัง พบว่าเพคตินที่ผ่านการปรับโครงสร้างสามารถบรรจุสารได้สูง มีการพองตัวต่ำกว่าเพคตินดั้งเดิม และให้การปลดปล่อยสารช้ากว่า ซึ่งสะท้อนว่าการดัดแปรโครงสร้างเพคตินสามารถใช้เป็นแนวทางในการออกแบบระบบนำส่งสารออกฤทธิ์สำหรับการใช้เฉพาะที่ได้ ผลการศึกษาดังกล่าวสามารถเห็นได้จากตัวอย่างการทดสอบการซึมผ่านของสารออกฤทธิ์ผ่านเยื่อจำลองผิวหนัง ดังแสดงในรูปที่ 5 ซึ่งสะท้อนว่าโครงสร้างไฮโดรเจลจากเพคตินที่ผ่านการดัดแปรสามารถส่งผลต่อพฤติกรรมการนำส่งสารออกฤทธิ์ทางผิวหนังได้ และอาจนำมาพิจารณาต่อยอดสำหรับผลิตภัณฑ์ดูแลผิวที่ต้องการควบคุมการปลดปล่อยสารสำคัญ



รูปที่ 5 การซึมผ่านของสารออกฤทธิ์ผ่านเยื่อจำลองผิวหนัง Strat-M® จากระบบไฮโดรเจลเพคติน
ที่มา: ดัดแปลงจาก Bostanudin (2022)

ในด้านการพัฒนาตำรับเครื่องสำอาง ระบบนำส่งสารออกฤทธิ์จากเพคตินมีข้อได้เปรียบหลายประการ ประการแรก เพคตินสามารถช่วยเพิ่มความคงตัวของสารสำคัญที่ไวต่อสภาวะแวดล้อม เช่น แสง ความร้อน ออกซิเจน และค่า pH ประการที่สอง โครงสร้างเจลหรือโครงสร้างแคปซูลของเพคตินสามารถช่วยควบคุมการปลดปล่อยสารสำคัญให้เกิดขึ้นอย่างค่อยเป็นค่อยไป ซึ่งอาจช่วยลดการระคายเคืองและเพิ่มระยะเวลาการออกฤทธิ์บนผิวหนัง ประการที่สาม เพคตินสามารถช่วยเพิ่มการยึดเกาะบนผิวและสร้างฟิล์มบางที่ช่วยรักษาความชุ่มชื้น และประการที่สี่ เพคตินสามารถใช้ร่วมกับพอลิเมอร์ธรรมชาติชนิดอื่นเพื่อออกแบบระบบนำส่งที่เหมาะกับสารออกฤทธิ์ทั้งชนิดชอบน้ำและชอบไขมัน คุณสมบัติเหล่านี้ทำให้เพคตินมีศักยภาพมากกว่าสารเพิ่มความข้นทั่วไป เพราะสามารถทำหน้าที่ได้ทั้งเป็นสารก่อเจล สารเพิ่มความคงตัว และพาหะนำส่งสารในระบบเดียวกัน (Gutierrez-Alvarado et al., 2022; Sai et al., 2024)

อย่างไรก็ตาม การประยุกต์ใช้เพคตินในระบบนำส่งสารออกฤทธิ์สำหรับเครื่องสำอางยังมีข้อจำกัดที่ต้องพิจารณา ความแตกต่างของเพคตินจากแต่ละแหล่งวัตถุดิบอาจส่งผลต่อความสามารถในการกักเก็บสารออกฤทธิ์ การพองตัว ความแข็งแรงของเจล และรูปแบบการปลดปล่อยสาร นอกจากนี้ ระบบเพคตินอาจได้รับผลกระทบจากส่วนประกอบอื่นในสูตรตำรับ เช่น สารกันเสีย น้ำหอม อิเล็กโทรไลต์ สารลดแรงตึงผิว และสารออกฤทธิ์บางชนิด ความคงตัวระหว่างการเก็บรักษาและพฤติกรรมการปลดปล่อยสารภายใต้สภาวะการใช้งานจริง เช่น ค่า pH ของผิว ความชื้น อุณหภูมิ และแรงถูขณะทาผลิตภัณฑ์ จึงเป็นประเด็นที่ต้องทดสอบเพิ่มเติมก่อนนำไปใช้ในระดับอุตสาหกรรม

กล่าวโดยสรุป เพคตินจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมีศักยภาพในการประยุกต์ใช้ในระบบนำส่งสารออกฤทธิ์ของเครื่องสำอาง ทั้งในรูปแบบไมโครเอนแคปซูเลชัน ไมโครสเฟียร์ ไฮโดรเจล และอิมัลเจล โดยสามารถช่วยเพิ่มความคงตัวของสารสำคัญ ควบคุมการปลดปล่อย และปรับปรุงคุณสมบัติการใช้งานของผลิตภัณฑ์ได้ อย่างไรก็ตาม การพัฒนาระบบดังกล่าวควรพิจารณาควบคู่กับโครงสร้างของเพคติน วิธีการสกัด ความเข้ากันได้กับสารออกฤทธิ์ และความเหมาะสมของสูตรตำรับ เพื่อให้สามารถใช้ประโยชน์จากเพคตินได้อย่างมีประสิทธิภาพ ปลอดภัย และเหมาะสมต่อการผลิตเครื่องสำอางในระดับอุตสาหกรรม

ข้อจำกัดและแนวทางพัฒนาสู่การใช้จริง (Limitations and practical development)

แม้เพคตินจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรจะมีศักยภาพในการใช้เป็นสารก่อเจลธรรมชาติสำหรับตำรับเครื่องสำอาง แต่การนำไปใช้จริงยังมีข้อจำกัดหลายประการที่ต้องพิจารณาอย่างรอบด้าน เนื่องจากเพคตินจากวัสดุเหลือใช้มีความแปรปรวนสูงกว่าสารสังเคราะห์ที่ผลิตภายใต้กระบวนการควบคุมอย่างเข้มงวด อีกทั้งคุณสมบัติของเพคตินยังได้รับอิทธิพลจากชนิดของวัตถุดิบ วิธีการเตรียมวัตถุดิบ กระบวนการสกัด การทำให้บริสุทธิ์ และเงื่อนไขการเก็บรักษา ดังนั้นก่อนนำเพคตินไปใช้เป็นส่วนประกอบในตำรับเครื่องสำอาง จึงควรพิจารณาข้อจำกัดสำคัญ ดังนี้

1. ความแปรปรวนของวัตถุดิบ วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรแต่ละชนิดมีองค์ประกอบทางเคมีแตกต่างกันตามชนิดพืช สายพันธุ์ อายุการเก็บเกี่ยว ฤดูกาล แหล่งเพาะปลูก วิธีการเก็บรักษา และกระบวนการแปรรูปก่อนนำมาสกัด ปัจจัยเหล่านี้ส่งผลต่อปริมาณเพคติน ระดับเอสเทอริฟิเคชัน น้ำหนักโมเลกุล ปริมาณกรดกาแลกทูโรนิก สี กลิ่น และสิ่งเจือปนที่อาจติดมากับวัตถุดิบ งานทบทวนเกี่ยวกับแหล่งที่มา การสกัด และคุณสมบัติของเพคตินชี้ว่า ผลผลิตและคุณภาพของเพคตินจากพืชแต่ละแหล่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และได้รับอิทธิพลจากวิธีสกัดที่ใช้ร่วมด้วย (Yi et al., 2024) ดังนั้น หากต้องการนำเพคตินจากวัสดุเหลือใช้ไปใช้จริงในเครื่องสำอาง จำเป็นต้องกำหนดเกณฑ์มาตรฐานของวัตถุดิบ เช่น ความชื้น ปริมาณสิ่งปนเปื้อน ความสดของวัตถุดิบ และเงื่อนไขการเก็บรักษาก่อนสกัด

2. กระบวนการสกัดและการทำให้บริสุทธิ์ วิธีการสกัดแบบดั้งเดิม เช่น การสกัดด้วยกรดร้อน แม้จะเป็นวิธีที่ใช้กันแพร่หลายและมีต้นทุนไม่สูง แต่มีข้อจำกัดด้านการใช้พลังงาน ระยะเวลาการสกัด การใช้กรด และความเป็นไปได้ที่สายพอลิเมอร์ของเพคตินจะเสื่อมสภาพ ในขณะที่เทคโนโลยีการสกัดสีเขียว (Green extraction) เช่น การสกัดด้วยไมโครเวฟ อัลตราโซนิก หรือเอนไซม์ มีข้อดีในการลดระยะเวลาและเพิ่มประสิทธิภาพของการสกัด แต่ยังต้องพิจารณาความเหมาะสมด้านต้นทุน อุปกรณ์ และความสามารถในการขยายผลสู่การผลิตจริง (Arumuganainar et al., 2025; Haque et al., 2025)

3. ความไม่สม่ำเสมอของคุณสมบัติเชิงฟังก์ชัน เพคตินที่ได้จากแหล่งวัตถุดิบและวิธีสกัดต่างกันอาจมีความแตกต่างด้านความหนืด ความสามารถในการก่อเจล การพองตัว ความสามารถในการอุ้มน้ำ และพฤติกรรมการปลดปล่อยสารออกฤทธิ์ การประเมินเพคตินเพื่อใช้ในเครื่องสำอางจึงไม่ควรพิจารณาเฉพาะผลผลิตจากการสกัด แต่ควรประเมินสมบัติโครงสร้างและสมบัติเชิงหน้าที่ร่วมกัน เช่น ระดับเอสเทอริฟิเคชัน น้ำหนักโมเลกุล หมู่ฟังก์ชัน ความบริสุทธิ์ และพฤติกรรมการไหล เพื่อให้สามารถคัดเลือกเพคตินที่เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์แต่ละประเภทได้ (Dixit et al., 2025)

4. ความเข้ากันได้กับสูตรตำรับเครื่องสำอาง เครื่องสำอางเป็นระบบสูตรที่มีองค์ประกอบหลากหลาย เช่น น้ำมัน สารลดแรงตึงผิว สารกันเสีย น้ำหอม สารออกฤทธิ์ อิเล็กโทรไลต์ และสารปรับค่า pH ส่วนประกอบเหล่านี้อาจส่งผลต่อการละลาย การพองตัว การเกิดเจล และความคงตัวของเพคตินได้ การใช้เพคตินในสูตรจริงจึงต้องทดสอบความเข้ากันได้กับองค์ประกอบอื่นอย่างเป็นระบบ เช่น การเปลี่ยนแปลงค่าความหนืด การแยกชั้น การตกตะกอน การเปลี่ยนสีหรือกลิ่น และความคงตัวภายใต้สภาวะเร่ง

5. ความปลอดภัย ความเป็นพิษ และการยอมรับทางผิวหนัง แม้เพคตินเป็นพอลิแซ็กคาไรด์ธรรมชาติที่มีประวัติการใช้ในอุตสาหกรรมอาหารและยา และโดยทั่วไปได้รับการยอมรับว่ามีความเข้ากันได้ทางชีวภาพค่อนข้างดี (Kapoor et al., 2024; Rubio-Martin del Campo et al., 2025) แต่การนำมาใช้ในตำรับเครื่องสำอางยังต้องพิจารณาความปลอดภัยในบริบทของการสัมผัสผิวหนังโดยตรง โดยเฉพาะเพคตินที่สกัดจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ซึ่งอาจมีความเสี่ยงจากสิ่งปนเปื้อน เช่น ดิน จุลินทรีย์ สารกำจัดศัตรูพืช โลหะหนัก ตัวทำละลายตกค้าง หรือสารประกอบบางชนิดที่ติดมากับวัตถุดิบและกระบวนการสกัด สิ่งปนเปื้อนเหล่านี้อาจส่งผลต่อสี กลิ่น ความคงตัวของสูตรตำรับ หรือเพิ่มความเสี่ยงต่อการระคายเคืองผิวหนังได้ ดังนั้น การประเมินความปลอดภัยของเพคตินสำหรับเครื่องสำอางจึงไม่ควรพิจารณาเฉพาะตัวเพคตินในฐานะพอลิเมอร์ธรรมชาติเท่านั้น แต่ควรครอบคลุมความบริสุทธิ์ของสารสกัด การปนเปื้อนทางจุลชีววิทยา โลหะหนัก สารเคมีตกค้าง ค่า pH ความเข้ากันได้กับสารกันเสียและสารออกฤทธิ์ รวมถึงการทดสอบการระคายเคืองหรือความเข้ากันได้กับผิวหนังตามแนวทางที่เหมาะสม โดยเฉพาะในผลิตภัณฑ์ที่สัมผัสผิวเป็นเวลานาน เช่น มาส์ก เจลบำรุงผิว ไฮโดรเจลแพตช์ หรือผลิตภัณฑ์สำหรับผิวบอบบาง นอกจากนี้ หากมีการดัดแปรโครงสร้างเพคติน เช่น การทำให้เป็น amidated pectin การเติมหมู่แอลคิล หรือการใช้เพคตินร่วมกับพอลิเมอร์ชนิดอื่นในระบบนำส่งสารออกฤทธิ์ ควรประเมินความเป็นพิษและความปลอดภัยของระบบสุดท้ายในระดับสูตรตำรับ ไม่ควรอนุมานจากความปลอดภัยของเพคตินดั้งเดิมเพียงอย่างเดียว (Bostanudin, 2022)

จากข้อจำกัดดังกล่าว แนวทางพัฒนาสู่การใช้จริงควรเริ่มจากการสร้างระบบมาตรฐานของวัตถุดิบและกระบวนการผลิต โดยคัดเลือกวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่มีปริมาณเพคตินเพียงพอ มีแหล่งผลิตสม่ำเสมอ และสามารถตรวจสอบย้อนกลับได้ ควบคู่กับการประเมินความบริสุทธิ์ ความปลอดภัย และความเป็นพิษของเพคตินที่สกัดได้ โดยเฉพาะเมื่อต้องการใช้ในผลิตภัณฑ์ที่สัมผัสผิวหนังโดยตรงหรือใช้ในระบบนำส่งสารออกฤทธิ์ จากนั้นควรปรับกระบวนการสกัดให้เหมาะสมกับวัตถุประสงค์การใช้งาน เช่น หากต้องการใช้เป็นสารก่อเจล ควรมุ่งรักษาน้ำหนักโมเลกุลและความสามารถในการสร้างโครงข่ายเจล หากต้องการใช้ในระบบนำส่งสารออกฤทธิ์ ควรเน้นความสามารถในการพองตัว การกักเก็บสาร และการควบคุมการปลดปล่อย งานทบทวนด้านความก้าวหน้าของเพคตินระบุว่าการใช้ประโยชน์จากเพคตินในอนาคตควรพิจารณาร่วมกันทั้งกระบวนการสกัด การทำให้บริสุทธิ์ โครงสร้าง กิจกรรมทางชีวภาพ และการประยุกต์ใช้ เพื่อให้สามารถพัฒนาเพคตินให้ตอบโจทย์อุตสาหกรรมต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสม (Xiang et al., 2024)

นอกจากนี้ ควรมีการพัฒนาการทดสอบในระดับตำรับจริงมากขึ้น แทนที่จะประเมินเฉพาะเพคตินในรูปวัตถุดิบเดี่ยว การทดสอบที่ควรดำเนินการ ได้แก่ การประเมินค่าความหนืด พฤติกรรมการไหล ความคงตัวต่ออุณหภูมิและรอบการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ความคงตัวของค่า pH การเข้ากันได้กับสารออกฤทธิ์และสารกันเสีย การทดสอบการปลดปล่อยสารออกฤทธิ์ และการประเมินความรู้สึกขณะใช้บนผิวหนัง ข้อมูลเหล่านี้จะช่วยให้สามารถกำหนดบทบาทของเพคตินในสูตรตำรับได้ชัดเจนว่าเหมาะสมในฐานะสารก่อเจล สารเพิ่มความข้น สารเพิ่มความคงตัว หรือพาหะนำส่งสารออกฤทธิ์

ในระดับอุตสาหกรรม แนวทางสำคัญคือการพัฒนาเพคตินจากวัสดุเหลือใช้ให้มีคุณภาพสม่ำเสมอและสามารถผลิตซ้ำได้ โดยควรกำหนดตัวชี้วัดคุณภาพ เช่น ความชื้น เถ้า ปริมาณกรดกาแลกทูโรนิก ระดับเอสเทอริฟิเคชัน ปริมาณเมทอกซิล น้ำหนักโมเลกุล ความหนืด สี กลิ่น และการปนเปื้อนทางจุลชีววิทยา รวมถึงควรประเมินต้นทุนและความเป็นไปได้ของกระบวนการผลิตเมื่อขยายจากระดับห้องปฏิบัติการไปสู่ระดับนำร่องและระดับอุตสาหกรรม ประเด็นเหล่านี้มีความสำคัญต่อการสร้างความเชื่อมั่นให้กับผู้พัฒนาตำรับและผู้ผลิตเครื่องสำอาง

โดยสรุป เพคตินจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมีศักยภาพในการพัฒนาเป็นสารก่อเจลธรรมชาติสำหรับตำรับเครื่องสำอาง แต่การนำไปใช้จริงยังต้องอาศัยการควบคุมคุณภาพวัตถุดิบ การเลือกวิธีสกัดที่เหมาะสม การประเมินคุณสมบัติเชิงฟังก์ชัน การทดสอบความเข้ากันได้กับสูตรตำรับ และการประเมินความปลอดภัยต่อผิวหนังอย่างรอบด้าน หากสามารถพัฒนาแนวทางเหล่านี้ได้อย่างเป็นระบบ เพคตินจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรจะสามารถเปลี่ยนจากของเหลือทางชีวภาพให้กลายเป็นวัตถุดิบมูลค่าสูงสำหรับอุตสาหกรรมเครื่องสำอาง และช่วยสนับสนุนแนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียนได้อย่างเป็นรูปธรรม

บทสรุป

เพคตินจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเป็นพอลิแซ็กคาไรด์ธรรมชาติที่มีศักยภาพในการประยุกต์ใช้เป็นสารก่อเจลและสารเพิ่มความข้นในตำรับเครื่องสำอาง เนื่องจากมีความสามารถในการสร้างโครงข่ายเจล เพิ่มความหนืด อุ้มน้ำ และช่วยควบคุมการปลดปล่อยสารออกฤทธิ์ได้ คุณสมบัติเหล่านี้ทำให้เพคตินสามารถทำหน้าที่ได้มากกว่าสารปรับเนื้อสัมผัสทั่วไป โดยอาจนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์ดูแลผิวหลายรูปแบบ เช่น เจล เซรั่ม อิมัลเจล ไฮโดรเจล มาส์ก และระบบนำส่งสารออกฤทธิ์เฉพาะที่

การใช้วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร เช่น เปลือกกล้วย เปลือกส้มโอ และเปลือกผลไม้ชนิดอื่นเป็นแหล่งสกัดเพคติน ช่วยเพิ่มมูลค่าให้กับของเหลือทางชีวภาพ ลดปริมาณของเสีย และสนับสนุนแนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียน อย่างไรก็ตาม ศักยภาพของเพคตินจากวัสดุเหลือใช้ไม่ได้ขึ้นอยู่กับผลผลิตจากการสกัดเพียงอย่างเดียว แต่ยังขึ้นอยู่กับโครงสร้างทางเคมี ระดับเอสเทอริฟิเคชัน น้ำหนักโมเลกุล ความบริสุทธิ์ วิธีการสกัด และสมบัติเชิงฟังก์ชันของเพคตินที่ได้ ดังนั้น การพัฒนาเพคตินเพื่อใช้ในเครื่องสำอางจึงต้องพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างแหล่งวัตถุดิบ กระบวนการสกัด และคุณสมบัติปลายทางของผลิตภัณฑ์อย่างเป็นระบบ

แม้เพคตินจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรจะมีข้อได้เปรียบด้านความเป็นธรรมชาติ ความอ่อนโยน และความยั่งยืน แต่การนำไปใช้จริงยังต้องอาศัยการศึกษาต่อเนื่องในหลายด้าน ได้แก่ การควบคุมคุณภาพวัตถุดิบ ความสม่ำเสมอของเพคตินระหว่างล็อตการผลิต ความเข้ากันได้กับองค์ประกอบในสูตรตำรับ ความคงตัวระยะยาว ความปลอดภัยต่อผิวหนัง และความเป็นไปได้ในการผลิตระดับอุตสาหกรรม หากสามารถพัฒนาแนวทางเหล่านี้ได้อย่างเหมาะสม เพคตินจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรจะสามารถเป็นวัตถุดิบธรรมชาติที่มีมูลค่าสูง และเป็นทางเลือกสำคัญสำหรับการพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางที่ตอบโจทย์ทั้งประสิทธิภาพ ความปลอดภัย และความยั่งยืนในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

นวลกมล อำนวยสิน, ณัฐญาภรณ์ เสือชุมแสง และเทพปัญญา เจริญรัตน์. (2561). การหาสภาวะที่เหมาะในการสกัดเพกทินจากเปลือกกล้วยหอมทองด้วยกรดไฮโดรคลอริกและกรดซิตริก. Thai Journal of Science and Technology. 7(5): 481-490.

พรพรรณ จิอู๋ และณัฐวุฒิ เนียมสอน. (2565). ผลของวิธีการสกัดต่อสมบัติทางกายภาพและเคมีของเพกทินจากกล้วยน้ำว้าสุกงอม. วารสารเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยสยาม. 17(1): 26-36.

วัฒนา อัจฉริยะโพธา และเบญจางค์ อัจฉริยะโพธา. (2022). การสกัดเพคตินจากเปลือกเสาวรสสีม่วงด้วยกรดผลไม้ภายใต้สภาวะที่เหมาะสม. J Sci Technol MSU. 41(6): 285-293.

สุนันท์ วิทิตสิริ. (2557). การเปรียบเทียบปริมาณเพกทินจากซังขนุนหนังจำปากรอบ โดยการสกัดด้วยน้ำร้อนและความดันไอสูง. วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา. 9(2): 95-112.

Arumuganainar, D.G., Ramesh, D.L., Pandurangan, P., Sunkar, S., Abraham, S., Samrot, A.V., Sainandhini, R., Thirumurugan, A. and Moovendhan, M. (2025). Sustainable pectin extraction: Navigating industrial challenges and opportunities with fruit by-products – A review. Process Biochemistry. 154: 234-245.

Bostanudin, M.F. (2022). Amphiphilic alkylated pectin hydrogels for enhanced topical delivery of fusidic acid: Formulation and in vitro investigation. Scientia Pharmaceutica. 90(1): 13.

Chan, S.Y., Choo, W.S., Young, D.J. and Loh, X.J. (2017). Pectin as a rheology modifier: Origin, structure, commercial production and rheology. Carbohydrate Polymers. 161: 118-139.

Chien, W.J., Dinesh Chandra, A., Saprini, H., Adhikari, S. and Saputri, D.S. (2024). Characterization and potential application of microspheres from sodium alginate cross-linked with pectin from Citrus depressa Hayata's peels. Beni-Suef University Journal of Basic and Applied Sciences. 13: 95.

De Lathauwer, G., De Rycke, D., Duynslager, A., Tanghe, S. and Oudt, C. (2004). Thickening of foaming cosmetic formulation. CD Proceedings 6th World Surfactant Congress CESIO. 154.

Dhat, S., Naik, S.R., Agharkar, A. and Kulkarni, P. (2009). Vitamin E loaded pectin alginate microspheres for cosmetic application. Journal of Pharmacy Research. 2(6): 1098-1102.

Dixit, S.S., Muruganandam, L. and Moorthy, I.G. (2025). Pectin from fruit peel: A comprehensive review on various extraction approaches and their potential applications in pharmaceutical and food industries. Carbohydrate Polymer Technologies and Applications. 9: 100708.

Franceschini, M., Pizzetti, F. and Rossi, F. (2025). On the key role of polymeric rheology modifiers in emulsion-based cosmetics. Cosmetics. 12(2): 76.

Gutierrez-Alvarado, K., Chacón-Cerdas, R. and Starbird-Perez, R. (2022). Pectin microspheres: Synthesis methods, properties, and their multidisciplinary applications. Chemistry. 4(1): 121-136.

Haque, S.M., Kabir, A., Ratemi, E., Elzagheid, M., Appu, S.P., Ghani, S.S. and Sarief, A. (2025). Greener pectin extraction techniques: Applications and challenges. Separations. 12(3): 65.

Kapoor, D.U., Garg, R., Gaur, M., Pareek, A., Prajapati, B.G., Castro, G.R., Suttiruengwong, S. and Sriamornsak, P. (2024). Pectin hydrogels for controlled drug release: Recent developments and future prospects. Saudi Pharmaceutical Journal. 32(4): 102002.

Kegl, T., Hlade, B. and Cucek, L. (2025). Enzyme-assisted extraction of pectin: A sustainable alternative to conventional techniques. Chemical Engineering Transactions. 120: 553-558.

Khamsucharit, P., Laohaphatanalert, K., Gavinlertvatana, P., Sriroth, K. and Sangseethong, K. (2018). Characterization of pectin extracted from banana peels of different varieties. Food Science and Biotechnology. 27(3): 623-629.

Li, Y., Zhou, Z., Zhao, X., Zhao, H. and Qu, X. (2018). The rheological and skin sensory properties of cosmetic emulsions: Influence of thickening agents. Journal of Cosmetic Science. 69: 67-75.

Lupi, F.R., Gabriele, D., Seta, L., Baldino, N., de Cindio, B. and Marino, R. (2015). Rheological investigation of pectin-based emulsion gels for pharmaceutical and cosmetic uses. Rheologica Acta. 54(1): 41-52.

Noysang, C., Buranasukhon, W. and Khuanekkaphan, M. (2019). Phytochemicals and pharmacological activities from banana fruits of several Musa species for using as cosmetic raw materials. Applied Mechanics and Materials. 891: 30-40.

Pei, C.C., Hsien, T.S., Hsuan, F.C., Hung, L.H., Chien, C.C. and Lee, M.Y. (2024). Microwave- and ultrasound-assisted extraction of pectin yield and physicochemical properties from lemon peel. Journal of Agriculture and Food Research. 15: 101009.

Rubio-Martin del Campo, K.N., Rivas-Gastelum, M.F., Garcia-Amezquita, L.E., Sepulveda-Villegas, M., López-Mena, E.R., Mejía-Méndez, J.L. and Sánchez-López, A.L. (2025). From nature to science: A review of the applications of pectin-based hydrogels. Macromol. 5(4): 58.

Sai, O.K.S., Aravind, U.K. and Aravindakumar, C.T. (2024). Pectin-based encapsulation systems for bioactive components. In Sharma, A., Editor. Biomaterials in Microencapsulation. IntechOpen.

Said, N.S., Olawuyi, I.F. and Lee, W.Y. (2023). Pectin hydrogels: Gel-forming behaviors, mechanisms, and food applications. Gels. 9(9): 732.

Sharma, S., Wani, K.M., Mujahid, S.M., Jayan, L.S. and Rajan, S.S. (2026). Review on pectin: Sources, properties, health benefits and its applications in food industry. Journal of Future Foods. 6(2): 205-219.

Shuai, X., Chen, J., Liu, H., Zhang, Y., Wang, X. and Li, B. (2022). The effects of pectin structure on emulsifying, rheological, and in vitro digestion properties of emulsion. Foods. 11(21): 3444.

Tsirigotis-Maniecka, M., Górska, E., Mazurek-Hołys, A. and Pawlaczyk-Graja, I. (2024). Unlocking the potential of food waste: A review of multifunctional pectins. Polymers. 16(18): 2670.

Ueda, J.M., Pedrosa, M.C., Heleno, S.A., Carocho, M., Ferreira, I.C.F.R. and Barros, L. (2022). Food additives from fruit and vegetable by-products and bio-residues: A comprehensive review focused on sustainability. Sustainability. 14(9): 5212.

Virtue Market Research. (2024). Sizing and thickening agents market research report – Segmented by type, distribution channel and region: Size, share, growth analysis, forecast 2024–2030. ค้นเมื่อ 13 พฤษภาคม 2569. https://virtuemarketresearch.com/report/sizing-and-thickening-agents-market

Wei, H.Y., Qi, J.R., Liao, J.S., Zhuo, T. and Xiao, R. (2025). Co-influence of the degree of esterification and degree of amidation on the properties of acid-sugar-calcium amidated pectin gels. Food Hydrocolloids. 159: 110707.

Xiang, T., Yang, R., Li, L., Lin, H. and Kai, G. (2024). Research progress and application of pectin: A review. Journal of Food Science. 89(11): 6985-7007.

Yapias, R.J.M., Areche, F.O., Calderón, G.D.L.C., Franco, L.E.Y., Yajahuanca, L.T., Fierro, Y.E.C., Poma, W.A.C. and Rodriguez, A.R. (2025). Optimized extraction of high-purity pectin from orange biowaste using synergistic ultrasound-microwave-assisted green technologies. Current Research in Nutrition and Food Science Journal. 13(2): 764-781.

Yi, L., Cheng, L., Yang, Q., Shi, K., Han, F., Luo, W. and Duan, S. (2024). Source, extraction, properties, and multifunctional applications of pectin: A short review. Polymers. 16(20): 2883.

Yu, Y., Lu, P., Yang, Y., Ji, H., Zhou, H., Chen, S., Qiu, Y. and Chen, H. (2024). Differences in physicochemical properties of pectin extracted from pomelo peel with different extraction techniques. Scientific Reports. 14: 9182.

การศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดข้าวเหนียวดำพันธุ์ดอยสะเก็ดในการต่อต้านจุลินทรีย์ก่อโรคในเครื่องสำอาง

A study of Doi Saket black glutinous rice (*Oryza sativa* L. (indica)) extract efficacy against pathogenic microorganisms in cosmetics

จิตรวดี ตั้งหิรัญรัตน์[1*] ปิยนุช พรมภมร[1] จันทรัสจ์ วุฒิสัตย์วงศ์กุล[1] อรพิณ โกมุติบาล[1] วรพจน์ หริตกุล[1] ขวัญจิต อิสระสุข[2] และกัลยาภรณ์ จันตรี[2]

Jittarawadee Tanghiranrat[1*], Piyanuch Prompamorn[1], Jantharat Wutisatwongkul[1], Orapin Komutiban[1], Woraphot Haritakun[1], Khwunjit Itsarasook[2] and Kanlayaporn Chantree[2]

[1]คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต กรุงเทพมหานคร
[1]Faculty of Science and Technology, Suan Dusit University, Bangkok
[2]คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง กรุงเทพมหานคร
[2]Faculty of Science, Ramkhamhaeng University, Bangkok
[*]Corresponding Author E-mail Address : jittarawadee.19@gmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและฤทธิ์ต้านเชื้อจุลินทรีย์ของสารสกัดข้าวเหนียวดำพันธุ์ดอยสะเก็ดที่สกัดด้วยเอทานอล 70% และ 90% ทดสอบปริมาณฟีนอลิกรวม ปริมาณฟลาโวนอยด์รวม ปริมาณแอนโทไซยานินรวม และร้อยละการต้านอนุมูลอิสระวิธี DPPH ผลการศึกษาพบว่าสารสกัดข้าวเหนียวดำที่สกัดด้วยเอทานอล 70 % มีปริมาณฟีนอลิกรวม ปริมาณฟลาโวนอยด์รวม ปริมาณแอนโทไซยานินรวม และร้อยละการต้านอนุมูลอิสระที่สูงเท่ากับ 97.20±0.08 mg GAE/g crude extract, 92.00±0.13 QE/g crude extract, 267.62±0.85 mg Cyanidin-3-glucoside/g crude extract และร้อยละ 88.35±0.47 ตามลำดับ นำสารสกัดข้าวเหนียวดำที่สกัดด้วยเอทานอล 70 % ประเมินฤทธิ์ต้านเชื้อจุลินทรีย์ด้วยวิธี agar well diffusion ต่อเชื้อ *Staphylococcus aureus, Escherichia coli, Pseudomonas aeruginosa* และ *Candida albicans* พบว่าสามารถยับยั้งเชื้อ *Staphylococcus aureus* ดีที่สุด รองลงมา คือ *Candida albicans, Escherichia coli และ Pseudomonas aeruginosa* มีโซนการยับยั้งเท่ากับ 15.3±2.10, 10.9±1.00, 10.4±2.01 และ 9.7±1.32 ตามลำดับ อย่างไรก็ตามการพัฒนาสารสกัดใช้เป็นสารกันเสียธรรมชาติร่วมกับสารกันเสียสังเคราะห์ อาจช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการต้านเชื้อจุลินทรีย์ และเพิ่มการนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางได้มากขึ้น

คำสำคัญ: ข้าวเหนียวดำ สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ การต้านอนุมูลอิสระ การยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์

Abstract

This study aimed to investigate the bioactive compound contents and antimicrobial activity of Doi Saket black glutinous rice extracts obtained using 70% and 90% ethanol as extraction solvents. The extracts were evaluated for total phenolic content, total flavonoid content, total anthocyanin content, and antioxidant activity using the DPPH radical scavenging assay. The results demonstrated that the extract obtained with 70% ethanol exhibited higher levels of bioactive compounds and antioxidant activity than the extract obtained with 90% ethanol. The total phenolic content, total flavonoid content, total anthocyanin content, and DPPH radical scavenging activity of the 70% ethanolic extract were 97.20±0.08 mg GAE/g crude extract, 92.00±0.13 mg QE/g crude extract, 267.62±0.85 mg cyanidin-3-glucoside/g crude extract, and 88.35±0.47%, respectively. The 70% ethanolic extract was subsequently selected for antimicrobial evaluation using the agar well diffusion method against *Staphylococcus aureus, Escherichia coli, Pseudomonas aeruginosa,* and *Candida albicans*. The extract exhibited the strongest inhibitory effect against *Staphylococcus aureus*, followed by *Candida albicans, Escherichia coli,* and *Pseudomonas aeruginosa*, with inhibition zone diameters of 15.3±2.10, 10.9±1.00, 10.4±2.01, and 9.7±1.32 mm, respectively. However, further development of the extract as a natural preservative, in combination with synthetic preservatives, may improve its antimicrobial effectiveness and increase its applicability in cosmetic formulations.

Keywords: Black glutinous rice, Bioactive compounds, antioxidant activity, antimicrobial activity.

บทนำ

การปนเปื้อนของจุลินทรีย์ในเครื่องสำอางสามารถเกิดขึ้นได้ 2 ทาง ได้แก่ ระหว่างขั้นตอนการผลิต และระหว่างการใช้เครื่องสำอาง เชื้อจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในเครื่องสำอางอาจเป็นเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรค เชื้อจุลินทรีย์ฉวยโอกาส รวมทั้งเชื้อจุลินทรีย์ไม่ก่อโรค ซึ่งการเจริญของจุลินทรีย์ ที่ปนเปื้อนในเครื่องสำอางสามารถทำให้เกิดการเปลี่ยนคุณลักษณะทางเคมีและลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ได้ ส่งผลให้เกิดการสูญเสียคุณลักษณะของเครื่องสำอาง นอกจากนี้ยังทำให้ ผู้บริโภคมีความเสี่ยงต่อการติดเชื้อจุลินทรีย์ทางเครื่องสำอางที่พบได้บ่อย ได้แก่ *Staphylococcus aureus, Candida albicans, Pseudomonas aeruginosa และ Escherichia coli* ดังนั้นการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์จึงเป็นปัญหาหนึ่งที่มีความสำคัญมากในอุตสาหกรรมเครื่องสำอาง การใช้สารกันเสียจึงเป็นอีกวิธีหนึ่งที่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ได้ โดยการใช้สารสกัดจากธรรมชาติซึ่งเป็นอีกหนึ่งทางเลือกเพื่อเพิ่มความปลอดภัยให้กับผู้บริโภค ได้มีรายงานการวิจัยหลายฉบับที่ได้ศึกษาสารสกัดจากข้าวเหนียวดำ เนื่องจากข้าวเหนียวดำพันธุ์ดอยสะเก็ด (*Oryza Sativa* L. (indica)) มีสารสำคัญที่พบคือ แอนโทไซยานิน (Anthocyanin) ซึ่งเป็นสารรงควัตถุให้สีซึ่งที่อยู่บริเวณเยื่อหุ้มเมล็ด (สุภาภรณ์ ญะเมืองมอญ และคณะ, 2559) และมีปริมาณสารแอนโทไซยานินสูงเมื่อเปรียบเทียบกับข้าวก่ำพันธุ์อื่น ๆ นอกจากนี้ยังพบองค์ประกอบของสารสำคัญได้แก่สารฟีนอลิก (Fenolic) แอลคอลอยด์ (Alkaloid) และโอไรซานอล (Oryzanol) (อชิตยา โรจนสโรช, 2551) ซึ่งเป็นสารที่มีฤทธิ์ต้าน

อนุมูลอิสระซึ่งสามารถนำมาใช้ในด้านต่าง ๆ เช่น เสริมทางคุณค่าโภชนาการ ใช้เป็นสารออกฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง นอกจากนี้ยังสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในด้านการใช้เป็นวัตถุดิบทางเครื่องสำอางในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรค จึงมีการวิจัยและศึกษาประสิทธิภาพในการยับยั้งแบคทีเรียก่อโรค โดยงานวิจัยของ กรกต สุนทรกุล และคณะ (2555) จากผลการทดลองพบว่า สาโทแดงที่ผลิตจากข้าวเหนียวดำ โดยปริมาณข้าวเหนียวดำ 70% (w/w) ร่วมกับราชนิด *M. purpureus* TISTR 3002 สามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียก่อโรคทั้ง 6 สายพันธุ์ *Bacillus cereus*, *Staphylococcus aureus* TISTR 029, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27533, *Escherichia coli* TISTR 073, *Enterobacter aerogenes* TISTR 1540 และ*Salmonella typhimurium* TISTR 292 งานวิจัยของ Khairi et al. (2023) ศึกษากิจกรรมการเตรียมสูตรและ ประสิทธิภาพของเจลสกัดจากข้าวเหนียวดำต่อต้านแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* และ *Escherichia coli* พบว่าสารสกัดข้าวเหนียวดำสามารถเตรียมเป็นเจลต้านแบคทีเรียที่ตรงตามข้อกำหนดด้านประสาทสัมผัส ความเป็นเนื้อเดียวกัน ค่า pH การกระจายตัว และการยึดเกาะ จากผลการทดสอบประสิทธิภาพในการต้านเชื้อแบคทีเรีย พบว่า มีบริเวณที่ชัดเจนซึ่งแสดงถึงความสามารถในการยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียที่ทดสอบโดยเจล สารสกัดจากข้าวเหนียวดำสามารถนำมาผลิตเป็นเจลในรูปแบบยาที่มีความเข้มข้นของสารสกัด 10% การยับยั้งแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* จัดอยู่ในระดับดี คือ 11.17 ± 0.34 mm. ในขณะที่การยับยั้งแบคทีเรีย *Escherichia coli* ก็อยู่ในระดับดีเท่ากับ 12.20 ± 0.46 mm. ตามลำดับ

ดังนั้น งานวิจัยนี้มุ่งเน้นประโยชน์จากการนำสารสกัดจากข้าวเหนียวดำพันธุ์ดอยสะเก็ดมาเป็นสารสำคัญออกฤทธิ์ (active ingredient) ในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง เนื่องจากสารสำคัญมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งของการเกิดริ้วรอยบนผิว และสารสกัดข้าวเหนียวดำพันธุ์ดอยสะเก็ดยังมีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ (Natural Preservative) ซึ่งมีความปลอดภัยมากว่าสารกันเสียสังเคราะห์ (Synthetic Preservative) เพื่อเป็นทางเลือกใหม่ให้กับผู้บริโภค นอกจากนี้ ยังเป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางและเพิ่มมูลค่าให้กับข้าวเหนียวดำพันธุ์ก่ำดอยสะเก็ด

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

1. วัสดุ อุปกรณ์

1.1 ตู้อบลมร้อนควบคุมอุณหภูมิ (Hot air oven) ยี่ห้อ Memmert ประเทศเยอรมัน
1.2 เครื่องปั่นบดผงความเร็วสูง (Grinding Pin Mill Machine)
1.3 เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง (Analytical Balance) ยี่ห้อ Pioneer, รุ่น Ohaus
1.4 เครื่องกลั่นระเหยระบบสุญญากาศ (Rotary evaporater) ยี่ห้อ BUCHI รุ่น R-205/V ประเทศสวิตเซอร์แลนด์
1.5 ไมโครปิเปตต์ (Micropipette) ขนาด 20-200 ไมโครลิตร ยี่ห้อ Nichiryo ประเทศญี่ปุ่น
1.6 ไมโครปิเปตต์ (Micropipette) ขนาด 100-1000 ไมโครลิตร ยี่ห้อ Nichiryo ประเทศญี่ปุ่น
1.7 เครื่องวัดการดูดกลืนแสง (Microplate Reader) ยี่ห้อ biochrom, รุ่น EZ read 2000
1.8 ตู้บ่มเชื้อ (Incubator) (MEMMERT รุ่น ULE 500, Germany)
1.9 หม้อนึ่งฆ่าเชื้อแรงดันไป (Autoclave) (รุ่น AC-80 ยี่ห้อ HANYANG SCIENCE, Chaina)
1.10 เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (*Biochrom*. รุ่น *EZ Read 2000*, United kingdom)

2. สารเคมี และเชื้อจุลินทรีย์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ทางเชื้อจุลชีววิทยา

2.1 Sabouraud Dextrose Broth (SDB)

2.2 Mueller Hinton Broth (MHB)

2.3 Modified Letheen Broth (MLB)

2.4 เชื้อจุลินทรีย์ *Staphylococcus aureus* สายพันธุ์ ATCC 25923

2.5 เชื้อจุลินทรีย์ *Pseudomonas aeruginosa* สายพันธุ์ ATCC 27853

2.6 เชื้อจุลินทรีย์ *Escherichia coli* สายพันธุ์ ATCC 25922

2.7 เชื้อจุลินทรีย์ *Candida albicans* สายพันธุ์ ATCC 10231

3. วิธีการ

3.1 วัตถุดิบ

ข้าวเหนียวดำพันธุ์ดอยสะเก็ด ซื้อจากบ้านเย็นตา เกษตรอินทรีย์เลขที่ 116 หมู่บ้าน สันทราย หมู่ที่ 6 ตำบล ลวงเหนือ อำเภอดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่ ใช้วิธีการเพาะปลูกแบบธรรมชาติ (เกษตรอินทรีย์) เพาะปลูกในช่วงเดือน สิงหาคม – ธันวาคม ของทุกปี

3.2 การเตรียมผงข้าวเหนียวดำ

นำข้าวเหนียวดำที่ใช้ในการศึกษา คือสายพันธุ์ดอยสะเก็ดปริมาณ 1,000 g มาทำให้แห้งโดยเครื่องอบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50±2°C เป็นเวลา 20 min รอให้เย็นวัดค่าความชื้นซึ่งอยู่ระหว่างร้อยละ 7-8 แล้วนำมาบรรจุใส่ถุงโพลิเอทิลีนด้วยเครื่องบรรจุแบบสุญญากาศเก็บไว้ในโถดูดความชื้นที่อุณหภูมิห้อง (25±2°C) ตามวิธีของ Parnsakhorn and Noomhorm (2012) จากนั้นนำข้าวเหนียวดำสายพันธุ์ดอยสะเก็ดมาบดเป็นผงละเอียดด้วยเครื่องปั่นบดผงความเร็วสูงเก็บใส่ถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ที่อุณหภูมิห้องเพื่อนำวัตถุดิบใช้ในการวิเคราะห์ขั้นตอนถัดไป

3.3 การสกัดข้าวเหนียวดำสำหรับวิเคราะห์สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ

ชั่งผงข้าวเหนียวดำ 50 g ใส่ในขวดรูปชมพู่แล้วเติมเอทานอลที่ความเข้มข้นร้อยละ 70 และ 90 ตามลำดับ ปริมาตร 500 ml แล้วนำขวดรูปชมพู่ไปกวนสารละลายที่อุณหภูมิห้องด้วยเครื่อง Hotplate stirrer ที่ความเร็วรอบ 150 rpm เป็นเวลา 3 ชั่วโมง นำมากรองด้วยกระดาษกรอง (Whatman No.1) ทำการระเหยโดยใช้เครื่อง Rotary Vacuum Evaporator ที่อุณหภูมิ 45±2°C ดัดแปลงจากวิธีของ Tewaruth (2007) และคำนวณหาร้อยละของสารสกัดที่ได้ต่อน้ำหนักพืชแห้ง (% Yield) จากนั้นเก็บสารสกัดไว้ในขวดสีชาที่มีฝาปิดสนิทที่อุณหภูมิ -18°C เพื่อวิเคราะห์ขั้นตอนต่อไป

$$\% \text{ Yield} = [\text{น้ำหนักของสารสกัด (g)} / \text{น้ำหนักของพืช (g)}] \times 100$$

3.4 การวิเคราะห์และการหาปริมาณฟีนอลิกรวม

การวิเคราะห์หาปริมาณฟีนอลิกรวมโดยใช้วิธี Folin–Ciocalteu reagent ดัดแปลงจากวิธีของ Noridayu et al. (2011) เตรียมตัวอย่างปริมาตร 10 mg/ml แล้วปิเปตสารละลายตัวอย่างปริมาตร 20 µl และ 10% Folin-Ciocalteu reagent ปริมาตร 20 µl หลังจากนั้นผสมสารละลาย 7.5% (w/v) sodium carbonate ปริมาตร 200 µl หลังจากนั้นปิเปตลง 96 well plate บ่มไว้ในที่มืด 30 นาที ที่อุณหภูมิห้องนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Microplate Reader ที่ความยาวคลื่น 765 nm คำนวณหาปริมาตรสารประกอบปริมาตรฟีนอลิกรวมในตัวอย่างเปรียบเทียบจากกราฟมาตรฐาน

(calibration standard curve) ของ Gallic acid ในหน่วยคำนวณในรูปมิลลิกรัมสมมูลของ Gallic Acid Equivalent (GAE)/g extract ทำการทดลอง 3 ครั้ง (triplicate)

3.5 การวิเคราะห์และการหาปริมาณฟลาโวนอยด์รวม

การวิเคราะห์หาปริมาณฟลาโวนอยด์รวมโดยใช้วิธี Aluminum Chloride assay (ดัดแปลงวิธีจากสุธิรา มณีฉาย และประสบอร รินทอง, 2559) เตรียมตัวอย่างที่ความเข้มข้น 10 mg/ml ปริมาตร 25 µl ผสมกับ Ethanol 95% ปริมาตร 75 µl และ 10% Aluminium chloride ปริมาตร 10 µl และ 1.0 M potassium acetate 10 µl และน้ำกลั่นปริมาตร 140 µl ใน 96 well plate บ่มในที่มืดที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 40 min หลังจากนั้นนำตัวอย่างไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องไมโครเพลทรีดเดอร์ (Microplate Reader) ที่ความยาวคลื่น 415 nm นำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้ไปคำนวณหาปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์รวมในสารสกัดโดยเปรียบเทียบจากกราฟมาตรฐานของ Quercetin ในรูปแบบ mg QE/g extract ทำการทดลอง 3 ครั้ง (triplicate)

3.6 ปริมาณแอนโทไซยานิน

วิเคราะห์ด้วยวิธี pH differential method ดัดแปลงตามวิธีของ Tananuwong and Tewaruth (2010) นำตัวอย่างมาเจือจางด้วยสารละลาย KCl buffer pH 1.0 ในอัตราส่วน 20 : 180 และสารละลาย CH3COONa pH 4.5 ในอัตราส่วน 20 : 180 ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาทีที่วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 510 และ 700 nm ปริมาณแอนโทไซยานินจะคำนวณออกมาในรูป cyanidin-3-glucoside ตามสมการข้างล่างดังนี้

$$A_{diff} = [(A_{510}-A_{700})\ pH1.0] - [(A_{510}-A_{700})\ pH4.5]$$

โดยกำหนดให้ A_{510} คือค่า absorbance 510 nm วัดจากค่า Potassium chloride buffer pH 1 และ Sodium acetate buffer pH 4.5

A_{700} คือค่า absorbance 700 nm วัดจากค่า Potassium chloride buffer pH 1 และ Sodium acetate buffer pH 4.5

A_{diff} คือค่า absorbance ที่ได้จากการคำนวณ

นำค่า A_{diff} ไปคำนวณปริมาณแอนโทไซยานินที่อยู่ในรูป Monomeric anthocyanin pigment (mg cyanidin-3-glucoside/L) จากสมการข้างล่างดังนี้

$$\text{Monomeric anthocyanin pigment (mg/L)} = [A_{diff} \times MW \times DF \times 1000]/e$$

โดยกำหนดให้ MW คือ molecular weight of cyanidin-3-glucoside 449.2g/mol

DF คือ dilution factor (10)

e คือ molar absorptivity of cyanidin-3-glucoside (26,900l/mol/cm)

3.7 การวิเคราะห์หาฤทธิ์ต้านออกซิเดชันด้วยวิธี DPPH assay

ดัดแปลงจากวิธีของ Itsarasook et al. (2014) โดยใช้สารที่มีคุณสมบัติเป็นอนุมูลอิสระ คือ อนุมูลอิสระดีพีพีเอช (DPPH, 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) ซึ่งเป็นสารสังเคราะห์ที่อยู่ในรูปอนุมูลอิสระที่คงตัวและมีสีม่วง เมื่อ DPPH ทำปฏิกิริยากับสารต้านออกซิเดชันที่ละลายด้วยเอทานอล จะทำให้สีม่วงจางลงจนเป็นสีเหลือง การเตรียมสารละลายดีพีพีเอช (DPPH reagent) โดยชั่งดีพีพีเอช 0.00197 g ละลายในเอทานอล 25 ml ทำการทดสอบกับสารละลายตัวอย่าง โดยผสมสารละลายตัวอย่าง 75 µl กับ สารละลายดีพีพีเอช 150 µl ใน 96 well plate ตั้งทิ้งไว้ที่มืดเป็นเวลา 30 min วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 515 nm โดยใช้สารมาตรฐาน Trolox เป็นสารมาตรฐานจากนั้นนำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้มาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การยับยั้งจากสมการด้านล่าง

$$\% \text{ Free radical scavenging activity} = [(A_{control} - A_{sample}) / A_{control}] \times 100$$

เมื่อ A sample คือ ค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้ของสารละลาย DPPH กับสารละลายตัวอย่าง และ A control คือ ค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้ของสารละลาย DPPH ที่ไม่มีตัวอย่างสารสกัด

3.8 การเตรียมเชื้อจุลินทรีย์

การเพาะเลี้ยงเชื้อแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* สายพันธุ์ ATCC 25923, *Pseudomonas aeruginosa* สายพันธุ์ ATCC 27853, *Escherichia coli* สายพันธุ์ ATCC 25922 และเชื้อยีสต์ *Candida albicans* สายพันธุ์ ATCC 10231 ในอาหารเหลว Mueller Hinton Broth (MHB) สำหรับเชื้อแบคทีเรีย บ่มที่อุณหภูมิ 37°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และ Sabouraud Dextrose Broth (SDB) สำหรับเชื้อยีสต์บ่มที่อุณหภูมิ 25°C เป็นเวลา 48 ชั่วโมง จากนั้นนำไปวัดความขุ่นด้วยเครื่อง Microplate Reader ที่ความยาวคลื่น 600 nm ให้มีค่า absorbance อยู่ที่ 0.3 (จำนวนเซลล์ 10^8 CFU/ml) (อมรรัตน์ สีสุกอง และคณะ, 2559)

3.9 การประเมินฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรียและยีสต์ของสารสกัดข้าวเหนียวดำพันธุ์ดอยสะเก็ด

ประเมินฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรียและยีสต์ของสารสกัด ด้วยวิธี Agar well diffusion โดยเชื้อจุลินทรีย์ที่ใช้ในการทดสอบ ได้แก่ *S. aureus, P. aeruginosa, E. coli* และยีสต์ *C. albicans* โดยอ้างอิงจากวิธีของปิยนุช พรมภมร และคณะ (2565) โดยนำเชื้อแบคทีเรีย *S. aureus, P. aeruginosa,* และ *E. coli* มาเลี้ยงในอาหาร Mueller Hinton Broth (MHB) ส่วน *C. albicans* เลี้ยงในอาหาร Sabouraud Dextrose Broth (SDB) นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นปรับค่าความขุ่นของเชื้อให้เท่ากับ McFarland No. 0.5 แล้วทำการเจือจาง 10 เท่าเพื่อให้มีจำนวนจุลินทรีย์เท่ากับ 1.5×10^7 CFU/ml จากนั้นใช้ไม้พันสำลีที่ฆ่าเชื้อแล้วจุ่มลงไปในสารละลายของเชื้อที่เตรียมไว้ กดและบิด Cotton swab กับข้างหลอด แล้วกระจายเชื้อให้ทั่วผิวหน้าของอาหารเลี้ยงเชื้อด้วยวิธี Three dimension swab ทิ้งไว้ประมาณ 3-5 นาที ให้ผิวหน้าของอาหารเลี้ยงเชื้อแห้ง โดยเชื้อแบคทีเรียใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ Mueller Hinton Agar (MHA) ส่วนยีสต์ทดสอบด้วยอาหาร Sabouraud Dextrose Agar (SDA) จากนั้นทำการเจาะอาหารเลี้ยงเชื้อด้วย Steriled cork borer ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 mm ปิเปตสารสกัดความเข้มข้นต่าง ๆ ปริมาตร 40 µl ต่อหลุม ลงไปในหลุมที่เจาะเอาไว้ ใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ MHB และ/หรือ SDB เป็น Negative control ใช้ Phenoxyethanol ความเข้มข้น 1 mg/ml เป็น positive control จากนั้นนำจานอาหารไปบ่มที่อุณหภูมิ 37°C เป็น เวลา 24 ชั่วโมงสำหรับเชื้อแบคทีเรีย และอุณหภูมิ 25°C เป็นเวลา 72 ชั่วโมง

สำหรับยีสต์ แล้วนำไปวัดบริเวณการยับยั้ง (Inhibition zone) แต่ละการทดลองทำ 3 ครั้งและนำค่าที่ได้มาหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

3.10 วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ในการทดลองทำการทดลอง 3 ซ้ำ แสดงผลในรูปค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ซึ่งได้จากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม SPSS โดยทำการทดสอบแบบ One way analysis of variance (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามวิธีของ Duncan's multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p \leq 0.05$)

ผลการวิจัย

1. ลักษณะทางกายภาพ และร้อยละผลผลิต (%Yield) ของสารสกัดข้าวเหนียวดำพันธุ์ดอยสะเก็ด

จากตารางที่ 1 แสดงลักษณะทางกายภาพของสารสกัดข้าวเหนียวดำพันธุ์ดอยสะเก็ด พบว่าข้าวเหนียวดำพันธุ์ดอยสะเก็ดที่สกัดด้วยเอทนอล 70% มีลักษณะเป็นของเหลวสีม่วงเข้ม ส่วนที่สกัดด้วยเอทานอล 90% มีลักษณะเป็นของเหลวสีน้ำตาลเข้ม ร้อยละผลผลิต (%Yield) มีค่าเท่ากับ 11.46±0.67 และ 8.87±0.33% yield ตามลำดับ ทั้งนี้ร้อยละผลผลิต (% Yield) มีค่าแตกต่างกันทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความแปรผันของผลผลิต การมีขั้วของตัวทำละลาย และชนิดของสารประกอบในข้าวเหนียวดำพันธุ์ดอยสะเก็ด

ตารางที่ 1 ลักษณะทางกายภาพ และร้อยละผลผลิต (%Yield) ของสารสกัดข้าวเหนียวดำพันธุ์ดอยสะเก็ด

Ethanol concentration level	Physical characteristics	ร้อยละผลผลิต (%Yield)
70%	ของเหลวสีม่วงเข้ม	11.46 ± 0.67^{a}
90%	ของเหลวสีน้ำตาลเข้ม	8.87 ± 0.33^{b}

หมายเหตุ : Each value represented a mean ± standard deviation; Means with the different $^{a-b}$ letters in the column are significantly difference at $p \leq 0.05$

2. การวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกรวม ปริมาณฟลาโวนอยด์รวม ปริมาณแอนโทไซยานินรวม และฤทธิ์ต้านออกซิเดชันของสารสกัดข้าวเหนียวดำ

การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม ปริมาณฟลาโวนอยด์รวม แอนโทไซยานินรวม และการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH ของสารสกัดจากข้าวเหนียวดำที่สกัดด้วยเอทานอลความเข้มข้น 70% และ 90% แสดงผลดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม ฟลาโวนอยด์รวม แอนโทไซยานินรวม และสารต้านอนุมูลอิสระในสารสกัดเหนียวดำพันธุ์ดอยสะเก็ด

	Amount of important substances			Antioxidant activity
Ethanol concentration level	Total phenolics (mg GAE/g crude extract)	Total flavonoids (mg QE/g crude extract)	Total anthocyanins (mg Cyanidin-3-glucoside/g crude extract)	DPPH (% Inhibition)
70%	97.20±0.08[a]	92.00±0.13[a]	267.62±0.85[a]	88.35±0.47[b]
90%	94.30±0.05[b]	42.20±0.20[b]	130.47±1.71[b]	79.93±0.17[c]
Trolox				89.25±0.20[a]

หมายเหตุ : Each value represented a mean ± standard deviation; Means with the different [a-c] letters in the column are significantly difference at $p \leq 0.05$

จากตารางที่ 2 จะเห็นว่าสารสกัดข้าวเหนียวดำพันธุ์ดอยสะเก็ดที่ความเข้มข้นของเอทานอล 70% มีปริมาณฟีนอลิกรวม ปริมาณฟลาโวนอยด์รวม และปริมาณแอนโทไซยานินรวมในปริมาณที่สูงกว่าสารสกัดข้าวเหนียวดำที่ความเข้มข้นของเอทานอล 90% มีค่าเท่ากับ 97.20±0.08 mg GAE/g crude extract, 92.00±0.13 mg QE/g crude extract และ 267.62±0.85 mg Cyanidin-3-glucoside/g crude extract ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าความเข้มข้นของสารละลายเอทานอลมีผลต่อปริมาณฟีนอลิกรวม ปริมาณฟลาโวนอยด์รวม และปริมาณแอนโทไซยานินรวมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

เมื่อทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH ของสารสกัดข้าวเหนียวดำพันธุ์ดอยสะเก็ดที่สกัดด้วยเอทานอล 70% มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่ดีกว่าสารสกัดข้าวเหนียวดำพันธุ์ดอยสะเก็ดที่สกัดด้วยเอทานอลความเข้มข้น 90% ซึ่งมีร้อยละการยับยั้งอนุมูลอิสระเท่ากับ 88.35±0.47 แสดงว่าความเข้มข้นของสารละลายเอทานอลมีผลต่อร้อยละการต้านอนุมูลอิสระอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

3. การศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดข้าวเหนียวดำพันธุ์ดอยสะเก็ดในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ด้วยวิธี Agar well diffusion

จากการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม ปริมาณฟลาโวนอยด์รวม แอนโทไซยานินรวม และการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH ของสารสกัดข้าวเหนียวดำพันธุ์ดอยสะเก็ด พบว่า สารสกัดข้าวเหนียวดำพันธุ์ดอยสะเก็ดที่ความเข้มข้นของเอทานอล 70% มีปริมาณฟีนอลิกรวม ปริมาณฟลาโวนอยด์รวม และปริมาณแอนโทไซยานินรวมในปริมาณที่สูงกว่าสารสกัดข้าวเหนียวดำที่ความเข้มข้นของเอทานอล 90% จึงนำมาทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ด้วยวิธี Agar well diffusion มาทำการทดสอบการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรค 4 สายพันธุ์ ได้แก่ *Staphylococcus aureus, Pseudomonas aeruginosa, Escherichia coli* และยีสต์ *Candida albicans* โดยใช้ระดับความเข้มข้นของสารสกัดเท่ากับ 100, 50, 25, 12.5, 6.25 และ 3.125 mg/ml

จากผลการทดสอบพบว่าสารสกัดจากข้าวเหนียวดำพันธุ์ดอยสะเก็ดที่สกัดด้วยเอทานอล 70% ที่ระดับความเข้มข้น 100 mg/ml สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อ *Staphylococcus aureus* ได้ดีที่สุดรองลงมา คือ *Candida albicans,*

Escherichia coli และ Pseudomonas aeruginosa มีโซนการยับยั้งเท่ากับ 15.3±2.10**,** 10.9±1.00, 10.4±2.01 **และ** 9.7±1.32 **ตามลำดับ** แสดงว่าความเข้มข้นของสารละลายเอทานอลมีผลต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังตารางที่ 3 และรูปที่ 1

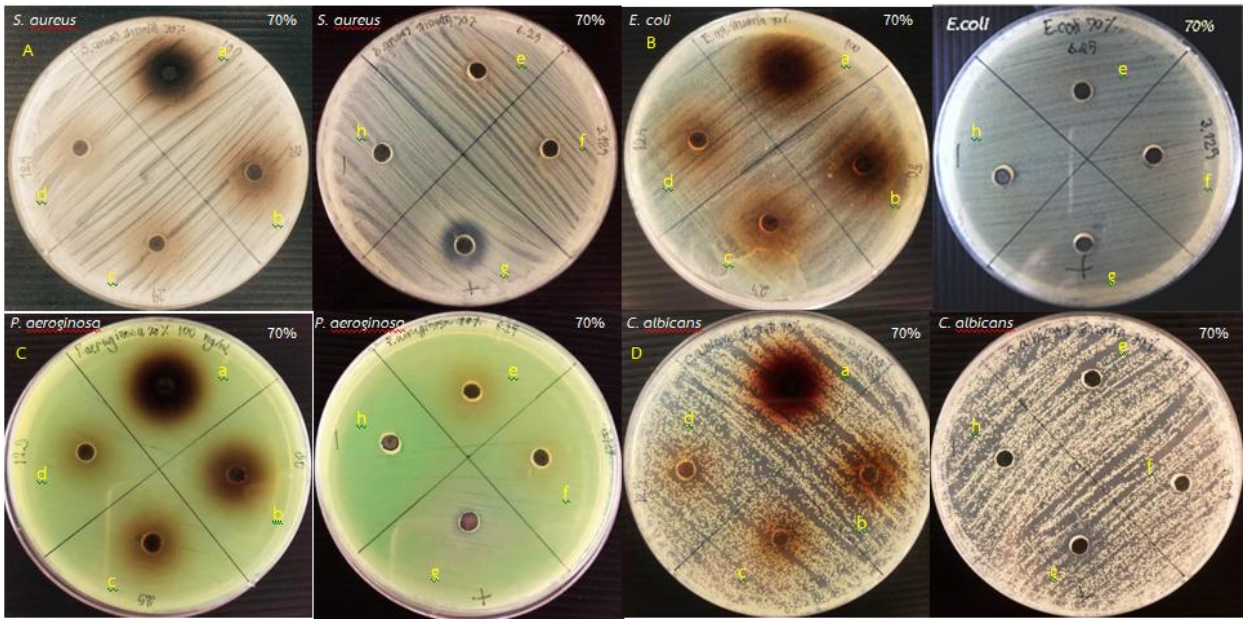
ตารางที่ 3 ประสิทธิภาพการต้านเชื้อจุลินทรีย์ของสารสกัดข้าวเหนียวดำพันธุ์ดอยสะเก็ด

Ethanol concentration level	Concentration of the extract (mg/ml)	Diameter of inhibition zone (Mean ± SD; mm)			
		S. aureus	*E. coli*	*P. aeruginosa*	*C. albicans*
70%	100	15.3±2.10^{b}	10.4±2.01^{a}	9.7±1.32^{a}	10.9±1.00^{a}
	50	7.1±0.92^{c}	8.3±0.50^{b}	7.3±1.91^{c}	-
	25	6.4±1.92^{d}	6.1±1.11^{d}	-	6.1±1.06^{c}
	12.5	-	-	-	-
	6.25	-	-	-	-
	3.125	-	-	-	-
	Phenoxyethanol	15.2±1.09^{a}	8.0±0.89^{c}	8.2±0.67^{b}	9.3±0.90^{b}

หมายเหตุ: 6 mm is the diameter of the cork borer.

- Means there is no microbial inhibition zone.

Each value represented a mean ± standard deviation; Means with the different $^{a-d}$ letters in the column are significantly difference at $p \leq 0.05$



รูปที่ 1 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของการยับยั้งเชื้อ *(A) S. aureus*, (B) *E. coli*, *(C) P. aeruginosa* **และ** *(D) C. albicans* เมื่อทดสอบด้วยสารสกัดข้าวเหนียวดำพันธุ์ดอยสะเก็ดสกัดด้วยเอทานอลความเข้มข้น 70% ที่ความเข้มข้น (a) 100 mg/ml, (b) 50 mg/ml, (c) 25 mg/ml, (d) 12.5 mg/ml, (e) 6.25 mg/ml, (f) 3.125 mg/ml, (g) Positive control สารกันเสีย Phenoxyethanol ความเข้มข้น 1 mg/ml และ (h) Negative control

จากผลแสดงบริเวณที่ยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคทั้ง 4 สายพันธุ์ แสดงให้เห็นว่าสารสกัดจากข้าวเหนียวดำพันธุ์ดอยสะเก็ดที่สกัดด้วยตัวทำละลายเอทานอล 70% แสดงบริเวณการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ได้ดีที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของกรกต สุนทรกุล และคณะ (2555) ได้รายงานว่าสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่สามารถยับยั้งแบคทีเรียที่ปริมาณข้าวเหนียวดำ 70 % (w/w) เหมาะสมต่อการผลิตสารยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรียก่อโรค ดังนั้นสารสกัดจากข้าวเหนียวดำพันธุ์ดอยสะเก็ดที่สกัดด้วยตัวทำละลายเอทานอล 70% จึงมีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคเนื่องจากองค์ประกอบทางเคมีของสกัดสามารถออกฤทธิ์และเกิดกลไกในการต้านเชื้อจุลินทรีย์ โดยทั่วไปสารกลุ่มดังกล่าวมีส่วนในการทำลายชั้นเมมเบรนของเชื้อจุลินทรีย์ทำให้เกิดการเสียสภาพของโปรตีนภายในเซลล์ ดังนั้นสารสกัดสามารถมีฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์ได้

การอภิปรายผล

ศึกษาลักษณะทางกายภาพของสารสกัดข้าวเหนียวดำพันธุ์ดอยสะเก็ด พบว่าสารสกัดข้าวเหนียวดำที่สกัดด้วยเอทนอล 70% มีลักษณะเป็นของเหลวสีม่วงเข้ม และสารสกัดข้าวเหนียวดำที่สกัดด้วยเอทานอล 90% มีลักษณะเป็นของเหลวสีน้ำตาลเข้ม ซึ่งลักษณะทางกายภาพดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าสารสกัดข้าวเหนียวดำที่สกัดด้วยเอทานอล 70% อาจเกิดจากตัวทำละลายมีองค์ประกอบของน้ำประมาณ 30% เมื่อเติมน้ำลงในเอทานอลช่วยให้ตัวทำละลายสามารถแทรกซึมเข้าสู่เนื้อเยื่อพืชได้ดีขึ้น และเพิ่มความสามารถในการละลายของสารกลุ่มโพลีฟีนอลที่มีขั้วสูง เช่น แอนโทไซยานิน โดยเฉพาะชนิด Cyanidin-3-glucoside ซึ่งให้สีม่วงเข้มหรือแดง สารกลุ่มนี้มีขั้วสูง (High Polar) งานวิจัยของ Rakchin and Piumngam (2024) ได้อธิบายว่าการสกัดด้วยเอทานอลเข้มข้น 70% มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและต้านไกลเคชันได้มากกว่าการสกัดด้วยวิธีต้ม เนื่องจากแอลกอฮอล์เป็นตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัดสารที่มีขั้วได้ดีกว่าน้ำ จึงเป็นไปได้ว่าสารสำคัญที่ออกฤทธิ์จะเป็นสารที่มีขั้ว ส่วนสารสกัดข้าวเหนียวดำพันธุ์ดอยสะเก็ดที่สกัดด้วยเอทานอล 90% มีลักษณะเป็นของเหลวสีน้ำตาลเข้มอาจเป็นไปได้ว่าเมื่อปริมาณน้ำน้อยลงความสามารถในการดึงแอนโทไซยานินจะลดลงแต่จะไปดึงสารกลุ่มฟลาโวนอยด์ (Flavonoids) หรือสารประกอบ ฟีนอลิก (Phenolic compounds) ชนิดอื่นที่มีความเป็นขั้วน้อยกว่าออกมาแทน ซึ่งสารเหล่านี้มักมีโทนสีเหลืองอ่อนถึงน้ำตาล เมื่อมีความเข้มข้นสูงจึงกลายเป็นสีน้ำตาลเข้ม ดังนั้นร้อยละผลผลิต (%Yield) มีค่าแตกต่างกันทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความ แปรผันของผลผลิต การมีขั้วของตัวทำละลาย และชนิดของสารประกอบในข้าวเหนียวดำพันธุ์ดอยสะเก็ด

เมื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟีนอลิกรวม ปริมาณฟลาโวนอยด์รวม และปริมาณแอนโทไซยานินรวมของสารสกัดข้าวเหนียวดำพันธุ์ดอยสะเก็ดที่ความเข้มข้นของเอทานอล 70% มีปริมาณที่สูงกว่าสารสกัดข้าวเหนียวดำที่ความเข้มข้นของเอทานอล 90% ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Saenkod et al. (2013) ได้ศึกษาคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระทางชีวเคมีของสารสกัดจากข้าวจีนและข้าวไทยบางชนิด ซึ่งใช้เอทานอลความเข้มข้น 70% ในการสกัดข้าวที่มีสีดำซึ่งสารสกัดข้าวที่สกัดด้วยเอทานอล 70% มีปริมาณฟีนอลิกอยู่ในช่วง 54.85-634.83 mg/kg เนื่องจากสารประกอบฟีนอล หรือฟีนอลิกสามารถละลายในตัวทำละลายที่มีขั้วได้ดี ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Chooklin (2014) ได้ศึกษาการสกัดจากข้าวสีน้ำตาล พบว่า อัตราส่วนปริมาตรของตัวทำละลายที่ใช้ส่งผลในการพาสารสำคัญของสารสกัดข้าวเหนียวดำพันธุ์ดอยสะเก็ดออกมา เมื่อความเข้มข้นของเอทานอลที่ใช้ในการสกัดเพิ่มมากขึ้นจะส่งผลให้สารประกอบฟีนอลิกมีปริมาณที่ลดน้อยลง และเมื่อเอทานอลที่ความเข้มข้นมากกว่า 80% จะส่งผลให้ได้สารที่เป็นส่วนประกอบของลิพิดออกมามาก งานวิจัยของ Saenkod, et al. (2013) ได้ศึกษาคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระทางชีวเคมีของสารสกัดจากข้าวจีนและข้าวไทยบางชนิด ซึ่งใช้เอทานอลความเข้มข้น 70% ในการสกัดข้าวที่มีสีดำซึ่งสารสกัดข้าวที่สกัดด้วยเอทานอล 70% มีปริมาณ ฟลาโวนอยด์ อยู่ในช่วง 16.98-

158.47 mg/kg สารประกอบฟลาโวนอยด์ส่วนใหญ่เป็นสารที่มีขั้วจึงสามารถละลายได้ในตัวทำละลายมีขั้วได้ดี ซึ่งสารสกัดจากข้าวเหนียวดำพันธุ์ดอยสะเก็ดที่สกัดด้วยเอทานอล 70% ที่มีองค์ประกอบเป็นน้ำ 30 ส่วนและเอทานอล 70 ส่วน ซึ่งมีความเป็นขั้วสูงกว่าตัวทำละลายอื่น ๆ จึงสามารถสกัดสารฟลาโวนอยด์ออกมาได้มากกว่าตัวทำละลายความเข้มข้นอื่น ๆ งานวิจัยของ Kangwan et al. (2015) ได้ศึกษาการสร้างการเรียนรู้และจดจำของสารประกอบแอนโทไซยานินในสารสกัดข้าวสีดำต่อการขาดเลือดในสมองหนูซึ่งใช้เอทานอล 70% ในการสกัดข้าวสีดำ ซึ่งสารสกัดข้าวดำมีปริมาณแอนโทไซยานินอยู่ที่ 11.83±0.61 mg/g extract ซึ่งแอนโทไซยานินเป็นอนุพันธ์ของสารกลุ่มฟีนอลิกที่มีหมู่ไฮดรอกซิล (-OH group) ที่มีขั้วสามารถละลายในตัวทำละลายที่มีขั้วได้ งานวิจัยของ Rice-Evans et al. (1996) ซึ่งสารสกัดจากข้าวเหนียวดำพันธุ์ดอยสะเก็ดที่สกัดด้วยเอทานอล 70% ที่มีองค์ประกอบเป็นน้ำ 30 ส่วน และเอทานอล 70 ส่วน ซึ่งมีความเป็นขั้วสูงกว่าตัวทำละลายอื่น ๆ จึงสามารถสกัดสารแอนโทไซยานินออกมาได้มากกว่าตัวทำละลายความเข้มข้นอื่น ๆ

ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดข้าวเหนียวดำพันธุ์ดอยสะเก็ดที่สกัดด้วยเอทานอล 70% ให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่สูงกว่าสารสกัดที่สกัดด้วยเอทานอลความเข้มข้น 90% ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Tananuwong and Tewaruth (2010) ได้สกัดข้าวเหนียวดำที่ pH 6.8 เป็นเวลา 4 ชั่วโมง พบว่ามีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่สูงเท่ากับ 42.9±2.7 g flour/g DPPH แสดงให้เห็นว่าร้อยละการยับยั้งอนุมูลอิสระที่สูงจะบ่งบอกถึงค่าการต้านอนุมูลอิสระที่สูงขึ้น ซึ่งสารสกัดจากข้าวเหนียวดำพันธุ์ดอยสะเก็ดสามารถกำจัดอนุมูลอิสระโดยให้ไฮโดรเจนอะตอมกับอนุมูลอิสระ DPPH ได้ดีกว่าสารสกัดข้าวเหนียวดำพันธุ์ดอยสะเก็ดที่สกัดด้วยเอทานอล 90% นอกจากนี้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระแปรผันโดยตรงปริมาณฟีนอลิกรวม ปริมาณฟลาโวนอยด์รวม และปริมาณแอนโทไซยานินรวม นั่นคือฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของสารสกัดที่สกัดด้วยเอทานอล 70% เกิดจากกลไกการยับยั้งอนุมูลอิสระของสารประกอบฟีนอลิกรวม ฟลาโวนอยด์รวม และแอนโทไซยานินรวม เนื่องจากสารประกอบฟีนอลเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่ทำหน้าที่เป็น Free redical terminators ที่มีโครงสร้างหลักประกอบด้วย Aromatic ring แทนที่ด้วย Hydroxy group ที่สามารถใช้จับกับอนุมูลอิสระโดยการให้ไฮโดรเจนต่ออนุมูลอิสระได้ (Chung and Shin, 2007)

การทดสอบประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ที่มีความสำคัญทางเครื่องสำอางโดยเปรียบเทียบกับสารกันเสียสังเคราะห์ Phenoxyethanol ซึ่งเป็นสารกันเสียที่มีการใช้ในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางหลายประเภทเนื่องจากมีประสิทธิภาพที่ดีในการควบคุมเชื้อจุลินทรีย์ทั้งแบคทีเรียแกรมบวก แกรมลบ ยีสต์ และรา (Puschmann et al., 2018; Dréno et al., 2019) จากผลการทดลองพบว่าเมื่อทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดในการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *S. aureus*, *C. albicans* *E. coli* และ *P. aeruginosa* ด้วยวิธี Agar well diffusion สารสกัดข้าวเหนียวดำมีความสามารถในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ทุกสายพันธุ์ที่ทำการทดสอบ และเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารสกัดความสามารถในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์จะเพิ่มขึ้น แสดงให้เห็นว่าขนาดของ Inhibition zone ที่เกิดขึ้นแปรผันตรงกับความเข้มข้นของสารสกัดซึ่งผลที่ได้สอดคล้องกับ Kannan et al. (2009) ที่รายงานว่าสารสกัดที่สกัดด้วยตัวทำละลายเอทานอลมีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์แบบ broad spectrum สามารถยับยั้งจุลินทรีย์ได้หลายสายพันธุ์ งานวิจัยของ Pattananandecha et al. (2021) ได้รายงานว่า แอนโทไซยานินที่สกัดจากพืชหลายชนิดมีคุณสมบัติในการต้านเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรค ทั้งนี้สารประกอบโพลีฟีนอลอาจเกิดปฏิสัมพันธ์กับโปรตีนบริเวณเยื่อหุ้มเซลล์แบคทีเรียได้ทั้งในลักษณะของแรงไฮโดรโฟบิก และพันธะไฮโดรเจนอีกทั้งยังสามารถจับยึดไอออนที่จำเป็นต่อเสถียรภาพของโปรตีน รวมถึงทำหน้าที่ให้อิเล็กตรอนหรือรับอิเล็กตรอนผ่านบริเวณรอยต่อของเยื่อหุ้มเซลล์ ส่งผลให้สารดังกล่าวมีศักยภาพในการเป็นสารต้านแบคทีเรียที่หลากหลายและมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ งานวิจัยของ Sun et al. (2018) และงานวิจัยของ Cisowska et al. (2011) ได้รายงานการว่าประสิทธิภาพในการต้านจุลินทรีย์มีความสัมพันธ์ขึ้นกับปริมาณแอนโทไซยานิน กล่าวคือเมื่อปริมาณแอนโทไซยานินเพิ่มขึ้นประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ก็เพิ่มสูงขึ้นตามไปด้วย โดยแบคทีเรียแกรมบวกมีความไวต่อฤทธิ์ของแอนโทไซยานินมากกว่าแบคทีเรียแกรมลบ ซึ่งกลไกการออกฤทธิ์ของแอน

โทไซยานินเกี่ยวข้องทั้งกับการรบกวนเยื่อหุ้มเซลล์และปฏิสัมพันธ์ภายในเซลล์จุลินทรีย์ อีกทั้งการออกฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์ของพืชที่อุดมด้วยแอนโทไซยานินเกิดจากหลายกลไกร่วมกัน และมีการเสริมฤทธิ์ซึ่งกันและกัน จะเห็นได้ว่ากลไกส่วนหนึ่งของการต้านแบคทีเรียของแอนโทไซยานินอาจเกิดจากประจุบวกที่อะตอมออกซิเจนบนวงแหวนคาร์บอน (C-ring) ของโครงสร้างโมเลกุล ซึ่งสามารถเกิดปฏิสัมพันธ์กับประจุลบของหมู่ฟอสเฟตในผนังเซลล์แบคทีเรีย ส่งผลให้ผนังเซลล์สูญเสียเสถียรภาพและรบกวนกระบวนการออสโมซิสของเซลล์จุลินทรีย์ได้ (Pattananandecha et al., 2021)

บทสรุป

จากการศึกษาองค์ประกอบของปริมาณฟีนอลิกรวม ปริมาณฟลาโวนอยด์ และปริมาณแอนโทไซยานินรวมของสารสกัดข้าวเหนียวดำพันธุ์ดอยสะเก็ดที่ความเข้มข้นเอทานอล 70% มีปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่สูง ส่งผลต่อประสิทธิภาพการต้านออกซิเดชันเมื่อวิเคราะห์ด้วยวิธี DPPH ซึ่งแสดงค่าร้อยละการยับยั้งอนุมูลอิสระที่สูงเช่นกัน และมีความสามารถยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคทางเครื่องสำอาง อย่างไรก็ตามการพัฒนาสารสกัดใช้เป็นสารกันเสียธรรมชาติร่วมกับสารกันเสียสังเคราะห์อาจช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการต้านเชื้อจุลินทรีย์ และเพิ่มการนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางได้มากขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากงบประมาณแผ่นดินด้านการวิจัย ปีงบประมาณ 2562 (วช.62) ผู้วิจัยขอขอบคุณห้องปฏิบัติการเคมี ห้องปฏิบัติการศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์ ห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยา และห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่และเครื่องมือในการดำเนินงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

กรกต สุนทรกุล, สุกานดา วิชิตพันธุ์ และคณิต วิชิตพันธุ์. (2555). ประสิทธิภาพการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียก่อโรคของสาโทแดงที่ผลิตจากข้าวเหนียวดำร่วมกับ *Monascus purpureus* TISTR-3002. วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโท ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ปิยนุช พรมภมร, ขวัญจิต อิสระสุข, กัลยาภรณ์ จันตรี, จรัสฟ้า โหมดสุวรรณ, จิตรวดี ตั้งหิรัญรัตน์ และทัศนีย์ พาณิชย์กุล. (2565). การประเมินการใช้สารสกัดสมอไทยในการเป็นสารกันเสียธรรมชาติสำหรับผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง. วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา. 27(1): 542-561.

สุภาภรณ์ ญะเมืองมอญ และชนากานต์ เทโบลต์ พรมอุทัย. (2559). ความแปรปรวนของปริมาณแอนโทไซยานินและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของข้าวเหนียวก่ำพันธุ์พื้นเมืองของไทย.สาขาวิชาพืชไร่ภาควิชาพืชศาสตร์และปฐพีศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. เชียงใหม่.

สุธิรา มณีฉาย และประสบอร รินทอง. (2559). ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนสของสารสกัดเมทานอลจากดอกถั่วแระและดอกส้มปอย. วารสารวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 44(1): 142-152.

อชิตยา โรจนสโรช. (2551). สารต้านอนุมูลอิสระในข้าวดำ ข้าวเหนียวดำ และข้าวแดง: การป้องกันการเป็นพิษต่อเซลล์และการแสดงออกของยีนสะสมไขมันในเซลล์เพาะเลี้ยง. สาขาวิชาชีวเคมีคลินิกและอณูทางการแพทย์ ภาควิชาเคมีคลินิก คณะสหเวชศาสตร์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อมรรัตน์ สีสุกอง, กัลยาภรณ์ จันตรี และศรีสุดา หาญภาคภูมิ. (2559). การศึกษาฤทธิ์ต้านแบคทีเรียของสารสกัดจากวัชพืชบางชนิด, วารสารวิจัยและพัฒนาวไลยอลงกรณ์ในพระบรมราชูปถัมภ์. 11(1): 69-82

Bordiga, M., Gomez-Alonso, S., Locatelli, M., Travaglia, F., Coïsson, J.D., Hermosin-Gutierrez, I. and Arlorio, M. (2014). Phenolics characterization and antioxidant activity of six different pigmented *Oryza sativa* L. cultivars grown in Piedmont (Italy). Food Research International. 65: 282-290.

Cisowska, A., Wojnicz, D. and Hendrich, A.B. (2011). Anthocyanins as antimicrobial agents of natural plant origin. Natural Product Communication. 6: 149–156.

Chooklin, S. (2014). Extraction of brown rice extract and application in refined palm olein during accelerated storage. Journal of International Food Research. 21(1): 291-296.

Chung, H.S. and Shin, J.C. (2007). Characterization of antioxidant alkaloids and phenolic acids from anthocyanin-pigmented rice (*Oryza sativa* cv.*Heugjinjubyeo*). Food Chemistry. 104: 1670-1677.

Dréno, B., Zuberbier, T., Gelmetti, C., Gontijo, G. and Marinovich, M. (2019). Safety review of phenoxyethanol when used as a preservative in cosmetics. Journal of the European Academy of Dermatology and Venereology. 7: 15-24.

Itsarasook, K., Ingkaninan, K. and Viyoch, J. (2014). Artocarpin-enriched extract reverses collagen metabolism in UV-exposed fibroblasts. Biologia. 69(7): 943-951.

Kangwan, N., Pintha, K., Preedapirom, W., Tantipaiboonwong, P., Chumphukam, O. and Suttajit, M. (2015). Learning and memory enhancing effects of anthocyanin in black rice extract on cerebral ischaemia in mice. ScienceAsia. 315-321.

Kannan, P., Ramadeve, S.R. and Hopper, W. (2009). Antibacterial activity of *Terminalia chebula* fruit extract. African Journal of Microbiology Research. 3(4): 180-184.

Khairi, N., Hapiwaty, S., Marwati. and Indrisari, M. (2023). Activity, formulation and effectiveness of black rice extract (*Oryza sativa* L) gel against *Staphylococcus aures* and *Escherichia coli* bacteria. Journal of Research in Science Education. 9(6): 4273-4278.

Noridayu, A. R., Hii, Y. F., Faridah, A., Khozirah, S., and Lajis, N. (2011). Antioxidant and antiacetylcholinesterase activities of *Pluchea indica* Less, International Food Research Journal. 18(3): 925-929.

Parnsakhorn, S. and Noomhorm, A. (2012). Effects of storage temperature and chemical properties of brown rice, parboiled brown rice and parboiled paddy. Thai Journal of Agricultural Science. 45(4): 221-231.

Pattananandecha, T., Apichai, S., Sirilun, S., Julsrigival, J., Sawangrat, K., Ogata, F., Kawasaki, N., Sirithunyalug, B. and Saenjum, C. (2021). Anthocyanin Profile, Antioxidant, Anti-Inflammatory, and Antimicrobial

against Foodborne Pathogens Activities of Purple Rice Cultivars in Northern Thailand. Molecules 26, 5234: 1-12.

Puschmann, J., Herbig, M.E. and Müller-Goymann, C.C. (2018). Correlation of antimicrobial effects of phenoxyethanol with its free concentration in the water phase of o/w-emulsion gels. European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics. 131: 152-161.

Rakchin, S., and Piumngam, K. (2024). Antioxidant and antiglycation activities of pigment Thai rice husk extracts. Medical Technologist. 52(1): 8845-8858.

Saenkod, C., Liu, Z., Huang, J. and Gong, Y. (2013). Anti-oxidative biochemical properties of extracts from some Chinese and Thai rice varieties. African Journal of Food Science. 7(9): 300-305.

Sun, X.H., Zhou, T.T., Wei, C.H., Lan,W.Q., Zhao, Y., Pan, Y.J. and Wu, V.C.H. (2018). Antibacterial effect and mechanism of anthocyanin rich Chinese wild blueberry extract on various foodborne pathogens. Food Control. 94: 155–161.

Tewaruth, W. (2007). Antioxidant activity of black glutinous rice *Oryza sativa L.* extract. Bangkok, Thailand: Chulalongkorn University, MSc thesis.

Tananuwong, K. and Tewaruth, W. (2010). Extraction and application of antioxidants from black glutinous rice. Food Science and Technology. 43: 476-481.

การเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการคลังสินค้า กรณีศึกษา บริษัทเครื่องสำอาง
Increasing Efficiency of Warehouse Management
A Case Study of a Cosmetic Company

ศศิธร บุญส่ง[1*] วนิดา ทองนบ[1] และณัฐธยาน์ โสกุล[1]
Sasitorn Bunsong[1*], Wanida Thongnop[1] and Nattaya Sokul[1]

[1]วิทยาลัยวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์ กรุงเทพมหานคร*
[1]College of Engineering and Technology, Dhurakij Pundit University, Bangkok*
[*]Corresponding Author E-mail Address : dreammean1@gmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์และปรับปรุงประสิทธิภาพการดำเนินงานของแผนกคลังสินค้าในบริษัทกรณีศึกษา โดยเก็บรวบรวมข้อมูลจากแผนภูมิกระบวนการไหล (Flow Process Chart) และบันทึกการปฏิบัติงานในช่วงเดือนมิถุนายนถึงธันวาคม พ.ศ. 2568 จากนั้นใช้เทคนิค Why-Why Analysis ในการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา และใช้ FSN Analysis เพื่อจำแนกสินค้าตามอัตราการหมุนเวียน พร้อมทั้งเปรียบเทียบผลการดำเนินงานก่อนและหลังการปรับปรุงโดยใช้ตัวอย่างใบเบิกสินค้าจำนวน 16 รายการ ผลการศึกษาพบว่า หลังการปรับปรุงสามารถลดเวลาเฉลี่ยในการปฏิบัติงานจาก 21 นาที 12 วินาที เหลือ 16 นาที 1 วินาที คิดเป็นร้อยละ 24.45 และลดระยะทางเฉลี่ยในการปฏิบัติงานจาก 13.94 เมตร เหลือ 12.25 เมตร คิดเป็นร้อยละ 12.12 แสดงให้เห็นว่าการจัดวางสินค้าและการปรับปรุงกระบวนการทำงานสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของระบบคลังสินค้าได้อย่างมีประสิทธิผล

คำสำคัญ: การจัดการคลังสินค้า, การลดเวลา, ประสิทธิภาพ, แผนภูมิกระบวนการไหล

Abstract

This study aimed to analyze and improve the operational efficiency of the warehouse department in a case study company. Data were collected from the Flow Process Chart and operational records during the period from June to December 2025. The Why-Why Analysis technique was employed to identify the root causes of operational problems, while FSN Analysis was applied to classify inventory according to inventory turnover rates. In addition, a comparative analysis of operational performance before and after the improvement was conducted using 16 sample material requisition forms. The results indicated that, after the implementation of the improvement measures, the average operation time was reduced from 21 minutes and 12 seconds to 16 minutes and 1 second, representing a decrease of 24.45%. Furthermore, the average operational travel distance decreased from 13.94 meters to 12.25 meters, accounting for a reduction of 12.12%. These findings demonstrate that inventory layout optimization and process improvement significantly enhanced the efficiency of the warehouse management system.

Keywords: Warehouse management, Time reduction, Efficiency, Flow Process Chart

บทนำ

ในปัจจุบันอุตสาหกรรมเครื่องสำอางมีการเติบโตอย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้การแข่งขันทางธุรกิจมีความเข้มข้นมากขึ้น องค์กรจึงจำเป็นต้องพัฒนาประสิทธิภาพการดำเนินงาน โดยเฉพาะด้านโลจิสติกส์และการจัดการคลังสินค้า (Warehouse Management) ซึ่งมีบทบาทสำคัญต่อความรวดเร็ว ความถูกต้อง และต้นทุนในการดำเนินงาน(คำนาย อภิปรัชญาสกุล, 2547) การจัดการคลังสินค้าที่มีประสิทธิภาพต้องอาศัยการควบคุมสินค้าคงคลัง(Inventory) และการจัดวางสินค้าอย่างเหมาะสม โดยสามารถประยุกต์ใช้ FSN Analysis (Fast-moving, Slow-moving, Non-moving) เพื่อจำแนกสินค้า และใช้แนวคิดการศึกษาการทำงาน (Work Study) เพื่อลดกิจกรรมที่ไม่ก่อให้เกิดมูลค่า (วัชรินทร์ สิทธิเจริญ, 2547) แนวคิดดังกล่าวช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของระบบคลังสินค้าและลดความสูญเสียในกระบวนการทำงาน

จากการศึกษาสภาพการดำเนินงานของแผนกคลังสินค้าของบริษัทกรณีศึกษา พบว่ายังไม่มีการกำหนดตำแหน่งจัดเก็บสินค้าอย่างเป็นระบบ ส่งผลให้เกิดความล่าช้าในการค้นหาและหยิบสินค้า รวมถึงมีการเคลื่อนย้ายที่ไม่จำเป็น ซึ่งสามารถวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาได้ด้วย Why-Why Analysis (Ishikawa, 1985) ดังนั้น การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากระบวนการทำงานของแผนกคลังสินค้าของบริษัทกรณีศึกษา เพิ่มประสิทธิภาพการดำเนินงานของแผนกคลังสินค้า โดยใช้แผนภูมิกระบวนการไหล (Flow Process Chart) ร่วมกับ Why-Why Analysis และ FSN Analysis เพื่อปรับปรุงการจัดวางสินค้าให้เป็นระบบ ทั้งนี้ตั้งสมมติฐานว่าการปรับปรุงดังกล่าวจะสามารถลดระยะเวลาและระยะทางในการปฏิบัติงาน และเพิ่มประสิทธิภาพของระบบคลังสินค้า

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

บริษัทกรณีศึกษาแห่งนี้เป็นผู้ผลิตและจัดจำหน่ายผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง เริ่มดำเนินการผลิตตั้งแต่ปี พ.ศ. 2542 โดยมีการดำเนินงานทั้งในด้านการผลิต การบรรจุ และการจัดจำหน่ายสินค้าไปยังลูกค้าทั้งในประเทศและต่างประเทศ กระบวนการดำเนินงานของบริษัทเริ่มจาก ฝ่ายขายรับคำสั่งซื้อจากลูกค้าจากนั้นพนักงานฝ่ายจัดส่งจะได้รับเอกสารใบสั่งซื้อและดำเนินการตรวจสอบข้อมูลคำสั่งซื้อ พนักงานคลังสินค้าจะทำการ หยิบสินค้า (Picking Process) ตามรายการที่ระบุในใบสั่งซื้อ เมื่อตรวจสอบความถูกต้องแล้ว จะนำสินค้าไปยัง จุดบรรจุหรือจุดแพ็กสินค้า (Packing Area) เพื่อทำการตรวจสอบความครบถ้วนของรายการสินค้าอีกครั้ง หากพบว่าสินค้ามีความผิดพลาดหรือชำรุด พนักงานจะดำเนินการ คัดแยกและจัดเก็บในพื้นที่สินค้าชำรุด (Defective Zone) เพื่อหาสาเหตุของความเสียหายและดำเนินการแก้ไขก่อนส่งออก ส่วนสินค้าที่ผ่านการตรวจสอบแล้วจะถูกบรรจุและจัดเตรียมสำหรับการจัดส่งไปยังลูกค้าตามเส้นทางการกระจายสินค้า

ก่อนปรับปรุง

ทางผู้วิจัยจึงได้เก็บรวบรวมข้อมูลจากแผนภูมิกระบวนการไหล (Flow Process Chart)

ตารางที่ 1 แผนภูมิกระบวนการไหลของกระบวนการทำงาน ตัวอย่างในการเก็บ(วันที่ 6 มิถุนายน 2568)

ลำดับ	กระบวนการทำงาน	เวลา (ชม.)	ระยะทาง (เมตร)	สัญลักษณ์				
				○	⇨	D	□	▽
1	พนักงานเซ็นรับบิลจัดสินค้า	00.00.04		*				
2	พนักงานเซ็นชื่อผู้จัดสินค้า	00.00.05		*				
3	พนักงานหยิบตะกร้า	00.00.04		*				
4	พนักงานเดินหาตำแหน่งของสินค้าชิ้นที่ 1	00.04.00	3		*			
5	พนักงานหยิบสินค้าชิ้นที่ 1 ใส่ตะกร้า	00.00.16		*				
6	พนักงานเดินหาตำแหน่งของสินค้าชิ้นที่ 2	00.03.11	2		*			
7	พนักงานหยิบสินค้าชิ้นที่ 2 ใส่ตะกร้า	00.00.10		*				
8	พนักงานนำตะกร้าไปวางจุดแพ็ค	00.00.22	3		*			
9	นำสินค้าใส่กล่องพร้อมบิล	00.01.43		*				
10	นำสินค้าไปให้ผู้ตรวจสินค้า	00.00.10			*			
11	ผู้ตรวจสินค้าเซ็นชื่อลงบิล	00.00.04		*				
12	ตรวจสินค้าและดึงบิล	00.01.19					*	
13	นำไปให้พนักงานแพ็คสินค้า	00.00.10			*			
14	พนักงานทำการแพ็คสินค้าและติดที่อยู่ในการจัดส่ง	00.02.48		*				
15	นำกล่องพัสดุไปว่างแยกตามประเภทขนส่ง	00.00.10			*			
16	พักกล่องพัสดุ	00.04.13				*		
17	นำกล่องพัสดุที่ถูกแยกประเภทแล้วลงกล่อง	00.00.28		*				
18	นำกล่องพัสดุจัดส่งให้กับขนส่ง	00.01.06	5		*			
	รวม	00.20.23	13	9	7	1	1	0

จากตารางที่ 1 แผนภูมิกระบวนการไหลของกระบวนการจากตาราง แสดงถึงขั้นตอนกระบวนการเบิกจ่ายสินค้าในวันที่ 6 มิถุนายน พ.ศ. 2568 พบว่ากระบวนการทั้งหมดมีจำนวน 18 ขั้นตอน โดยแต่ละขั้นตอนประกอบด้วยกิจกรรมการทำงานที่ต่อเนื่องกัน ตั้งแต่การรับใบสั่งซื้อ การหยิบสินค้า การตรวจสอบ ไปจนถึงขั้นตอนการบรรจุและจัดเตรียมสินค้าสำหรับ

การขนส่ง ผลการวิเคราะห์จากแผนภูมิกระบวนการไหลพบว่า มีกิจกรรมในหมวดการปฏิบัติงาน (Operation) จำนวน 9 ขั้นตอน การเคลื่อนย้าย (Transportation) จำนวน 7 ขั้นตอน การตรวจสอบ (Inspection) 1 ขั้นตอน และการรอคอย (Delay) อีก 1 ขั้นตอน รวมระยะเวลาในการปฏิบัติงานทั้งหมด 20 นาที 23 วินาที และมีระยะทางรวมในการเคลื่อนย้ายสินค้า 13 เมตร

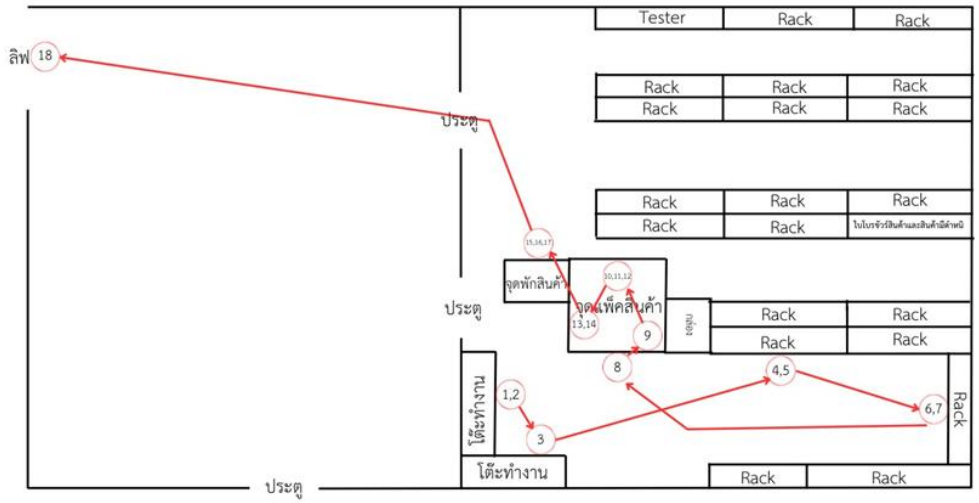
ผู้ศึกษากำหนดกลุ่มตัวอย่างเนื่องจากในแต่ละวันมีปริมาณคำสั่งซื้อไม่เท่ากันและไม่ทราบจำนวนใบคำสั่งซื้อสินค้าที่แน่นอนของบริษัท กรณีศึกษา ซึ่งกำหนดระดับความเชื่อมั่นที่ร้อยละ 95 และระดับค่าความคลาดเคลื่อนร้อยละ 5 สามารถคำนวณ ดังนี้

$$n = \left(\frac{\frac{z_{\alpha}\sigma}{2}}{E}\right)^2 \quad (1)$$

$$N = \left(\frac{(1.96)(0.10)}{0.05}\right)^2$$

$$= 15.37$$

ดังนั้นขนาดกลุ่มตัวอย่างที่ต้องทำการศึกษาในส่วนของกระบวนการทำงานละการจับเวลาการทำงานจะต้องมีจำนวนทั้งหมด 16 ตัวอย่าง



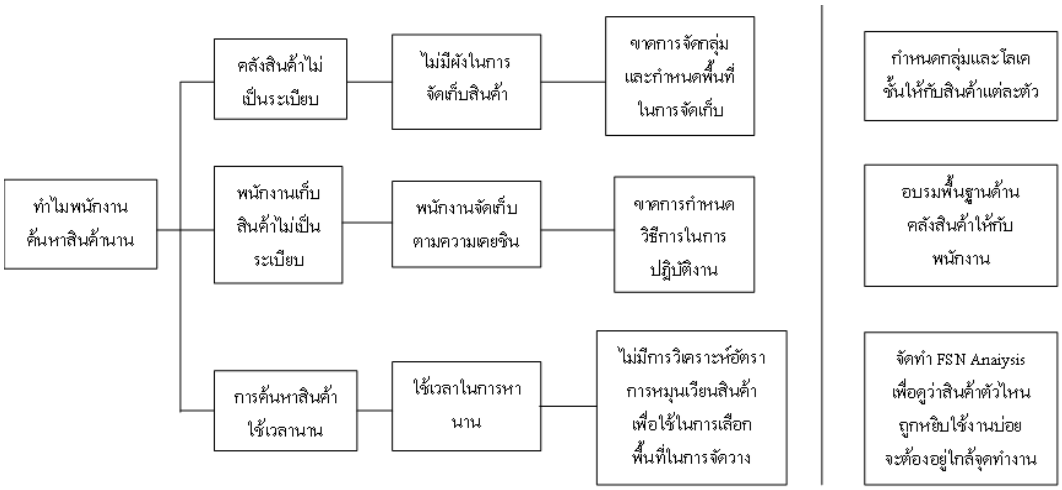
รูปที่ 1 แผนผังแสดงการเคลื่อนที่ภายในคลังสินค้า

จากรูปที่ 1 แผนผังแสดงการเคลื่อนที่ของพนักงานภายในคลังสินค้าภายในคลังสินค้า มีขนาด 240 ตารางเมตร โดยเริ่มตั้งแต่ พนักงานเริ่มต้นการทำงานจากบริเวณโต๊ะทำงานและจุดรับใบสั่งซื้อ ตำแหน่งที่ 1–3 จากนั้นเคลื่อนย้ายไปยังบริเวณชั้นเก็บสินค้า Rack เพื่อทำการหยิบสินค้า ตำแหน่งที่ 4–6 ก่อนนำสินค้าที่หยิบแล้วมาวางที่ จุดพักสินค้า ตำแหน่งที่ 7–9 เพื่อรอการตรวจสอบความถูกต้อง เมื่อผ่านการตรวจสอบแล้วสินค้าจะถูกเคลื่อนย้ายไปยัง จุดแพ็คสินค้า ตำแหน่งที่ 10–11 เพื่อทำการบรรจุลงกล่องและปิดผนึกให้พร้อมสำหรับการจัดส่ง หลังจากนั้นสินค้าจะถูกเคลื่อนย้ายไปยัง พื้นที่จัดเก็บสินค้าพร้อมส่ง ตำแหน่งที่ 12–14 และสุดท้ายจะถูกนำขึ้น ลิฟต์ขนส่ง ตำแหน่งที่ 15 เพื่อรอจัดส่งให้กับลูกค้า

ตารางที่ 2 แสดงจำนวนเวลาที่ใช้ในการปฏิบัติงานทั้งหมดจำนวน 16 ครั้งในกระบวนการทำงาน

ลำดับ	เวลาทั้งหมด (ชม.)	ระยะทาง (เมตร)	สัญลักษณ์				
			○	⇨	D	□	▽
1	00.20.23	13	9	7	1	1	0
2	00.21.01	12	9	7	1	1	0
3	00.24.13	14	10	8	1	1	0
4	00.22.23	13	9	7	1	1	0
5	00.25.16	16	10	8	1	1	0
6	00.20.21	14	8	6	1	1	0
7	00.22.54	15	10	8	1	1	0
8	00.19.52	12	8	6	1	1	0
9	00.17.02	11	8	6	1	1	0
10	00.20.25	14	9	7	1	1	0
11	00.22.28	14	9	7	1	1	0
12	00.19.36	14	8	6	1	1	0
13	00.17.47	16	8	6	1	1	0
14	00.20.12	16	8	6	1	1	0
15	00.22.45	15	9	7	1	1	0
16	00.17.58	14	8	6	1	1	0
รวม	05.51.59	223	140	108	16	16	0
เฉลี่ย	00.21.12	13..94	8.75	6.75	1	1	0

จากตารางที่ 2 แสดงจำนวนเวลาที่ใช้ในการปฏิบัติงานทั้งหมดจำนวน 16 ครั้งในกระบวนการทำงาน แผนภูมิการไหลของกระบวนการจากตารางเป็นกระบวนการทำงาน ซึ่งแสดงจำนวนเวลาที่ใช้ในการปฏิบัติงานทั้งหมดจำนวน 16 ครั้ง จากข้อมูลในตารางแสดงให้เห็นว่า ขั้นตอนการปฏิบัติงาน (Operation) เฉลี่ย 8.75 ขั้นตอน การเคลื่อนย้าย (Transportation) เฉลี่ย 6.75 ขั้นตอน การรอคอย (Delay) เฉลี่ย 1 ขั้นตอน และการตรวจสอบ (Inspection) เฉลี่ย 1 ขั้นตอน ไม่มีกระบวนการเก็บรักษาเพราะเป็นสินค้าเพื่อจ่ายออก เวลาเฉลี่ย 21 นาที 12 วินาที และระยะทางเฉลี่ย 13.94 เมตร จึงได้นำปัญหาภายในคลังสินค้า เพื่อนำ Why-Why Analysis มาวิเคราะห์และหาสาเหตุของปัญหาในการใช้เวลา 20.12 นาทีต่อ 1 รอบ



รูปที่ 2 Why-Why Analysis ทำไมหาสินค้านาน

จากรูปที่ 2 การใช้ Why-Why Analysis ทำไมหาสินค้านาน จึงได้ทำการค้นหาสาเหตุ ซึ่งเริ่มปฏิบัติงานจากการรับใบเบิกสินค้า และดำเนินการค้นหาตำแหน่งจัดเก็บสินค้าในคลัง ซึ่งยังไม่มีการกำหนดตำแหน่งที่ชัดเจน ทำให้ต้องใช้เวลาในการค้นหาและตรวจสอบสินค้าในแต่ละรายการ ในบางกรณีจำเป็นต้องเดินย้อนกลับหรือเปลี่ยนเส้นทางหลายครั้ง ส่งผลให้เกิดความซ้ำซ้อนในการปฏิบัติงานและใช้ระยะเวลาค่อนข้างนาน

หลังปรับปรุง

การจัดกลุ่มสินค้าคงคลังโดยให้ความสำคัญตามอัตราการใช้งาน ได้แก่ F S และ N ตามเกณฑ์ที่กำหนด โดยโครงงานนี้ผู้จัดทำโครงการได้กำหนดเกณฑ์ ดังนี้

รายการสินค้าที่เคลื่อนไหวเร็ว (Fast Moving : F) มีอัตราการหมุนเวียน 1- 0.5 ของอัตราการใช้งานสินค้าคงคลัง มีสินค้าที่ถูกจัดเก็บเฉลี่ยร้อยละ 10 ของสินค้าคงคลัง และมีปริมาณสินค้าร้อยละ 10-15 ของปริมาณสินค้าคงคลัง จะต้องได้รับการตรวจสอบอย่างสม่ำเสมอเป็นประจำ

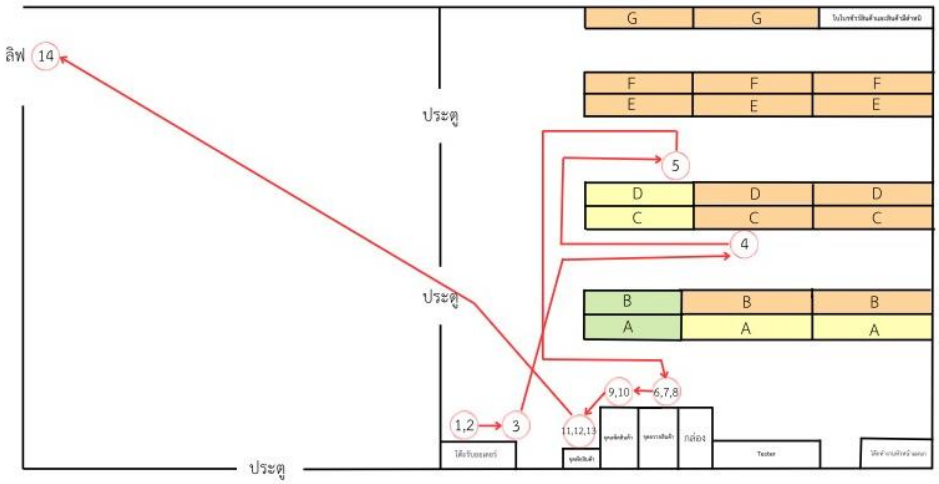
รายการสินค้าที่เคลื่อนไหวช้า (Slow Moving : S) มีอัตราการหมุนเวียน 0.49- 0.2 ของอัตราการใช้งานของสินค้า มีสินค้าที่ถูกจัดเก็บเฉลี่ยร้อยละ 20 ของสินค้าคงคลัง และมีปริมาณสินค้าร้อยละ 30-35 ของปริมาณสินค้าคงคลัง

รายการสินค้าที่ไม่เคลื่อนไหว (Non Moving : N) มีอัตราการหมุนเวียน 0.19 – 0 ของอัตราการใช้งานของสินค้า มีสินค้าที่ถูกจัดเก็บเฉลี่ยร้อยละ 70 ของสินค้าคงคลัง และมีปริมาณสินค้าร้อยละ 60- 65 ของปริมาณสินค้าคงคลัง ในบางคลังสินค้ากลุ่มนี้ไม่มีการนำมาใช้งานและช่วงระยะเวลาในการจัดเก็บที่นาน

ตารางที่ 3 ตารางสรุปจำนวนรายการและอัตราการหมุนเวียนของสินค้าแต่ละกลุ่มประเภทโดยการวิเคราะห์ FSN Analysis

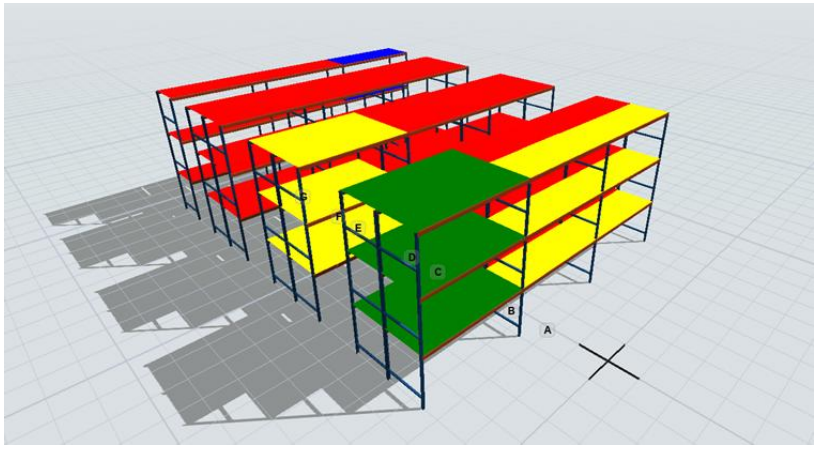
กลุ่มประเภทสินค้า	จำนวน (รายการ)	อัตราการหมุนเวียน
F	11	13.924 %
S	33	41.772 %
N	35	44.302 %
รวม	79	100%

จากตารางที่ 3 ตารางสรุปจำนวนรายการและอัตราการหมุนเวียนของสินค้าแต่ละกลุ่มประเภทโดยการวิเคราะห์ FSN Analysis แบ่งเป็น 3 กลุ่ม กลุ่ม F มีสินค้า 11 รายการ อัตราการหมุนเวียน 13.924 % กลุ่ม S มีสินค้า 33 รายการ อัตราการหมุนเวียน 41.772 % และกลุ่ม N มีสินค้า 35 รายการ อัตราการหมุนเวียน 44.302 % รวมรายการทั้งหมด 79 รายการ มีมูลค่าสินค้า 2,311,128 บาท



รูปที่ 3 ผังแสดงตำแหน่งการจัดวางสินค้าหลังปรับปรุง

จากรูปที่ 3 การจัดวางของสินค้า สีเขียวจะเป็นสินค้าประเภท F สีเหลืองจะเป็นสินค้าประเภท S และสีส้มจะเป็นสินค้าประเภท Ny



รูปที่ 4 ผังแสดงตำแหน่งการจัดวางสินค้าหลังปรับปรุงด้านข้าง

จากรูปที่ 4 ผังแสดงตำแหน่งภายหลังการปรับปรุงโดยการใช้แบบจำลองเพื่อให้เห็นง่ายขึ้น พนักงานสามารถดำเนินงานตามลำดับขั้นตอนที่กำหนดไว้ได้อย่างต่อเนื่อง การจัดวางสินค้าใหม่ช่วยให้เข้าถึงสินค้าได้สะดวกมากขึ้น และลดความซ้ำซ้อนของการเคลื่อนที่ ส่งผลให้การปฏิบัติงานมีความรวดเร็วและเป็นระบบมากยิ่งขึ้น

ตารางที่ 4 การเปรียบเทียบเวลาและระยะทางขั้นตอนการเบิกจ่ายสินค้าก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุง

กิจกรรม	การปฏิบัติงานจำนวน 16 ครั้ง		ผลต่าง	% ผลต่าง
	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง		
เวลาเฉลี่ย (นาที/ใบเบิก)	21.12	16.01	5.11	24.20
ระยะทางเฉลี่ย (เมตร/ใบเบิก)	13.94	12.25	1.69	12.12

จากตารางที่ 4 พบว่าเวลาและระยะทางขั้นตอนการเบิกจ่ายสินค้าก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุง ในการเก็บข้อมูลทั้งก่อนและหลังจำนวน 16 ครั้ง ผลที่ได้คือ หลังปรับปรุงขั้นตอนการปฏิบัติงานลดลง 3 ขั้นตอน การเคลื่อนย้ายลดลง 1 ขั้นตอน เวลาที่ใช้ในการปฏิบัติงานลดลง 5.11 นาที คิดเป็น 24.20 % ระยะทางที่ใช้ในการปฏิบัติงานลดลง 1.69 เมตร คิดเป็น 12.12%

สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษากระบวนการทำงานของบริษัท มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของคลังสินค้า โดยจากวิธีการจัดเรียงสินค้าคงคลังแบบเดิมไม่ได้มีการวิเคราะห์ความถี่ของสินค้า ส่งผลให้การเดินหาสินค้าแต่ละบิลใช้เวลานาน จึงได้ทำการแบ่งกลุ่มสินค้าโดยการวิเคราะห์ FSN Analysis ทำการเรียงสินค้าตามอัตราการหมุนเวียนของสินค้า สินค้าที่มีการเบิกบ่อยเอาไว้ใกล้กับการเดินของพนักงานมากที่สุด ส่งผลให้เวลาเฉลี่ยในการทำงานต่อ 1 บิล เวลาที่ใช้ในการปฏิบัติงานลดลง 5.11 นาที คิดเป็น 24.20 % และระยะทางที่ใช้ในการปฏิบัติงานลดลง 1.69 เมตร คิดเป็น 12.12% ผลการทดสอบ T-Test ระหว่างค่าเฉลี่ยระยะทางก่อน และหลังการปรับปรุง พบว่า ค่าเฉลี่ยระยะทางก่อนการปรับปรุงเท่ากับ 13.94 เมตร และหลังการปรับปรุงเท่ากับ 12.25 เมตร โดยมีผลต่างค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.688 เมตร ช่วงความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ของผลต่างค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.462 ถึง 2.913 เมตร ผลการทดสอบทางสถิติให้ค่า T-Value เท่ากับ 2.82 และค่า P-Value เท่ากับ 0.009 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 0.05 แสดงให้เห็นว่าระยะทางเฉลี่ยก่อนและหลังการปรับปรุงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 กล่าวคือ การปรับปรุงกระบวนการและการจัดวางสินค้าในคลังสินค้าสามารถช่วยลดระยะทางในการปฏิบัติงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ แสดงให้เห็นว่าการปรับปรุงการจัดการคลังสินค้าโดยใช้ Flow Process Chart, Why-Why Analysis และ FSN Analysis สามารถช่วยลดเวลาและระยะทางในการปฏิบัติงานได้ ส่งผลให้กระบวนการทำงานมีความรวดเร็วและเป็นระบบมากยิ่งขึ้น แนวทางดังกล่าวสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในองค์กรอื่นที่มีลักษณะการดำเนินงานคล้ายกัน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการคลังสินค้า

เอกสารอ้างอิง

วิจิตร ตัณฑสุทธิ์. (2547). การศึกษาการทำงาน Introduction Work study (พิมพ์ครั้งที่ 6). กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วันชัย มีชาติ. (2553). การศึกษาการทำงาน. ซีเอ็ดยูเคชั่น: กรุงเทพฯ.

นิลวรรณ ชุ่มฤทธิ์ (2556). สถิติวิศวกรรม(Engineering Statistics). กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น

คำนาย อภิปรัชญาสกุล. (2560). การจัดการต้นทุนคลังสินค้า (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ : โฟกัสมีเดีย แอนด์พับลิชชิ่ง

กนกวรรณ ศรีสุข. (2562). การปรับปรุงประสิทธิภาพการจัดการคลังสินค้าโดยใช้เทคนิคการศึกษาการทำงาน. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พีรพล ทองมาก. (2563). การประยุกต์ใช้ FSN Analysis เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการสินค้าคงคลัง. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

สมชาย วัฒนกุล และสุพัตรา ใจดี. (2564). การเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการคลังสินค้าโดยใช้เทคนิค FSN Analysis. วารสารวิศวกรรมอุตสาหการ. 20(2): 45–56.

ณัฐพล เกิดสุข และกิตติศักดิ์ แสงทอง. (2563). การลดความสูญเปล่าในกระบวนการคลังสินค้าด้วยแนวคิดลีน. วารสารการจัดการโลจิสติกส์. 15(1): 23–34.

กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่. (2563). แนวคิดลีน (Lean) และการลดความสูญเปล่าในกระบวนการผลิต. สืบค้นเมื่อ 7 กุมภาพันธ์ 2569, จาก https://www.dpim.go.th

สถาบันเพิ่มผลผลิตแห่งชาติ. (2562). การเพิ่มผลิตภาพด้วยเทคนิคการศึกษาการทำงาน (Work Study). สืบค้นเมื่อ 7 กุมภาพันธ์ 2569, จาก https://www.ftpi.or.th

สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ. (2561). ระบบโลจิสติกส์และการจัดการคลังสินค้า. สืบค้นเมื่อ 7 กุมภาพันธ์ 2569, จาก https://www.nstda.or.th

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. (2559). การวัดงานและการกำหนดเวลามาตรฐานในการทำงาน. สืบค้นเมื่อ 7 กุมภาพันธ์ 2569, จาก https://www.kmutnb.ac.th

การออกแบบและพัฒนาระบบระบายความร้อนแบตเตอรี่ลิเธียมไอออน ด้วยวัสดุเปลี่ยนสถานะสำหรับรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า

Design and Development of a Thermal Management System for Lithium-Ion Batteries Using Phase Change Materials for Electric Motorcycles

เอกบุตร อยู่สุข[1] ธนาพล ทัดสวน[1*] นัฐพงษ์ ทองปาน[1] และนพพร เทนอิสสระ[1]
Eakabut Yoosuk[1] Thanapon Tudsuan[1*] Natthapong Thongpan[1] and Nopporn Tenissara[1]

[1]คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏกาญจนบุรี จังหวัดกาญจนบุรี
[1]Faculty of Industrial Technology, Kanchanaburi Rajabhat University, Kanchanaburi
[*]Corresponding Author E-mail Address : thanapon.tu@kru.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและประเมินประสิทธิภาพของระบบระบายความร้อนแบตเตอรี่ลิเธียมไอออน โดยใช้วัสดุเปลี่ยนสถานะ (Phase Change Material: PCM) สำหรับรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า โดยทำการเปรียบเทียบระหว่างแบตเตอรี่ที่ห่อหุ้มด้วยวัสดุเปลี่ยนสถานะ (PCM) และไม่ห่อหุ้มด้วยวัสดุเปลี่ยนสถานะ (PCM) ภายใต้สภาวะการใช้งานจริง แบตเตอรี่ที่ใช้ในการทดลองประกอบด้วยเซลล์ลิเธียมไอออนจำนวน 46 เซลล์ และติดตั้งระบบจัดการแบตเตอรี่ (Battery Management System: BMS) เพื่อใช้ในการตรวจวัดอุณหภูมิ การทดลองดำเนินการโดยนำรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าขึ้นทดสอบบนเครื่องไดนาโมมิเตอร์ (Dynamometer) ที่ความเร็ว 3 ระดับ ได้แก่ 50, 70 และ 90 กิโลเมตรต่อชั่วโมง โดยแต่ละระดับความเร็วใช้ระยะเวลาในการทดสอบ 30 วินาที และทำการทดลองซ้ำจำนวน 20 รอบต่อระดับความเร็ว ข้อมูลอุณหภูมิของแบตเตอรี่ถูกบันทึกและนำมาวิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการระบายความร้อนในด้านอุณหภูมิสูงสุดและแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ ผลการทดลองพบว่าแบตเตอรี่ที่ห่อหุ้มด้วยวัสดุเปลี่ยนสถานะ (PCM) มีอุณหภูมิสูงสุดต่ำกว่าแบตเตอรี่ที่ไม่ห่อหุ้มด้วยวัสดุเปลี่ยนสถานะ (PCM) อย่างชัดเจนในทุกระดับความเร็วที่ทดสอบ นอกจากนี้ยังสามารถชะลออัตราการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะในช่วงความเร็วสูง ซึ่งมีการเกิดความร้อนสะสมมาก ส่งผลให้การควบคุมอุณหภูมิของระบบแบตเตอรี่มีประสิทธิภาพมากขึ้น และลดความเสี่ยงต่อการเกิดความร้อนสูงเกินไป สรุปได้ว่าการใช้วัสดุเปลี่ยนสถานะเป็นแนวทางที่เหมาะสมสำหรับการจัดการความร้อนของแบตเตอรี่ในรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า โดยสามารถเพิ่มความปลอดภัยและยืดอายุการใช้งานของแบตเตอรี่ได้โดยไม่ต้องใช้พลังงานเพิ่มเติม

คำสำคัญ: แบตเตอรี่ลิเธียมไอออน, วัสดุเปลี่ยนสถานะ, การจัดการความร้อน, รถจักรยานยนต์ไฟฟ้า, ไดนาโมมิเตอร์

Abstract

This study aims to design and evaluate the performance of a thermal management system for lithium-ion batteries using Phase Change Materials (PCM) in electric motorcycles. A comparative analysis was conducted between PCM-encapsulated and non-encapsulated battery configurations under real-world operating conditions. The battery pack consisted of 46 lithium-ion cells equipped with a Battery Management System (BMS) for temperature monitoring. The experiments were performed using a motorcycle dynamometer at three speed levels: 50, 70, and 90 km/h. Each test was conducted for 30 seconds and repeated for 20 cycles at each speed level. Temperature data from the battery pack were recorded and analyzed to evaluate thermal performance in terms of maximum temperature and temperature variation trends. The results show that the PCM-encapsulated battery consistently exhibits lower maximum temperatures compared to the non-encapsulated battery across all test conditions. In addition, the PCM effectively reduces the rate of temperature increase, particularly at higher speeds where heat generation is more significant. This leads to improved temperature control and enhanced thermal stability, as well as a reduced risk of overheating. In conclusion, the use of PCM provides an effective and energy-efficient solution for thermal management in electric motorcycle batteries, enhancing safety and extending battery lifespan without requiring additional energy input.

Keywords: Lithium-ion Battery, Phase Change Material, Thermal Management, Electric Motorcycle, Dynamometer

บทนำ

ในปัจจุบัน ยานยนต์ไฟฟ้า (Electric Vehicles: EVs) ได้รับความสนใจและมีการใช้งานเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากเป็นแนวทางสำคัญในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและลดการพึ่งพาพลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิล โดยเฉพาะรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า (Khateeb et al., 2004) ซึ่งได้รับความนิยมในเขตเมืองและประเทศกำลังพัฒนา เนื่องจากมีขนาดกะทัดรัด ใช้งานสะดวก และมีต้นทุนการใช้งานต่ำ โดยระบบกักเก็บพลังงานส่วนใหญ่ใช้แบตเตอรี่ลิเธียมไอออน (Lithium-ion Battery) ยังคงเป็นองค์ประกอบที่มีข้อจำกัดด้านสมรรถนะและความปลอดภัย โดยเฉพาะในประเด็นด้านการจัดการความร้อน (Thermal Management) (Bandhauer et al., 2011)

แบตเตอรี่ลิเธียมไอออนมีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ (Goodenough & Park, 2013) โดยอุณหภูมิที่สูงเกินช่วงที่เหมาะสมอาจส่งผลให้ประสิทธิภาพในการเก็บประจุลดลง อายุการใช้งานสั้นลง และเพิ่มความเสี่ยงต่อการเกิดปรากฏการณ์ความร้อนสูงเกิน (Thermal Runaway) ซึ่งอาจนำไปสู่ความเสียหายหรืออันตรายต่อผู้ใช้งาน (Feng et al., 2018) ปัญหาดังกล่าวมีความสำคัญอย่างยิ่งในรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า เนื่องจากมีข้อจำกัดด้านพื้นที่และน้ำหนัก ส่งผลให้ไม่สามารถใช้ระบบระบายความร้อนแบบแอคทีฟ เช่น ระบบหล่อเย็นด้วยของเหลวหรือพัดลม ได้อย่างมีประสิทธิภาพเทียบเท่ายานยนต์ขนาดใหญ่ (อำพล พิชัยเชิด และคณะ, 2568)

ด้วยข้อจำกัดดังกล่าว การใช้วัสดุเปลี่ยนสถานะ (Phase Change Material: PCM) จึงเป็นแนวทางที่ใช้ในการระบายความร้อนแบบพาสซีฟ โดย PCM สามารถดูดซับความร้อนในรูปของความร้อนแฝงระหว่างการเปลี่ยนสถานะ ส่งผลให้อุณหภูมิของระบบถูกควบคุมให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสมโดยไม่ต้องใช้พลังงานเพิ่มเติม (Alghamdi et al., 2023) อีกทั้งยังสามารถออกแบบให้มีขนาดกะทัดรัดและติดตั้งร่วมกับแบตเตอรี่ได้ง่าย จึงเหมาะสมกับยานยนต์ไฟฟ้าขนาดเล็ก (Wazeer et al., 2022)

Pesaran (2002) ได้ศึกษาและพัฒนาแบบจำลองทางความร้อนของแบตเตอรี่ โดยอาศัยข้อมูลจากการทดลองในสภาวะห้องปฏิบัติการและการจำลองเชิงตัวเลข ซึ่งอาจไม่สามารถสะท้อนพฤติกรรมความร้อนภายใต้การใช้งานจริงได้อย่างครบถ้วน โดยเฉพาะในสภาวะที่มีการเปลี่ยนแปลงโหลดและความเร็ว (Ling et al., 2014) ดังนั้นการทดสอบภายใต้สภาวะใกล้เคียงการใช้งานจริง เช่น การใช้เครื่องไดนาโมมิเตอร์ (Dynamometer) จึงมีความสำคัญในการประเมินประสิทธิภาพของระบบระบายความร้อน

สถาบันยานยนต์ (2565) ได้กล่าวถึง ในประเทศไทยได้มีการกำหนดมาตรฐานที่เกี่ยวข้อง เช่น มอก. 3105 - 2563 ซึ่งอ้างอิงจาก ISO 13064-1:2012 สำหรับการประเมินสมรรถนะของรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าภายใต้เงื่อนไขความเร็วคงที่ โดยรถที่สามารถทำความเร็วมากกว่า 45 กม./ชม. จะถูกจัดเป็นรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าที่ใช้บนท้องถนนและต้องเป็นไปตามข้อกำหนดทางกฎหมาย นอกจากนี้ กฎกระทรวงกำหนดอัตราความเร็วได้ระบุความเร็วสูงสุดของรถจักรยานยนต์ไว้ที่ 60 กม./ชม. ในเขตเมือง และ 70 กม./ชม. นอกเขตเมือง และสามารถเพิ่มเป็น 80 - 90 กม./ชม. สำหรับรถที่มีสมรรถนะสูง (กระทรวงคมนาคม, 2568)

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงกำหนดความเร็วในการทดสอบที่ 50, 70 และ 90 กม./ชม. เพื่อครอบคลุมสภาวะการใช้งานจริงทั้งในเขตเมือง นอกเขตเมือง และสภาวะโหลดสูง โดยอ้างอิงแนวทางจากมาตรฐาน ISO 13064-1:2012 และ มอก. 3105 - 2563 พร้อมปรับรูปแบบการทดสอบเป็นแบบเป็นรอบ (Cyclic Test) เพื่อให้เหมาะสมกับการศึกษาพฤติกรรมทางความร้อนของแบตเตอรี่ จากข้อจำกัดดังกล่าว งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นการออกแบบและพัฒนาระบบระบายความร้อนแบตเตอรี่ลิเธียมไอออนโดยใช้วัสดุ PCM สำหรับรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า โดยทำการเปรียบเทียบระหว่างกรณีที่ใช้และไม่ใช้ PCM ภายใต้การทดสอบจริงบนเครื่องไดนาโมมิเตอร์ เพื่อประเมินประสิทธิภาพในการลดอุณหภูมิและระบายความร้อนของระบบแบตเตอรี่ ซึ่งนำไปสู่แนวทางการจัดการความร้อนที่เหมาะสมและสามารถประยุกต์ใช้ได้จริง

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

การออกแบบและจัดเตรียมชุดแบตเตอรี่ร่วมกับวัสดุเปลี่ยนสถานะ (PCM)

ชุดแบตเตอรี่ที่ใช้ในการทดลองประกอบด้วยเซลล์ลิเธียมไอออน แบบมีเกลียวขั้วต่อ (Screw Terminal) ชนิด 18650 ขนาด 3.2 โวลต์ ความจุ 15 แอมแปร์-ชั่วโมง ต่อเซลล์ จำนวนทั้งสิ้น 46 เซลล์ โดยผู้วิจัยได้นำเซลล์แบตเตอรี่มาต่อขนานกันกลุ่มละ 2 เซลล์ เพื่อเพิ่มความจุไฟฟ้า จากนั้นนำกลุ่มเซลล์ที่ต่อขนานแล้วจำนวน 23 กลุ่ม มาต่ออนุกรมเข้าด้วยกัน เรียกว่า “23S2P” เพื่อให้ได้แรงดันที่เหมาะสมกับระบบรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า โดยแบ่งชุดทดลองออกเป็น 2 กรณี ได้แก่ ชุดแบตเตอรี่มาตรฐาน และชุดแบตเตอรี่ที่ติดตั้งวัสดุเปลี่ยนสถานะ (PCM) ซึ่งทำการห่อหุ้มรอบเซลล์ด้วยความหนา 2 มิลลิเมตร (Alghamdi et al., 2023) โดยวัสดุ PCM ที่ใช้เป็นพาราฟินเทอร์มอลเจล (Paraffin) ผสมสาร A และสาร B ในอัตราส่วน 1:1 ซึ่งมีช่วงอุณหภูมิเปลี่ยนสถานะอยู่ที่ 30 - 40 °C สอดคล้องกับช่วงอุณหภูมิการทำงานของแบตเตอรี่ (Wazeer et al., 2022) และสามารถดูดซับความร้อนแฝงเพื่อชะลอการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิภายในระบบแบตเตอรี่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ



รูปที่ 1 พาราฟินเทอร์มอลเจล (Paraffin) ที่ผสมโดยสาร A และสาร B ในอัตราส่วน 1 ต่อ 1



รูปที่ 2 ชุดแบตเตอรี่มาตรฐานแบบไม่ห่อหุ้มด้วยวัสดุเปลี่ยนสถานะ (PCM) และแบบที่ห่อหุ้มด้วยวัสดุเปลี่ยนสถานะ (PCM)

การติดตั้งระบบตรวจวัด (BMS และ Data Logger)

ชุดทดลองได้รับการติดตั้งระบบจัดการแบตเตอรี่ (BMS) ที่ใช้ในการตรวจสอบค่าสถานะประจุของแบตเตอรี่ (SOC) แบบเรียลไทม์ เพื่อควบคุมให้ค่า SOC เริ่มต้นของแต่ละรอบการทดลองอยู่ในช่วงที่กำหนด และลดความคลาดเคลื่อนของผลการทดลอง (Khateeb et al., 2004) จากความแตกต่างของระดับพลังงานภายในแบตเตอรี่ ซึ่งจะมีเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ (Thermocouple Type K) ที่มีค่าความแม่นยำ ± 0.5 °C ติดตั้งอยู่บริเวณผิวของเซลล์แบตเตอรี่ตรงกลางโมดูล (ซึ่งเป็นจุดที่คาดว่าจะมีความร้อนสะสมสูงสุด) และบริเวณขอบโมดูล โดยข้อมูลอุณหภูมิ กระแสไฟฟ้า และแรงดันไฟฟ้า จะถูกบันทึกแบบเรียลไทม์ (Real-time) ตลอดการทดสอบผ่านชุดบันทึกข้อมูล (Data Logger) ซึ่งกำหนดอัตราการเก็บข้อมูล (Sampling Rate) เท่ากับ 1 ข้อมูลต่อ 10 วินาที ตลอดช่วงเวลาการทดสอบ เพื่อให้สามารถวิเคราะห์พฤติกรรมการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิได้อย่างต่อเนื่อง

ก



รูปที่ 3 ระบบจัดการแบตเตอรี่ (BMS) ที่มีเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ (Thermocouple Type K) ที่มีค่าความแม่นยำ ± 0.5 °C

ทั้งนี้ แบตเตอรี่ต้องทำงานในช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมที่สุดเพื่อให้บรรลุประสิทธิภาพและอายุการใช้งานที่สูงขึ้น ช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมที่สุดของแบตเตอรี่ผันผวนตามประเภท, ขนาด และการเปลี่ยนแปลงในเคมีไฟฟ้า โดยทั่วไปผู้ผลิตยานยนต์เสนอช่วงอุณหภูมิการทำงานที่เหมาะสม พร้อมช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมเฉพาะ ซึ่งในแบตเตอรี่ Li-ion มีช่วงอุณหภูมิการทำงานเป็น -20 ถึง 60 °C ในขณะที่อุณหภูมิที่เหมาะสมที่สุดคือ 25 ถึง 35 °C (Wazeer et al., 2022)

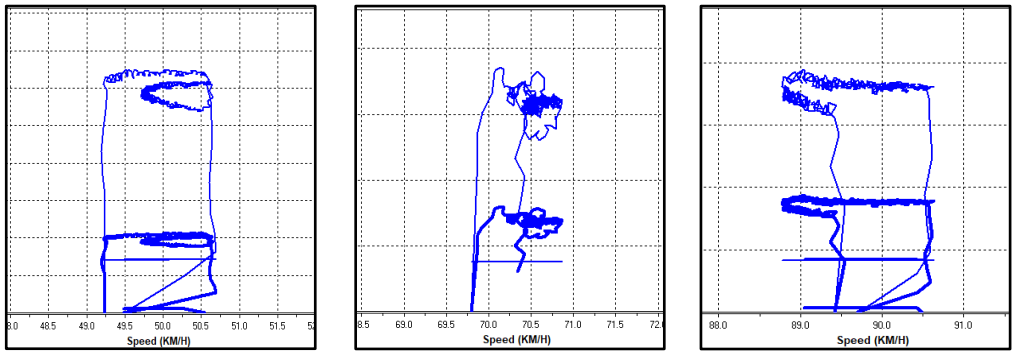
ขั้นตอนการทดสอบบนเครื่องไดนาโมมิเตอร์

การทดสอบเริ่มต้นด้วยการควบคุมสภาพแวดล้อมให้เหมาะสมและคงที่ โดยรักษาอุณหภูมิห้องทดสอบให้อยู่ในช่วง 28 - 30 °C อย่างสม่ำเสมอ (อำพล พิชัยเชิด และคณะ, 2568) เนื่องจากอุณหภูมิแวดล้อมมีผลโดยตรงต่ออุณหภูมิเริ่มต้นของแบตเตอรี่ หากมีการเปลี่ยนแปลงแม้เพียงเล็กน้อย อาจส่งผลต่อความแม่นยำของผลการทดลองและลดความน่าเชื่อถือในการเปรียบเทียบระหว่างกรณีที่ใช้และไม่ใช้ PCM รวมถึงระดับความเร็วที่แตกต่างกัน

การทดสอบกำหนดให้ดำเนินการที่ความเร็วคงที่ 3 ระดับ ได้แก่ 50, 70 และ 90 กิโลเมตรต่อชั่วโมง (กระทรวงคมนาคม, 2568) เพื่อจำลองสภาวะการขับขี่ที่แตกต่างกัน โดยในแต่ละระดับความเร็วจะทำการบิดคันเร่งค้างไว้เป็นเวลา 30 วินาที เพื่อให้ระบบทำงานภายใต้ภาระโหลดสูงในช่วงเวลาสั้น (United Nations Economic Commission for Europe [UNECE], 2007) จากนั้นปล่อยให้ความเร็วลดลงตามธรรมชาติ และพักระบบเป็นเวลา 2 นาที ก่อนเริ่มรอบถัดไป กระบวนการดังกล่าวทำซ้ำจำนวน 20 รอบ (Cycle) ต่อแต่ละระดับความเร็ว เพื่อศึกษาพฤติกรรมการสะสมความร้อนของแบตเตอรี่ภายใต้การใช้งานต่อเนื่อง และเพื่อให้ผลการทดลองมีความน่าเชื่อถือ ได้มีการควบคุมตัวแปรสำคัญเพิ่มเติม ได้แก่ การกำหนดสถานะประจุของแบตเตอรี่และอุณหภูมิเริ่มต้นให้ใกล้เคียงกันก่อนเริ่มการทดสอบในแต่ละความเร็ว (สถาบันยานยนต์, 2565) เพื่อให้สามารถเปรียบเทียบผลการทดลองระหว่างแต่ละความเร็วได้อย่างถูกต้อง



รูปที่ 4 การทดสอบรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าบนเครื่องไดนาโมมิเตอร์ที่ความเร็วคงที่ 50, 70 และ 90 กิโลเมตรต่อชั่วโมง



(ก) ความเร็วคงที่ 50 กม./ชม. (ข) ความเร็วคงที่ 70 กม./ชม. (ค) ความเร็วคงที่ 90 กม./ชม.

รูปที่ 5 กราฟแสดงการทดสอบรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าบนเครื่องไดนาโมมิเตอร์ที่ความเร็วคงที่ 50, 70 และ 90 กม./ชม.

สมการการเกิดความร้อนภายในแบตเตอรี่ (Battery Heat Generation / Joule Heating)

การเกิดความร้อนภายในแบตเตอรี่สามารถอธิบายได้ด้วยกฎของจูล (Joule’s Law) ซึ่งระบุว่าปริมาณความร้อนแปรผันตามกำลังสองของกระแสไฟฟ้า ส่งผลให้ในสภาวะโหลดสูง เช่น ความเร็ว 90 กม./ชม. เกิดการสะสมความร้อนอย่างรวดเร็ว กลไกหลักที่ทำให้แบตเตอรี่ร้อนขึ้นเมื่อรถวิ่งด้วยความเร็วสูง โดยเฉพาะที่ 90 กม./ชม. ซึ่งมีการดึงกระแสไฟฟ้าสูง ความร้อนที่เกิดขึ้นแปรผันตามกำลังสองของกระแสไฟฟ้าตามกฎของจูล (Joule's Law) ดังสมการ

$$Q_{gen} = I^2 \times R \times t$$

Q_{gen} = ปริมาณความร้อนที่เกิดขึ้นภายในเซลล์แบตเตอรี่ (Joule หรือ J)

I = กระแสไฟฟ้าที่ดึงออกจากแบตเตอรี่ขณะจำลองโหลด (Ampere หรือ A)

R = ความต้านทานภายใน (Internal Resistance) ของเซลล์แบตเตอรี่ (Ohm หรือ Ω)

t = ระยะเวลาในการจ่ายกระแสไฟฟ้า (วินาที หรือ s) เช่น ในการทดลองคือ 30 วินาทีต่อรอบ

สมการการดูดซับความร้อนแฝงของวัสดุเปลี่ยนสถานะ (PCM Latent Heat Absorption)

การทำงานของ PCM สามารถอธิบายได้ด้วยสมการความร้อนแฝง โดยพลังงานความร้อนที่ถูกดูดซับจะแปรผันตามมวลและค่าความร้อนแฝงของวัสดุ ในช่วงที่ PCM เกิดการเปลี่ยนสถานะ วัสดุสามารถดูดซับพลังงานความร้อนจำนวนมากโดยอุณหภูมิเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย ส่งผลให้สามารถชะลอการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิแบตเตอรี่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งพฤติกรรมของพาราฟินเทอร์มอลเจล เมื่ออุณหภูมิสูงถึงจุดหลอมเหลว วัสดุจะเปลี่ยนสถานะจากของแข็งเป็นของเหลวและดูดซับความร้อนจำนวนมากโดยที่อุณหภูมิของตัวมันเองไม่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้กราฟอุณหภูมิในรอบหลัง ๆ มีความชันเพิ่มขึ้นอย่างช้าลง ดังสมการ

$$Q_{PCM} = m \times L$$

Q_{PCM} = ปริมาณความร้อนพลังงานความร้อนที่ PCM สามารถดูดซับไว้ได้ในช่วงการเปลี่ยนสถานะ (Joule หรือ J)

m = มวลของวัสดุ PCM ที่หุ้มอยู่รอบเซลล์แบตเตอรี่ (กิโลกรัม หรือ kg)

L = ความร้อนแฝงของการหลอมเหลว (Latent Heat of Fusion) ของวัสดุ PCM (Joule/kg) ซึ่งเป็นค่าคุณสมบัติเฉพาะของสาร A และ B ที่ผสมกัน

การถ่ายเทความร้อนแบบการพา (Convective Heat Transfer)

การถ่ายเทความร้อนจากแบตเตอรี่สามารถอธิบายได้ด้วยกลไกการพาความร้อน โดยอัตราการถ่ายเทความร้อนจะแปรผันตามส่วนต่างอุณหภูมิระหว่างผิวแบตเตอรี่กับอากาศโดยรอบ รวมถึงพื้นที่ผิวและลักษณะการไหลของอากาศ ในงานวิจัยนี้ การควบคุมอุณหภูมิห้องทดสอบให้คงที่ช่วยให้สามารถประเมินประสิทธิภาพของระบบระบายความร้อนได้อย่างชัดเจน ความร้อนที่เกิดขึ้นภายในแบตเตอรี่จะถูกถ่ายเทออกผ่านทั้งการดูดซับโดยวัสดุ PCM และการพาความร้อนสู่อากาศโดยรอบ สำหรับกรณีแบตเตอรี่ที่ไม่ห่อหุ้มด้วยวัสดุเปลี่ยนสถานะ (PCM) ซึ่งใช้เป็นชุดควบคุม การระบายความร้อนจะเกิดขึ้นผ่านการพาความร้อนสู่อากาศในห้องทดสอบ (28 - 30 °C) เป็นหลัก โดยสามารถอธิบายได้ตามกฎการเย็นตัวของนิวตัน (Newton's Law of Cooling) ดังสมการ

$$Q_{conv} = h \times A \times (T_s - T_\infty)$$

Q_{conv} = อัตราการถ่ายเทความร้อนจากการพาความร้อนสู่สิ่งแวดล้อม (Watt หรือ J/s)

h = สัมประสิทธิ์การพาความร้อนของอากาศโดยรอบ (Heat Transfer Coefficient) ($W/m^2 \times K$)

A = พื้นที่ผิวสัมผัสภายนอกของชุดโมดูลแบตเตอรี่ (ตารางเมตร หรือ m^2)

T_s = อุณหภูมิที่ผิวของแบตเตอรี่ที่วัดได้ (°C)

T_∞ = อุณหภูมิของอากาศแวดล้อมในห้องทดสอบ (28 - 30 °C)

ผลการวิจัย

การบันทึกอุณหภูมิระหว่างการทดสอบ

อุณหภูมิของแบตเตอรี่ถูกบันทึกทุก ๆ 10 วินาที ได้แก่ เวลาเริ่มต้น ผ่านไป 10, 20 และ 30 วินาที สำหรับแต่ละรอบของการทดสอบ ส่งผลให้ได้ข้อมูลรวมทั้งหมด 80 จุดข้อมูล ซึ่งแสดงในรูปแบบ Sampling Point ลำดับที่ 1 - 80 ผลการทดลองพบว่าอุณหภูมิของแบตเตอรี่ทั้งสองชุดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระดับความเร็วและจำนวนรอบที่ได้ทำการทดสอบ สำหรับชุดแบตเตอรี่ที่ใช้ Phase Change Material (PCM) สามารถจำกัดอุณหภูมิสูงสุดให้อยู่ในระดับต่ำกว่าชุดที่ไม่มี PCM อย่างชัดเจนในทุกระดับความเร็ว

ตารางที่ 1 ตารางการเปรียบเทียบอุณหภูมิของแบตเตอรี่ชุดที่ไม่ห่อหุ้มด้วยวัสดุเปลี่ยนสถานะ (PCM) และอุณหภูมิของแบตเตอรี่ชุดที่ห่อหุ้มด้วยวัสดุเปลี่ยนสถานะ (PCM) ที่ความเร็ว 50 กม./ชม.

การบันทึกอุณหภูมิ (ครั้งที่)	อุณหภูมิที่ ความเร็วคงที่ 50 กม./ชม. (°C)	
	(ห่อหุ้มด้วย PCM)	(ไม่ห่อหุ้มด้วย PCM)
1	29.0 °C	29.0 °C
10	29.1 °C	29.3 °C
20	29.3 °C	29.5 °C
30	29.5 °C	29.8 °C
40	29.6 °C	30.1 °C
50	29.7 °C	30.4 °C
60	29.8 °C	30.6 °C
70	30.1 °C	30.9 °C
80	30.3 °C	31.3 °C

หมายเหตุ: การทดสอบที่ความเร็ว 50 กม./ชม. ดำเนินการจำนวน 20 รอบ (Cycle) โดยในแต่ละรอบมีการบันทึกอุณหภูมิที่เวลา 0, 10, 20 และ 30 วินาที รวมทั้งหมด 80 จุดข้อมูล (Sampling Points)

ตารางที่ 2 ตารางการเปรียบเทียบอุณหภูมิของแบตเตอรี่ชุดที่ไม่ห่อหุ้มด้วยวัสดุเปลี่ยนสถานะ (PCM) และอุณหภูมิของแบตเตอรี่ชุดที่ห่อหุ้มด้วยวัสดุเปลี่ยนสถานะ (PCM) ที่ความเร็ว 70 กม./ชม.

การบันทึกอุณหภูมิ (ครั้งที่)	อุณหภูมิที่ ความเร็วคงที่ 70 กม./ชม. (°C)	
	(ห่อหุ้มด้วย PCM)	(ไม่ห่อหุ้มด้วย PCM)
1	29.0 °C	29.0 °C
10	29.4 °C	29.4 °C
20	29.6 °C	30.4 °C
30	29.8 °C	31.0 °C
40	30.2 °C	31.6 °C
50	30.6 °C	31.9 °C
60	31.0 °C	32.5 °C
70	31.2 °C	33.1 °C
80	31.6 °C	34.0 °C

หมายเหตุ: การทดสอบที่ความเร็ว 70 กม./ชม. ดำเนินการจำนวน 20 รอบ (Cycle) โดยในแต่ละรอบมีการบันทึกอุณหภูมิที่เวลา 0, 10, 20 และ 30 วินาที รวมทั้งหมด 80 จุดข้อมูล (Sampling Points)

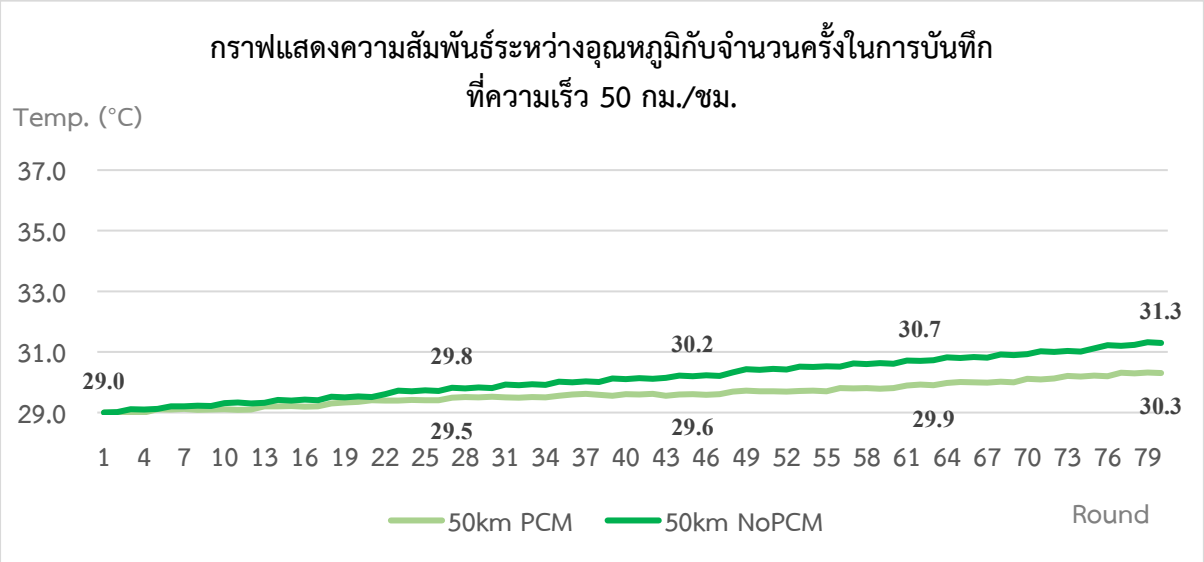
ตารางที่ 3 ตารางการเปรียบเทียบอุณหภูมิของแบตเตอรี่ชุดที่ไม่ห่อหุ้มด้วยวัสดุเปลี่ยนสถานะ (PCM) และอุณหภูมิของแบตเตอรี่ชุดที่ห่อหุ้มด้วยวัสดุเปลี่ยนสถานะ (PCM) ที่ความเร็ว 90 กม./ชม.

การบันทึกอุณหภูมิ (ครั้งที่)	อุณหภูมิที่ ความเร็วคงที่ 90 กม./ชม. (°C)	
	(ห่อหุ้มด้วย PCM)	(ไม่ห่อหุ้มด้วย PCM)
1	29.0 °C	29.0 °C
10	29.5 °C	29.9 °C
20	30.4 °C	30.9 °C
30	31.3 °C	32.0 °C
40	31.7 °C	32.9 °C
50	32.2 °C	34.2 °C
60	32.9 °C	35.1 °C
70	33.3 °C	36.1 °C
80	33.8 °C	37.2 °C

หมายเหตุ: การทดสอบที่ความเร็ว 90 กม./ชม. ดำเนินการจำนวน 20 รอบ (Cycle) โดยในแต่ละรอบมีการบันทึกอุณหภูมิที่เวลา 0, 10, 20 และ 30 วินาที รวมทั้งหมด 80 จุดข้อมูล (Sampling Points)

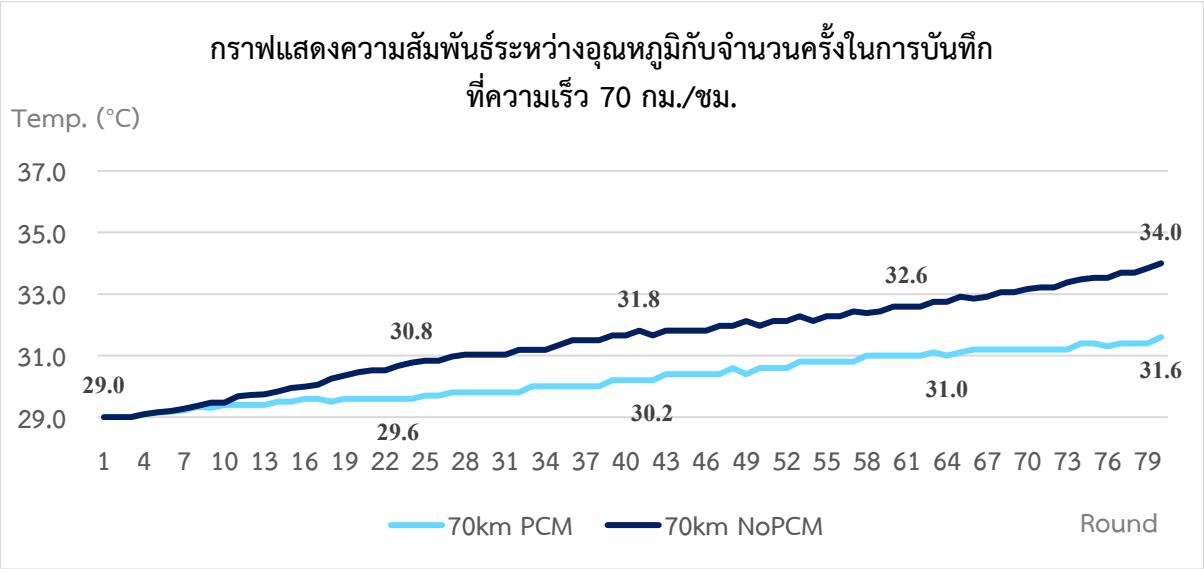
4.2 การวิเคราะห์พฤติกรรมการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิในแต่ละระดับความเร็ว

ที่ความเร็ว 50 กม./ชม. ซึ่งเป็นสภาวะที่มีภาระการดึงกระแสไฟฟ้าในระดับต่ำ ส่งผลให้การเกิดความร้อนภายในแบตเตอรี่ยังมีไม่มาก อุณหภูมิของแบตเตอรี่ทั้งสองชุดจึงเพิ่มขึ้นในอัตราที่ใกล้เคียงกันในช่วงรอบเริ่มต้น และเมื่อจำนวนรอบการทดสอบเพิ่มขึ้น พบว่าชุดแบตเตอรี่ที่ใช้วัสดุเปลี่ยนสถานะ (PCM) เริ่มแสดงประสิทธิภาพในการชะลอการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิได้ดีกว่าชุดที่ไม่ใช้ PCM เล็กน้อย แสดงดังรูปที่ 6



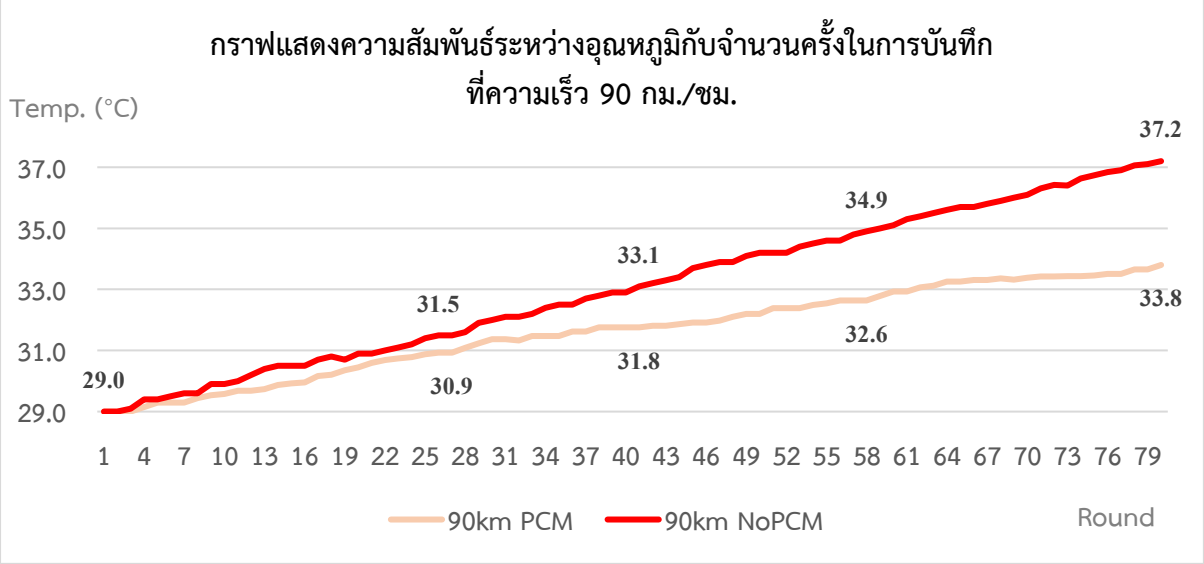
รูปที่ 6 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิของแบตเตอรี่ที่ไม่ห่อหุ้มด้วยวัสดุเปลี่ยนสถานะ (PCM) และอุณหภูมิสูงสุดของแบตเตอรี่ที่ห่อหุ้มด้วยวัสดุเปลี่ยนสถานะ (PCM) ระหว่างการทดสอบทั้งหมด ที่ความเร็ว 50 กม./ชม.

ที่ความเร็ว 70 กม./ชม. ความแตกต่างระหว่างชุดแบตเตอรี่สองประเภทเริ่มชัดเจนขึ้น โดยชุดที่ไม่มี PCM มีอุณหภูมิสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ในขณะที่ชุด PCM แสดงความชันของกราฟอุณหภูมิลดลง เนื่องจาก PCM เริ่มเข้าสู่จุดหลอมเหลวและดูดซับความร้อนแฝงไว้ ซึ่งช่วยลดอัตราการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิ แสดงดังรูปที่ 7



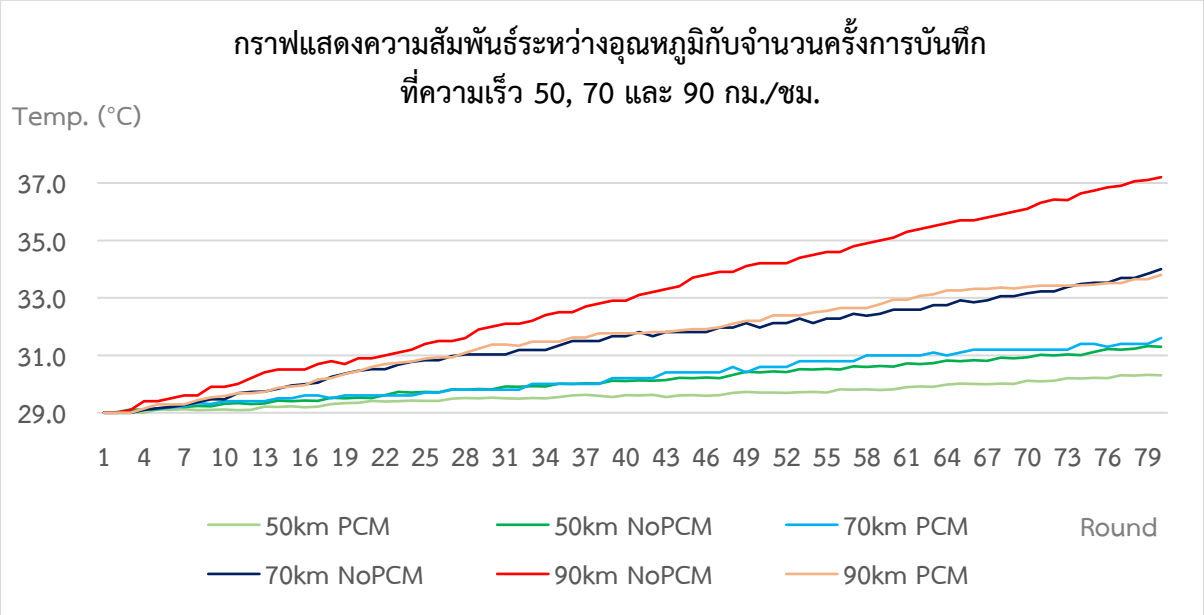
รูปที่ 7 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิของแบตเตอรี่ที่ไม่ห่อหุ้มด้วยวัสดุเปลี่ยนสถานะ (PCM) และอุณหภูมิสูงสุดของแบตเตอรี่ที่ห่อหุ้มด้วยวัสดุเปลี่ยนสถานะ (PCM) ระหว่างการทดสอบทั้งหมด ที่ความเร็ว 70 กม./ชม.

ที่ความเร็ว 90 กม./ชม. เป็นสภาวะการดึงกระแสไฟฟ้าสูงสุดและเกิด Joule Heating ในระดับสูง กราฟอุณหภูมิของชุดแบตเตอรี่ที่ไม่มี PCM เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วและเข้าใกล้ขีดจำกัดความปลอดภัย (อุณหภูมิสูงกว่า 35 °C) ในขณะที่ชุดที่ห่อหุ้มด้วยวัสดุเปลี่ยนสถานะ (PCM) สามารถรักษาอุณหภูมิให้อยู่ในช่วงปลอดภัยต่ำกว่า 34 °C แสดงดังรูปที่ 8



รูปที่ 8 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิของแบตเตอรี่ที่ไม่ห่อหุ้มด้วยวัสดุเปลี่ยนสถานะ (PCM) และอุณหภูมิสูงสุดของแบตเตอรี่ที่ห่อหุ้มด้วยวัสดุเปลี่ยนสถานะ (PCM) ระหว่างการทดสอบทั้งหมด ที่ความเร็ว 90 กม./ชม.

เมื่อเปรียบเทียบกราฟอุณหภูมิของทั้งสามระดับความเร็วในรูปเดียวกัน แสดงดังรูปที่ 9 จะเห็นว่าอัตราการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิแปรผันตามระดับความเร็วอย่างชัดเจน โดยที่ความเร็วสูงขึ้นส่งผลให้เกิดการสะสมความร้อนมากขึ้น นอกจากนี้ ชุดแบตเตอรี่ที่ห่อหุ้มด้วยวัสดุเปลี่ยนสถานะ (PCM) แสดงแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิที่ต่ำกว่าในทุกช่วงความเร็ว สะท้อนให้เห็นถึงประสิทธิภาพของ PCM ในการดูดซับและหน่วงการถ่ายเทความร้อนภายในระบบ



รูปที่ 9 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิของแบตเตอรี่ที่ไม่ห่อหุ้มด้วยวัสดุเปลี่ยนสถานะ (PCM) และอุณหภูมิสูงสุดของแบตเตอรี่ที่ห่อหุ้มด้วยวัสดุเปลี่ยนสถานะ (PCM) ระหว่างการทดสอบที่ความเร็ว 50, 70 และ 90 กม./ชม.

ตารางที่ 4 ตารางการเปรียบเทียบอุณหภูมิสูงสุดของแบตเตอรี่ที่มีและไม่มี PCM ในแต่ละระดับความเร็ว

ความเร็วที่ใช้ทดสอบ (กม./ชม.)	อุณหภูมิสูงสุดของแบตเตอรี่ (ห่อหุ้มด้วย PCM)	(ไม่ห่อหุ้มด้วย PCM)	ความแตกต่าง (ΔT)
50	30.3 °C	31.3 °C	1.0 °C
70	31.6 °C	34.0 °C	2.4 °C
90	33.8 °C	37.2 °C	3.4 °C

ตารางที่ 5 ตารางการเปรียบเทียบอุณหภูมิของแบตเตอรี่ลิเธียมไอออนที่ห่อหุ้มและไม่ห่อหุ้มด้วย PCM พร้อมผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

ความเร็วที่ใช้ทดสอบ (กม./ชม.)	อุณหภูมิของแบตเตอรี่ที่ห่อหุ้มด้วย PCM (℃)		อุณหภูมิของแบตเตอรี่ที่ไม่ห่อหุ้มด้วย PCM (℃)		ความแตกต่างค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิ (ΔT)		T - Value	P - Value	ผลการทดสอบ
	Mean (℃)	± SD, (℃)	Mean (℃)	± SD, (℃)	ลดลง (℃)	ลดลง (%)			
50	29.61 ℃	0.36	30.13	0.66	0.52	1.72	15.41	< 0.001	มีนัยสำคัญ
70	30.26 ℃	0.75	31.50	1.39	1.24	3.94	16.76	< 0.001	มีนัยสำคัญ
90	31.63 ℃	1.43	33.08	2.43	1.45	4.38	12.50	< 0.001	มีนัยสำคัญ

การอภิปรายผล

ผลการทดลองที่ได้แสดงให้เห็นว่ากลไกการดูดซับความร้อนแฝงของวัสดุเปลี่ยนสถานะ (Phase Change Material: PCM) มีบทบาทสำคัญในการลดและหน่วงการสะสมความร้อนภายในแบตเตอรี่ลิเธียมไอออน โดยเฉพาะในสภาวะที่มีการดึงกระแสไฟฟ้าสูง ซึ่งทำให้เกิดความร้อนจากปรากฏการณ์ Joule Heating อย่างชัดเจน เช่น การทดสอบที่ความเร็ว 90 กม./ชม. ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าแบตเตอรี่ที่ห่อหุ้มด้วยวัสดุเปลี่ยนสถานะ (PCM) มีอุณหภูมิสูงสุดต่ำกว่าและมีอัตราการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิน้อยกว่ากรณีที่ไม่ใช้ PCM อย่างชัดเจน

ในช่วงเริ่มต้นของการทำงาน PCM ทำหน้าที่คล้ายฉนวนความร้อน (Thermal Barrier) ช่วยลดอัตราการถ่ายเทความร้อนออกจากผิวเซลล์แบตเตอรี่ไปยังสภาพแวดล้อม และเมื่ออุณหภูมิของเซลล์เพิ่มสูงขึ้นจนถึงจุดหลอมเหลวของ PCM วัสดุจะเริ่มเปลี่ยนสถานะจากของแข็งเป็นของเหลว พร้อมดูดซับพลังงานความร้อนในรูปของความร้อนแฝง (Latent Heat) ส่งผลให้อุณหภูมิของแบตเตอรี่เพิ่มขึ้นช้าลงและถูกควบคุมให้อยู่ในช่วงที่ปลอดภัย กลไกดังกล่าวช่วยลดความเสี่ยงของการเกิดภาวะความร้อนสูงเกิน (Thermal Runaway) และช่วยระบายความร้อนของระบบแบตเตอรี่

เมื่อพิจารณาเชิงปริมาณจากข้อมูลในตารางที่ 4 พบว่าการใช้วัสดุเปลี่ยนสถานะสามารถลดอุณหภูมิสูงสุดของแบตเตอรี่ได้ร้อยละ 3.19, 7.06 และ 9.14 ที่ความเร็ว 50, 70 และ 90 กม./ชม. ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าประสิทธิภาพของ PCM มีความเด่นชัดมากขึ้นเมื่อระดับความร้อนสะสมเพิ่มสูงขึ้น ผลลัพธ์ดังกล่าวสอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้าที่รายงานว่า PCM สามารถช่วยลดอุณหภูมิสูงสุดและปรับปรุงการกระจายอุณหภูมิภายในเซลล์แบตเตอรี่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะในระบบที่มีข้อจำกัดด้านพื้นที่และไม่สามารถติดตั้งระบบระบายความร้อนแบบแอคทีฟได้

สำหรับข้อมูลในตารางที่ 5 พบว่าแบตเตอรี่ลิเธียมไอออนที่ห่อหุ้มด้วยวัสดุเปลี่ยนสถานะ (PCM) มีอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำกว่ากรณีที่ไม่ห่อหุ้มด้วย PCM ในทุกระดับความเร็วที่ทดสอบ โดยที่ความเร็ว 50 กม./ชม. สามารถลดอุณหภูมิได้ 0.52 ℃ หรือร้อยละ 1.72 ขณะที่ความเร็ว 70 และ 90 กม./ชม. สามารถลดอุณหภูมิได้ 1.24 ℃ (ร้อยละ 3.94) และ 1.45 ℃ (ร้อยละ 4.38) ตามลำดับ ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าประสิทธิภาพของ PCM มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระดับความเร็วและภาระความร้อนที่สูงขึ้น เนื่องจากวัสดุสามารถดูดซับความร้อนแฝงได้มากขึ้นเมื่อแบตเตอรี่เกิดความร้อนสะสมในระดับสูง นอกจากนี้ ผลการวิเคราะห์ด้วย Independent Samples t-test พบว่าความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างแบตเตอรี่ที่ห่อหุ้มและไม่ห่อหุ้ม

ด้วย PCM มีนัยสำคัญทางสถิติในทุกระดับความเร็ว ($p < 0.001$) แสดงให้เห็นว่าการใช้ PCM ช่วยลดอุณหภูมิของแบตเตอรี่ได้อย่างมีประสิทธิภาพและมีความน่าเชื่อถือทางสถิติ

สำหรับงานวิจัยนี้ยังมีข้อจำกัดบางประการ เช่น การใช้ PCM เพียงชนิดเดียวและไม่ได้พิจารณาผลของความหนาหรือปริมาณ PCM ต่อประสิทธิภาพการระบายความร้อน รวมถึงการทดลองที่ดำเนินการภายใต้สภาวะควบคุมในห้องปฏิบัติการ ซึ่งอาจแตกต่างจากสภาพการใช้งานจริงที่มีปัจจัยแวดล้อมเข้ามาเกี่ยวข้อง เช่น อุณหภูมิภายนอก การไหลของอากาศ และพฤติกรรมการขับขี่ ดังนั้นในงานวิจัยต่อไปควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับการเลือกใช้ PCM ที่มีคุณสมบัติเหมาะสม การปรับปรุงโครงสร้างการติดตั้งเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการนำความร้อน รวมถึงการทดสอบในสภาวะการใช้งานจริง เพื่อยืนยันศักยภาพของระบบระบายความร้อนด้วย PCM ในการนำไปใช้งานเชิงพาณิชย์

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงคมนาคม. (2568). กฎกระทรวง กำหนดอัตราความเร็วของยานพาหนะบนทางหลวงสัมปทาน พ.ศ. 2568. ราชกิจจานุเบกษา. เล่ม 142 ตอนที่ 6 ก. หน้า 3-4.

สถาบันยานยนต์, แผนกทดสอบ 1 (มลพิษยานยนต์). (2565). การทดสอบรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า. https://www.thaiauto.or.th/2020/th/news/?news_id=5338

อำพล พิชัยเชิด, สัญชัย รำเพยพัด, บัณฑิต กฤตาคม, วริศราภรณ์ จรโคกกรวด, วัชรินทร์ ดงบัง, และอภิเดช บุญเจือ. (2568). การทดสอบการระบายความร้อนแพ็กแบตเตอรี่ยานยนต์ไฟฟ้าด้วยการระบายความร้อนด้วยอากาศ. Journal of Science and Technology Thonburi University, 9(1), 38-54.

Alghamdi, S. M., Abu-Hamdeh, N. H., Al-Ebrahim, M. A., AL-bonsrulah, H. A. Z., & Hussin, A. M. (2023). Expedition of melting of paraffin within heat storage system in existence of nanomaterial and curved enclosure. Journal of Energy Storage, 72, Article 108368. https://doi.org/10.1016/j.est.2023.108368

Bandhauer, T. M., Garimella, S., & Fuller, T. F. (2011). A critical review of thermal issues in lithium-ion batteries. Journal of the Electrochemical Society, 158(3), R1. https://doi.org/10.1149/1.3515880

Feng, X., Ouyang, M., Liu, X., Lu, L., Xia, Y., & He, X. (2018). Thermal runaway mechanism of lithium ion battery for electric vehicles: A review. Energy Storage Materials, 10, 246-267. https://doi.org/10.1016/j.ensm.2017.05.013

Goodenough, J. B., & Park, K. S. (2013). The Li-Ion Rechargeable Battery: A Perspective. Journal of the American Chemical Society, 135(4), 1167-1176. https://doi.org/10.1021/ja3091438

Khateeb, S. A., Farid, M. M., Selman, J. R., & Al-Hallaj, S. (2004). Design and simulation of a lithium-ion battery with a phase change material thermal management system for an electric scooter. Journal of Power Sources, 128(2), 292-307. https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2003.09.070

Ling, Z., Chen, J., Fang, X., Zhang, Z., Xu, T., Gao, X., & Wang, S. (2014). Experimental and numerical investigation of the application of phase change materials in a simulative power batteries thermal management system. Applied Energy, 121, 104-113. https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2014.01.075

Pesaran, A. A. (2002). Battery thermal models for hybrid vehicle simulations. Journal of Power Sources, 110(2), 377-382. https://doi.org/10.1016/S0378-7753(02)00200-8

United Nations Economic Commission for Europe. (2007). Global technical regulation No. 2 on the world-wide harmonized motorcycle emission test cycle (Document No. ECE/TRANS/WP.29/GRPE/2007/9).

Wazeer, A., Das, A., Abeykoon, C., Sinha, A., & Karmakar, A. (2022). Phase change materials for battery thermal management of electric and hybrid vehicles: A review. Energy Nexus, 7, Article 100131. https://doi.org/10.1016/j.nexus.2022.100131

การบริหารจัดการโครงการก่อสร้างถนนเพื่อลดความล่าช้าในองค์การบริหารส่วนจังหวัดนนทบุรี

Road Construction Project Management for Delay Reduction in Nonthaburi Provincial Administrative Organization

เศรษฐพงศ์ ญาณโรจน์[1] ไอลดา ตรีรัตน์ตระกูล[1*]และพิชิต สุขเจริญพงษ์[1]
Settapong Yanaroj[1], Ailada Treerattrakoon[1*] and Pichit Sukchareonpong[1]

[1] สาขาวิชาการจัดการวิศวกรรม ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
[1] Graduate Program in Engineering Management, Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Kasetsart University
[*]Corresponding Author E-mail Address : fengadt@ku.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ปัจจัยและสาเหตุของความล่าช้าในโครงการก่อสร้างถนนขององค์การบริหารส่วนจังหวัดนนทบุรี และนำเสนอแบบจำลองการบริหารเวลาที่มีประสิทธิภาพ โดยมุ่งเน้นศึกษาโครงการที่ประกอบด้วยงานก่อสร้างถนน งานวางท่อระบายน้ำ และงานวางบ่อพักน้ำ ซึ่งเป็นกิจกรรมที่ส่งผลกระทบต่อกำหนดการแล้วเสร็จของโครงการ โดยการรวบรวมข้อมูลจากโครงการก่อสร้างในอดีตที่ดำเนินการเสร็จสิ้นที่มีปัญหาการส่งมอบงานล่าช้ากว่ากำหนด ผู้วิจัยได้นำข้อมูลกิจกรรมย่อยมาทำการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคการประเมินและตรวจสอบโครงการ (Program Evaluation and Review Technique: PERT) เพื่อประมาณการระยะเวลาการดำเนินงานภายใต้สภาวะความไม่แน่นอนและจัดทำแผนผังงานด้วยโปรแกรม Microsoft Project เพื่อระบุเส้นทางวิกฤต (Critical Path Method: CPM) นอกจากนี้ได้ประยุกต์ใช้โปรแกรม Microsoft Excel Add-in Crystal Ball ในการจำลองสถานการณ์ เพื่อวิเคราะห์ความน่าจะเป็นที่โครงการจะแล้วเสร็จตามสัญญา ผลการศึกษาพบว่า การปรับปรุงเร่งรัดกิจกรรมบนเส้นทางวิกฤตสามารถเพิ่มโอกาสที่โครงการก่อสร้างจะแล้วเสร็จภายในระยะเวลาตามสัญญาจากร้อยละ 38.90 เป็นร้อยละ 95.09 และมีระยะเวลาเฉลี่ยเร็วกว่าแผนงานเดิม 25 วัน คิดเป็นร้อยละ 10.68 ผลลัพธ์ที่ได้จากการวิจัยนี้สามารถใช้เป็นแนวทางมาตรฐานในการวางแผน และตัดสินใจสำหรับผู้บริหารโครงการเพื่อเพิ่มศักยภาพในการควบคุมงานก่อสร้างให้เป็นไปตามระยะเวลาที่กำหนดในสัญญาจ้าง

คำสำคัญ: โครงการก่อสร้าง เทคนิคการประเมินและตรวจสอบโครงการ เส้นทางวิกฤต

Abstract

This research aims to analyze the factors and causes of delays in road construction projects of the Nonthaburi Provincial Administrative Organization and to propose an effective time management model. The study specifically focuses on projects involving road construction, drainage pipe installation and manhole construction, as these activities significantly impact project completion schedules. By collecting data from completed past projects that experienced delivery delays, the researcher analyzed sub-activities using the Program Evaluation and Review Technique (PERT) to estimate durations under uncertainty. Furthermore, Microsoft Project was utilized to develop project schedules and identify the Critical Path Method (CPM). The study also applied the Microsoft Excel Add-in Crystal Ball for simulations to analyze the probability of project completion according to the contract period. The findings revealed that accelerating activities on the critical path could increase the probability of completing construction projects within the contract period from 38.90% to 95.09%, reducing the duration by 25 days (representing 10.68% improvement). The results of this research served as a standardized guideline for project managers in planning and decision-making, ultimately enhancing the efficiency of construction supervision to ensure compliance with contractual deadlines.

Keywords: Construction, PERT, Critical Path

บทนำ

การก่อสร้างถนนถือเป็นโครงสร้างพื้นฐานที่มีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งต่อการพัฒนาคุณภาพชีวิตของประชาชน การคมนาคมขนส่ง และการขับเคลื่อนเศรษฐกิจในระดับพื้นที่ โดยเฉพาะจังหวัดนนทบุรีซึ่งมีการขยายตัวของชุมชนและความหนาแน่นของการจราจรเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง การดำเนินโครงการก่อสร้างถนนโดยองค์การบริหารส่วนจังหวัดนนทบุรีจึงเป็นกลไกหลักในการแก้ไขปัญหาความคล่องตัวของการสัญจรและการพัฒนาเมืองให้ทันต่อความต้องการของสังคม

ปัจจุบันองค์การบริหารส่วนจังหวัดนนทบุรีมีถนนที่อยู่ในความรับผิดชอบจำนวน 129 สายทาง แบ่งเป็นถนนที่ได้รับการถ่ายโอนจำนวน 34 สายทาง รวมระยะทางประมาณ 224 กิโลเมตร และมีการจัดสรรงบประมาณในการจัดทำโครงการในงบลงทุนแต่ละปีงบประมาณอย่างต่อเนื่อง อย่างไรก็ตามจากข้อมูลการดำเนินงานย้อนหลังในปีงบประมาณ พ.ศ. 2565 ถึง 2567 พบว่ามีโครงการก่อสร้างถนนที่เกิดความล่าช้าเกินกำหนดสัญญาถึง 5 โครงการ จากทั้งหมด 6 โครงการ คิดเป็นร้อยละ 83.33 ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงข้อจำกัดในกระบวนการบริหารจัดการโครงการที่ยังขาดประสิทธิภาพในบางมิติ

ปัญหาความล่าช้าดังกล่าวมิได้ส่งผลกระทบเพียงแค่ด้านงบประมาณ และค่าปรับตามสัญญาเท่านั้น แต่ยังก่อให้เกิดผลกระทบเป็นลูกโซ่ ทั้งด้านปัญหาจราจรติดขัดในระหว่างก่อสร้าง มลภาวะทางฝุ่นและเสียง รวมถึงความสูญเสียโอกาสทางเศรษฐกิจของประชาชนในพื้นที่ โดยเฉพาะในโครงการที่มีความซับซ้อนอย่างงานวางระบบระบายน้ำและบ่อพักซึ่งมักประสบปัญหาอุปสรรคใต้ดิน และสภาพอากาศที่ไม่สามารถคาดการณ์ได้ ด้วยเหตุนี้การนำเทคนิคการบริหารจัดการโครงการมาประยุกต์ใช้จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง เพื่อวิเคราะห์หาเส้นทางวิกฤตและประเมินความเสี่ยงเชิงสถิติผ่านการจำลอง

สถานการณ์ ซึ่งจะช่วยให้ผู้บริหารและวิศวกรผู้ควบคุมงานสามารถพยากรณ์โอกาสความสำเร็จและวางแผนสำรองเพื่อรับมือกับความไม่แน่นอนได้อย่างเป็นระบบ อันจะนำไปสู่การยกระดับมาตรฐานการส่งมอบงานก่อสร้างขององค์การบริหารส่วนจังหวัดนนทบุรีให้มีประสิทธิภาพและเกิดประโยชน์สูงสุดแก่ภาคประชาชน

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

อุปกรณ์

1. ฮาร์ดแวร์ (Hardware) ได้แก่ MSI Laptop รุ่น Katana GF66 11UG
2. ซอฟต์แวร์ (Software) ได้แก่
   2.1 โปรแกรม Microsoft Excel Add-in Crystal Ball
   2.2 โปรแกรม Microsoft Project

วิธีการ

1. สำรวจข้อมูล โดยทำการสำรวจข้อมูลโครงการที่แล้วเสร็จในปีงบประมาณ พ.ศ. 2565 ถึง พ.ศ. 2567
2. เก็บข้อมูลโครงการตัวอย่างที่ดำเนินการแล้วเสร็จ เพื่อวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา และหาสายงานวิกฤต
   2.1 ขอบเขตการก่อสร้าง ระยะเวลาสัญญาจ้าง และระยะเวลาที่ใช้ในการก่อสร้างจริง
   2.2 แผนการดำเนินงาน และวิธีการบริหารสัญญาในโครงการ
3. คำนวณสายงานวิกฤตของโครงการตัวอย่างโดยใช้โปรแกรม Microsoft Project
4. ใช้เทคนิค PERT ร่วมกับโปรแกรม Microsoft Excel Add-in Crystal Ball เพื่อวิเคราะห์หาความเชื่อมั่น จากนั้นคำนวณหาเวลาเฉลี่ยคาดหมาย ค่าความแปรปรวนของแต่ละกิจกรรม และนำข้อมูลดังกล่าวมาสร้างเป็นแบบจำลองโครงการเพื่อหาความน่าจะเป็นที่โครงการจะแล้วเสร็จตามแผนงานที่กำหนด
5. ทำการเร่งรัดกิจกรรมวิกฤต โดยเลือกกิจกรรมที่ไม่มีค่าใช้จ่ายเพิ่มเติมอย่างมีนัยสำคัญ
6. ทำการวิเคราะห์ความน่าจะเป็นที่โครงการจะแล้วเสร็จตามแผนงานที่กำหนดโดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel Add-in Crystal Ball หลังทำการเร่งรัดกิจกรรมวิกฤต

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

เทคนิคเส้นทางวิกฤต (Critical Path Method: CPM) เป็นหนึ่งในเครื่องมือการบริหารโครงการที่ใช้ในการ วางแผน ควบคุม และติดตามความก้าวหน้าของโครงการ โดยเฉพาะโครงการก่อสร้างซึ่งมีความซับซ้อนและมีกิจกรรมจำนวนมาก (Kelley and Walker, 1959)

หลักการของ CPM คือ การสร้างเครือข่ายกิจกรรม (Network Diagram) ที่แสดงลำดับงาน ความสัมพันธ์ก่อน หรือหลัง และระยะเวลาในการทำกิจกรรม จากนั้นจึงทำการคำนวณเพื่อหากิจกรรมที่อยู่บน เส้นทางวิกฤต (Critical Path) ซึ่งหมายถึงเส้นทางที่ใช้เวลายาวที่สุดในโครงการ และเป็นตัวกำหนดระยะเวลาขั้นต่ำของการดำเนินโครงการ หากกิจกรรมใดบนเส้นทางวิกฤตล่าช้า จะส่งผลให้โครงการทั้งหมดล่าช้าตามไปด้วย (Hegazy and Menesi, 2008)

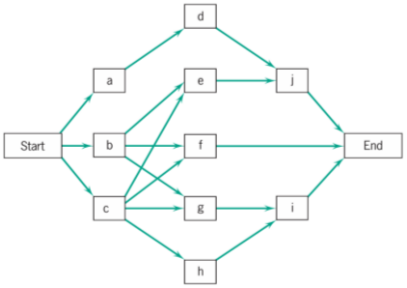
ขั้นตอนการทำ CPM มีดังนี้

1. ระบุรายการกิจกรรม (Activity Identification) แยกงานโครงการออกเป็นกิจกรรมย่อยที่สามารถวัดระยะเวลาและความสัมพันธ์ได้ เช่น งานเคลียร์พื้นที่ งานดิน งานโครงสร้าง งานปูยาง เป็นต้น

2. กำหนดความสัมพันธ์ (Sequencing Activities) ระบุว่ากิจกรรมใดต้องทำก่อน หรือหลัง และมีความเชื่อมโยงแบบใด เช่น Finish to Start (FS) หรือ Start to Start (SS)

3. ประมาณระยะเวลา (Duration Estimation) ใช้ข้อมูลจากประสบการณ์หรือมาตรฐานงานก่อสร้างมาประเมินจำนวนวันของแต่ละกิจกรรม

4. สร้างแผนภาพเครือข่าย (Network Diagram) นำกิจกรรมและความสัมพันธ์มาวาดเป็นเครือข่าย โดยใช้วิธี Activity on Node ดังแสดงใน รูปที่ 1



รูปที่ 1 แผนผังเครือข่าย แบบ Activity on Node
ที่มา : Meredith and Mantel (2012)

เทคนิคการประเมินและทบทวนโครงการ (Program Evaluation and Review Technique: PERT) เป็นเครื่องมือด้านการวางแผนและควบคุมโครงการที่พัฒนาขึ้นในปี ค.ศ. 1958 โดยกองทัพเรือสหรัฐอเมริกา เพื่อใช้ในโครงการ Polaris Missile ที่มีความซับซ้อนและไม่แน่นอนสูง (Malcolm et al., 1959) โดย PERT ใช้วิธีการประเมินเวลาแบบหลายค่า เพื่อช่วยผู้บริหารโครงการตัดสินใจและวิเคราะห์โอกาสความสำเร็จของโครงการภายในเวลาที่กำหนด

ขั้นตอนการทำ PERT มีดังนี้

1. การระบุกิจกรรม (Activity Identification) เริ่มจากการแตกโครงการออกเป็นกิจกรรมย่อย (Work Breakdown Structure: WBS) และระบุความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรม เช่น งานใดต้องทำก่อนหรือหลัง การระบุกิจกรรมอย่างชัดเจนจะช่วยให้การวางแผนมีความแม่นยำและลดปัญหาการตกหล่นของงาน

2. การประมาณเวลา (Activity Time Estimation) PERT สามารถคำนวณ เวลาเฉลี่ยคาดหมาย (Expected Time: TE) จากสมการที่ (1) และหาค่าความแปรปรวน (Variance) เพื่อใช้วิเคราะห์ความไม่แน่นอนของกิจกรรม จากสมการที่ (2)

$$TE = \frac{a+4m+b}{6} \quad (1)$$

$$\sigma^2 = \left(\frac{b-a}{6}\right)^2 \quad (2)$$

โดยที่ a คือ เวลาที่คาดว่าจะทำกิจกรรมแล้วเสร็จได้เร็วที่สุด (Optimistic Time)
m คือ เวลาที่เป็นไปได้มากที่สุดที่จะทำกิจกรรมแล้วเสร็จ (Most Likely Time)
b คือ เวลาที่คาดว่าจะทำกิจกรรมแล้วเสร็จได้ช้าที่สุด (Pessimistic Time)

3. การเขียนเครือข่าย (Network Construction) นำกิจกรรมและความสัมพันธ์มาสร้างแผนภาพเครือข่าย (Network Diagram) เช่น Activity on Node เพื่อให้เห็นภาพรวมลำดับงานและใช้เป็นเครื่องมือคำนวณเส้นทางวิกฤต

4. การหาวิถีวิกฤต (Critical Path Analysis) คำนวณหาเส้นทางที่ใช้เวลานานที่สุดของโครงการ ซึ่งเป็น เส้นวิกฤต (Critical Path) และเป็นตัวกำหนดอายุโครงการ กิจกรรมบนเส้นทางนี้จะไม่มีเวลาลอยตัว (Float) หากล่าช้าเพียงกิจกรรมเดียว โครงการทั้งหมดก็จะล่าช้าตาม

(ชุมสิงห์, 2563) ได้ทำการศึกษาการบริหารโครงการก่อสร้างโดยประยุกต์ใช้โปรแกรม Microsoft Project ในการจำแนกกิจกรรมพร้อมทั้งกำหนดความสัมพันธ์ เพื่อหาเส้นทางวิกฤตของโครงการ และวิเคราะห์ความเป็นไปได้ที่โครงการจะดำเนินการสำเร็จตามแผนงานด้วยโปรแกรม Microsoft Excel Add-in Crystal Ball ซึ่งช่วยให้ทราบถึงความเป็นไปได้ที่โครงการจะดำเนินการสำเร็จตามแผนงาน ผลการศึกษาแสดงการเพิ่มขึ้นของเปอร์เซ็นต์ของค่าความเป็นไปได้ที่โครงการจะสำเร็จตามแผนหากมีการจัดตารางงานที่มีความเหมาะสมร่วมกับกำหนดความสัมพันธ์ของแต่ละกิจกรรมให้มีความสอดคล้องและควบคุมการดำเนินการของกิจกรรมวิกฤต

ผลการวิจัย

1.การสำรวจข้อมูลโครงการก่อสร้างถนนในช่วงปี พ.ศ. 2565 ถึง พ.ศ. 2567

ตารางที่ 1 ข้อมูลโครงการก่อสร้างถนนในช่วงปี พ.ศ. 2565 ถึง พ.ศ. 2567

ลำดับ	ชื่อโครงการ	ประเภทของงานก่อสร้าง	จำนวนวันตามสัญญาจ้าง (วัน)	จำนวนวันที่ล่าช้า (วัน)	จำนวนวันที่ล่าช้า (ร้อยละ)
งบประมาณปี พ.ศ. 2565					
1.	โครงการ ก.	ก่อสร้างถนน พร้อมท่อระบายน้ำ	240	32	13.33
2.	โครงการ ข.	ก่อสร้างถนน พร้อมท่อระบายน้ำ และกำแพงกันดิน	230	70	30.43
3.	โครงการ ค.	ก่อสร้างถนน พร้อมท่อระบายน้ำ	120	0	0.00
งบประมาณปี พ.ศ. 2566					
4.	โครงการ ง.	ก่อสร้างถนน พร้อมกำแพงกันดิน	240	55	22.92
งบประมาณปี พ.ศ. 2567					
5.	โครงการ จ.	ก่อสร้างถนน พร้อมกำแพงกันดิน	240	39	16.25
6.	โครงการ ฉ.	ก่อสร้างถนนเพียงอย่างเดียว	210	14	6.67

ผู้วิจัยได้ทำการเก็บข้อมูลโครงการก่อสร้างถนนในช่วงปี พ.ศ. 2565 ถึง พ.ศ. 2567 ดังแสดงในตารางที่ 1 ผู้วิจัยเลือก โครงการ ข. เป็นกรณีศึกษาสำหรับการวิเคราะห์ขั้นตอนการก่อสร้างและปัญหาที่เกิดขึ้น เนื่องจากเป็นโครงการที่มีการก่อสร้างถนนคอนกรีตเสริมเหล็กใหม่พร้อมวางท่อระบายน้ำที่มีจำนวนวันที่ล่าช้าของโครงการมากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 30.43 ของโครงการ

2. ข้อมูลโครงการตัวอย่างที่ดำเนินการแล้วเสร็จ

2.1 ขอบเขตการก่อสร้าง

ตารางที่ 2 รายละเอียดโครงการกรณีศึกษา ข.

รายละเอียดงาน	ก่อสร้างถนนคอนกรีตเสริมเหล็กพร้อมกำแพงกันดิน และท่อระบายน้ำ ระยะทางรวม 1,040 เมตร
มูลค่าโครงการตามสัญญา	26,666,666.66 บาท
ระยะเวลาตามสัญญา	230 วัน
ระยะเวลาจริงในการก่อสร้าง	300 วัน

จากตารางที่ 2 จะแสดงรายละเอียดงาน มูลค่าโครงการตามสัญญา ระยะเวลาตามสัญญา และระยะเวลาจริงในการก่อสร้างของโครงการกรณีศึกษา ข.

2.2 แผนการดำเนินงาน

ตารางที่ 3 กิจกรรมของโครงการกรณีศึกษา ข.

ชื่อย่อกิจกรรม	กิจกรรม	Predecessors	(a) Optimistic Time (Days)	(m) Most Likely Time (Days)	(b) Pessimistic Time (Days)	(TE) Expected Time (Days)
A	งานรื้อผิวลาดยางเดิม หนา 5 ซม.		25	30	40	30.83
B	งานรื้อผิวคอนกรีตเดิม หนา 15 ซม.		38	45	60	46.33
C	งานขุดตัดดิน		50	65	80	65.00
D	งานทำกำแพงกันดิน	C (SS+3 days)	50	60	90	63.33
E	งานทรายถมคันทาง	D (SS+7 days)	55	67	95	69.67
F	งานดินถมคันทาง	E	13	15	20	15.50
G	งานวางท่อ และบ่อพัก	A, B, C	40	60	80	60.00
H	งานพื้นทางหินคลุก	G	10	15	25	15.83
I	งานทรายรองใต้ผิวทางคอนกรีต	H	10	15	20	15.00

ตารางที่ 3 (ต่อ)

ชื่อย่อกิจกรรม	กิจกรรม	Predecessors	(a) Optimistic Time (Days)	(m) Most Likely Time (Days)	(b) Pessimistic Time (Days)	(TE) Expected Time (Days)
J	งานรางวีคอนกรีตเสริมเหล็ก	I	36	40	48	40.67
K	งานคอนกรีตเสริมเหล็กผิวถนน	I	45	55	80	57.50
L	งานตัด Joint รอยต่อถนน	K	4	5	6	5.00
M	งานคอนกรีตเสริมเหล็กทางเชื่อม	J	6	7	9	7.17
N	งานไหล่ทางหินคลุก	K	5	7	9	7.00
O	งานปูยาง Asphalt Concrete	N	5	7	9	7.00
P	งานตีเส้นจราจร	O	2	2	3	2.17
Q	งานป้ายจราจร	P	1	2	3	2.00
R	งานทำความสะอาดพื้นที่ก่อนส่งมอบงาน	F, L, M, Q	1	2	3	2.00

จากตารางที่ 3 เมื่อประเมินและตรวจสอบโครงการกรณีศึกษา เก็บรวบรวมข้อมูลระยะเวลาที่เสร็จเร็วที่สุด (Optimistic Time) ระยะเวลาที่เสร็จบ่อยครั้งที่สุด (Most Likely Time) และระยะเวลาที่เสร็จช้าที่สุด (Pessimistic Time) เพื่อคำนวณระยะเวลาที่คาดว่าจะแล้วเสร็จ (Expected Time: TE) ของกิจกรรมทั้งหมดในโครงการ โดยรวบรวมข้อมูลจากบุคลากรสำนักช่าง ขององค์การบริหารส่วนจังหวัดนนทบุรี และผู้รับจ้างทั้งหมด 20 คน เพื่อหาเส้นทางวิกฤตของโครงการ โดยแต่ละกิจกรรมมีคำนิยาม ดังนี้

กิจกรรม A งานรื้อผิวลาดยางเดิม คือ การขูดไถหรือรื้อถอนชั้นผิวถนนยางมะตอยเดิมที่ชำรุดออกเพื่อเตรียมพื้นที่สำหรับโครงสร้างถนนใหม่

กิจกรรม B งานรื้อผิวคอนกรีตเดิม คือ การทุบทำลายและขนย้ายพื้นถนนคอนกรีตเดิมออก ซึ่งเป็นงานที่ใช้เวลามากกว่างานผิวลาดยางเนื่องจากความหนาและเหล็กเสริม

กิจกรรม C งานขุดตัดดิน คือ การใช้เครื่องจักรขุดปรับระดับดินเดิมให้ได้ความลึกตามแบบวิศวกรรม เพื่อวางรากฐานชั้นทางหรือระบบระบายน้ำ

กิจกรรม D งานทำกำแพงกันดิน คือ การสร้างโครงสร้างเพื่อป้องกันดินสไลด์หรือพังทลาย

กิจกรรม E งานทรายถมคันทาง คือ การนำทรายมาถมปรับระดับและบดอัด เพื่อสร้างชั้นวัสดุรองพื้นที่มีคุณสมบัติระบายน้ำได้ดีและช่วยกระจายแรงกด

กิจกรรม F งานดินถมคันทาง คือ การถมดินเพื่อปรับยกระดับคันทางให้ได้ความสูงตามกำหนด

กิจกรรม G งานวางท่อ และบ่อพัก คือ การติดตั้งระบบระบายน้ำใต้ดิน ซึ่งรวมถึงการขุดร่อง วางท่อคอนกรีต และติดตั้งบ่อพักเพื่อเชื่อมต่อระบบน้ำ

กิจกรรม H งานพื้นทางหินคลุก คือ การลงวัสดุหินคลุกและบดอัดให้แน่นเพื่อเสริมความแข็งแรงของชั้นรองพื้นทางก่อนเทคอนกรีต

กิจกรรม I งานทรายรองใต้ผิวทางคอนกรีต คือ การปูวัสดุทรายและปรับระดับให้เรียบเพื่อรองรับการเทคอนกรีตผิวถนน

กิจกรรมที่ J งานรางวีคอนกรีตเสริมเหล็ก คือ การก่อสร้างร่องระบายน้ำคอนกรีตรูปตัววี บริเวณขอบถนนเพื่อระบายน้ำผิวดิน

กิจกรรม K งานคอนกรีตเสริมเหล็กผิวถนน คือ การเทคอนกรีตโครงสร้างหลักของผิวจราจรพร้อมเสริมเหล็กเพื่อรับน้ำหนักการสัญจร

กิจกรรม L งานตัด Joint รอยต่อถนน คือ การตัดร่องรอยต่อบนผิวถนนคอนกรีตเพื่อควบคุมการขยายตัว และป้องกันการแตกร้าวจากการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ

กิจกรรม M งานคอนกรีตเสริมเหล็กทางเชื่อม คือ การเทคอนกรีตบริเวณจุดเชื่อมต่อระหว่างถนนหลักกับถนนซอยหรือทางเข้าบ้าน

กิจกรรม N งานไหล่ทางหินคลุก คือ การลงหินคลุก และบดอัดบริเวณพื้นที่ด้านข้างผิวจราจรเพื่อเสริมความมั่นคง และป้องกันการกัดเซาะ

กิจกรรม O งานปูยาง Asphalt Concrete คือ การปูผิวหน้าถนนด้วยยางมะตอยเพื่อเพิ่มความเรียบ และการยึดเกาะของยานพาหนะ พร้อมป้องกันน้ำซึมลงสู่ชั้นโครงสร้าง

กิจกรรม P งานตีเส้นจราจร คือ การพ่นหรือทาเครื่องหมายจราจรบนผิวทางเพื่อแบ่งช่องจราจรและจัดระเบียบการเดินรถ

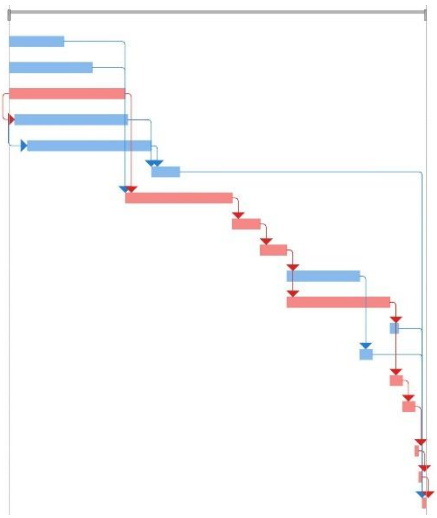
กิจกรรม Q งานป้ายจราจร คือ การติดตั้งป้ายเตือน และป้ายบังคับตามรูปแบบมาตรฐานงานทาง สำหรับองค์การปกครองส่วนท้องถิ่น

กิจกรรม R งานทำความสะอาดพื้นที่ก่อนส่งมอบงาน คือ การจัดเก็บเศษวัสดุ และทำความสะอาดบริเวณหน้างานให้เรียบร้อยเพื่อพร้อมสำหรับการตรวจรับ และเปิดใช้งาน

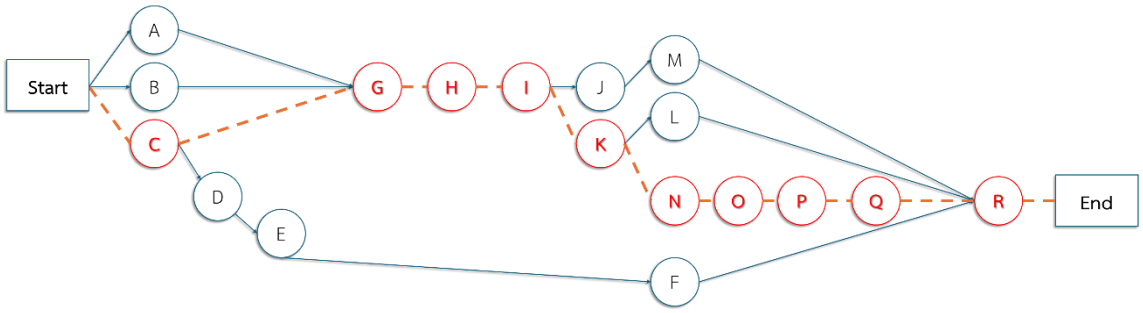
1.การคำนวณสายงานวิกฤตของโครงการตัวอย่างโดยใช้โปรแกรม Microsoft Project

การวิเคราะห์สายงานวิกฤตทำได้โดยใช้ค่า TE ประยุกต์ใช้กับโปรแกรม Microsoft Project ซึ่งเส้นทางวิกฤติมีทั้งหมด 10 กิจกรรม ประกอบด้วยกิจกรรม C-G-H-I-K-N-O-P-Q-R มีค่า TE รวมเท่ากับ 233.50 วัน หรือประมาณ 234 วัน ซึ่งช้ากว่าระยะเวลาตามสัญญา 4 วัน ดังแสดงในรูปที่ 2 และเขียนแผนผังเครือข่ายแบบ Activity on Node โดยเส้นประแสดงถึงเส้นทางวิกฤต ดังแสดงในรูปที่ 3

0	**โครงการก่อสร้างผิวถนนคอนกรีต**	233.5 days	
1	งานรื้อผิวลาดยางเดิม หนา 5 ซม.	30.83 days	
2	งานรื้อผิวคอนกรีตเดิม หนา 15 ซม.	46.33 days	
3	งานขุดตัดดิน	65 days	
4	งานทำกำแพงกันดิน	63.33 days	3SS+3 days
5	งานทรายถมคันทางบริเวณกำแพงกันดิน	69.67 days	4SS+7 days
6	งานดินถมคันทาง โดยใช้วัสดุจากงานขุดตัดคันทาง	15.5 days	5,4
7	งานวางท่อ และบ่อพักคอนกรีตเสริมเหล็ก ขนาด ø 0.80 ม.	60 days	3,1,2
8	งานพื้นทางหินคลุก	15.83 days	7
9	งานทรายรองใต้ผิวทางคอนกรีต	15 days	8
10	งานรางวีคอนกรีตเสริมเหล็ก ขนาดกว้าง 0.80 ม. หนา 0.20 ม.	40.67 days	9
11	คอนกรีตเสริมเหล็กผิวถนน หนา 20 ซม.	57.5 days	9
12	งานตัด Joint รอยต่อถนน	5 days	11
13	คอนกรีตเสริมเหล็กทางเชื่อม	7.17 days	10
14	งานไหล่ทางหินคลุก	7 days	11
15	งานปูยาง ASPHALT CONCRETE ปูบนผิว PRIME COAT หนา 5.00 ซม.	7 days	14
16	งานตีเส้นจราจร (THERMOPLASTIC PAINT)	2.17 days	15
17	งานป้ายจราจร	2 days	16
18	งานทำความสะอาดพื้นที่ก่อนส่งมอบงาน	2 days	17,6,13,12



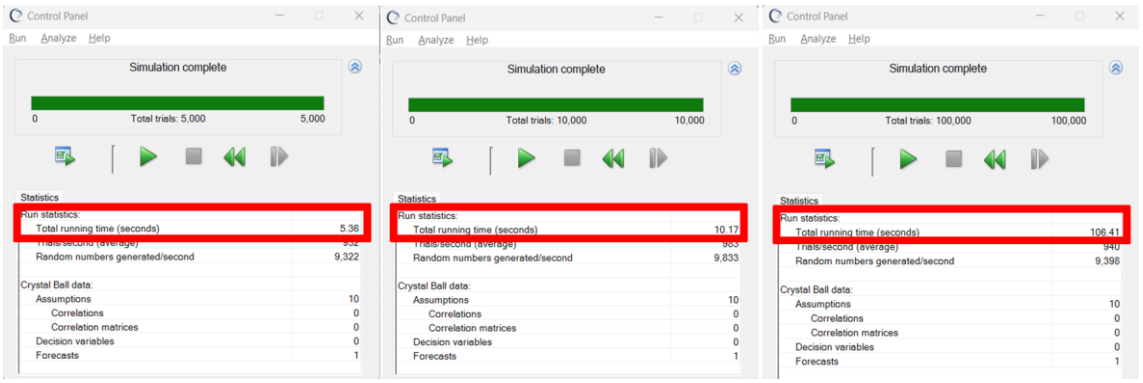
รูปที่ 2 เส้นทางวิกฤตของแผนการดำเนินงานโครงการกรณีศึกษา



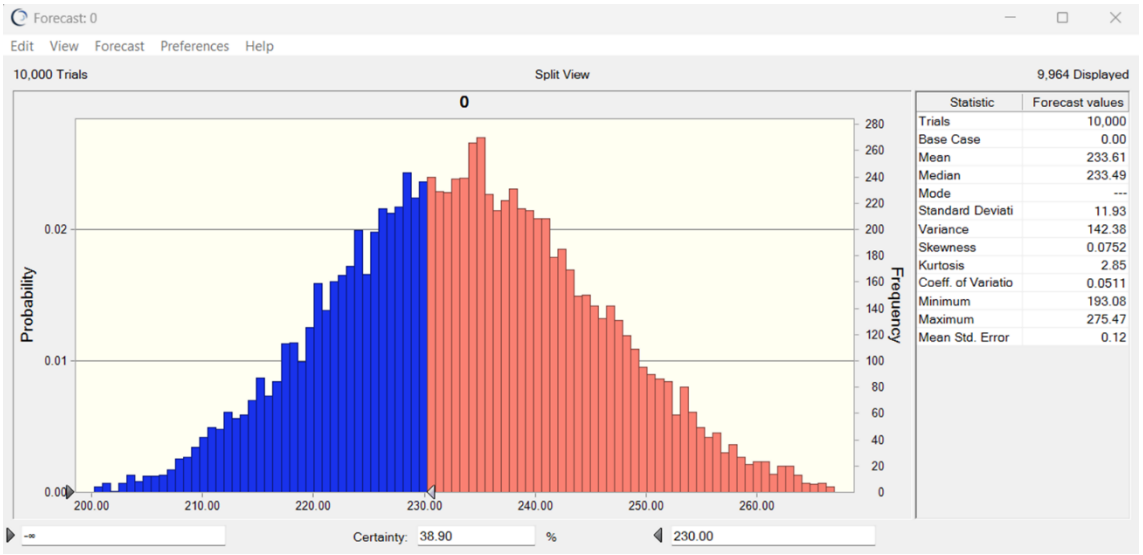
รูปที่ 3 แผนผังเครือข่ายแบบ Activity on Node และสายทางวิกฤตโครงการกรณีศึกษา

1. การใช้เทคนิค PERT ร่วมกับโปรแกรม Microsoft Excel Add-in Crystal Ball เพื่อวิเคราะห์หาความเชื่อมั่น

ผู้วิจัยได้นำข้อมูลที่รวบรวมจากการดำเนินงานของโครงการตัวอย่าง มาวิเคราะห์หาความน่าจะเป็นที่โครงการจะสามารถแล้วเสร็จภายในระยะเวลาตามสัญญา โดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel Add-in Crystal Ball เป็นเครื่องมือในการจำลอง ทั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ความไว (Sensitivity Analysis of Simulation) ของค่าการทำซ้ำการจำลองสถานการณ์ (Number of Trials to Run) ที่แตกต่างกัน 3 ค่า ได้แก่ ค่าการทำซ้ำการจำลองสถานการณ์ที่ 5,000 ครั้ง 10,000 ครั้ง และ 100,000 ครั้ง พบว่าค่าการทำซ้ำทั้ง 3 ค่า ให้ผลเฉลี่ยค่าความเชื่อมั่นของแผนการดำเนินโครงการแล้วเสร็จตามแผนใกล้เคียงกัน คือ ร้อยละ 39.30 ร้อยละ 39.17 และ ร้อยละ 39.14 ตามลำดับ โดยมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.56, 0.50 และ 0.38 ตามลำดับ และใช้เวลาในการประมวลผลโดยประมาณ 5.36 วินาที 10.17 วินาที และ 106.41 วินาที ดังแสดงในรูปที่ 4 จากข้อมูลสามารถวิเคราะห์ได้ว่าข้อมูลของค่าการทำซ้ำการจำลองสถานการณ์ทั้ง 3 ค่า มีค่าเฉลี่ยใกล้เคียงกัน ผู้วิจัยจึงเลือกใช้การจำลองสถานการณ์ที่ 10,000 ครั้ง ผลการวิเคราะห์พบว่า มีโอกาสเพียงร้อยละ 38.90 (Certainty Percentage) ที่โครงการจะแล้วเสร็จตามสัญญา ทั้งนี้ระยะเวลาดำเนินงานเฉลี่ย (Mean) จากผลการจำลองมีค่าเท่ากับ 233.61 วัน (คิดเป็น 234 วัน) ดังแสดงในรูปที่ 5



รูปที่ 4 ระยะเวลาในการประมวลผลของการจำลองสถานการณ์ที่ 5,000 10,000 และ 100,000 ครั้ง

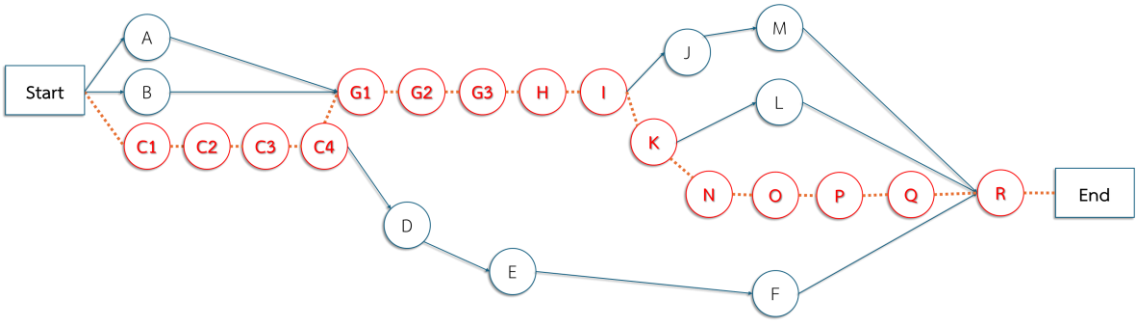


รูปที่ 5 ค่าความเชื่อมั่นของแผนงานโครงการกรณีศึกษา

ผลการวิเคราะห์ดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า แผนการดำเนินงานของโครงการตัวอย่างมีความเสี่ยงที่จะไม่สามารถแล้วเสร็จภายในระยะเวลาที่กำหนดตามสัญญา อันเนื่องมาจากค่าความเชื่อมั่นที่ต่ำ และค่าระยะเวลาแล้วเสร็จเฉลี่ยมีแนวโน้มสูงกว่าระยะเวลาที่กำหนดไว้อย่างเด่นชัด

2. การเร่งรัดกิจกรรมวิกฤต โดยเลือกกิจกรรมที่ไม่มีค่าใช้จ่ายเพิ่มเติมอย่างมีนัยสำคัญ

ผู้วิจัยได้เลือกกิจกรรมที่อยู่ในสายทางวิกฤต และไม่มีค่าใช้จ่ายเพิ่มเติมอย่างมีนัยสำคัญมาเพื่อทำการเร่งรัดงาน เป็นกิจกรรม C และกิจกรรม G ซึ่งมีกิจกรรมย่อยดังแสดงในรูปที่ 6



รูปที่ 6 แผนผังเครือข่ายแบบ Activity on Node ของกิจกรรมย่อยในสายงานวิกฤต

ตารางที่ 4 กิจกรรมย่อย และแนวทางดำเนินการเร่งรัดงานขุดตัดดิน

กิจกรรม C งานขุดตัดดิน					
ชื่อย่อกิจกรรม	กิจกรรม	ก่อน (วัน)	หลัง (วัน)	รูปแบบการดำเนินงานดั้งเดิม	แนวทางการเร่งรัดงาน
C1	งานสำรวจและจัดเก็บค่าระดับเดิม	10	3	ใช้กล้องสำรวจระดับแบบดั้งเดิม	ประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการสำรวจผ่านสัญญาณดาวเทียม
C2	งานวางผังและกำหนดแนวเขต	3	3	วางผังปักหมุดตามแบบรูปรายการก่อสร้าง	ไม่มีการปรับปรุง
C3	งานถางป่าขุดรากถอนโคน	10	10	ใช้รถขุดไฮดรอลิกขุดถอนต้นไม้ในแนวเขตทาง	ไม่มีการปรับปรุง
C4	งานขุดตัดและขนย้าย	42	34	ทำการขุดตัดดินโดยไม่มีการประสานงานกับหน่วยงานที่ดูแลรับผิดชอบสาธารณูปโภคในพื้นที่	สำรวจข้อมูลร่วมกับหน่วยงานที่ดูแลรับผิดชอบสาธารณูปโภคในพื้นที่
รวม		65	50	ระยะเวลาลดลงรวม 15 วัน	

จากตารางที่ 4 การวิเคราะห์การเร่งรัดเวลาดำเนินการโครงการของกิจกรรมในเส้นทางวิกฤตโดยเลือกใช้วิธีการที่ไม่มีค่าใช้จ่ายเพิ่มเติมอย่างมีนัยสำคัญ โดยมีรายละเอียดกิจกรรมย่อย ดังนี้

กิจกรรม C1 งานสำรวจและจัดเก็บค่าระดับเดิม คือ การเก็บข้อมูลระดับความสูงและพิกัดของพื้นดินดั้งเดิมก่อนเริ่มการก่อสร้าง เพื่อใช้เป็นฐานข้อมูลในการคำนวณปริมาณงานดิน โดยเร่งรัดระยะเวลาด้วยการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการสำรวจผ่านสัญญาณดาวเทียมแทนการใช้กล้องสำรวจระดับแบบดั้งเดิม เพื่อเพิ่มความรวดเร็วและแม่นยำในการจัดทำฐานข้อมูล

กิจกรรม C2 งานวางผังและกำหนดแนวเขต คือ การระบุตำแหน่งศูนย์กลางถนน และขอบเขตพื้นที่ก่อสร้างตามแบบแปลนลงบนสถานที่จริง เพื่อกำหนดทิศทางในการดำเนินงาน

กิจกรรม C3 งานถางป่าขุดรากถอนโคน คือ การกำจัดต้นไม้ วัชพืช และขุดรากไม้ที่เป็นอุปสรรคต่อการก่อสร้าง

กิจกรรม C4 งานขุดตัดและขนย้าย คือ การขุดปรับระดับดินให้ได้ความลึกตามที่ออกแบบ พร้อมทั้งขนย้ายดินส่วนเกินออกจากพื้นที่โครงการ โดยใช้แนวทางสำรวจข้อมูลสาธารณูปโภคในพื้นที่ก่อสร้างร่วมกับหน่วยงานที่ดูแลรับผิดชอบ

สาธารณูปโภคในพื้นที่ล่วงหน้า เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาการเจออุปสรรคระหว่างการก่อสร้าง เช่น การขุดไปเจอท่อน้ำประปา และท่อเดินสายไฟฟ้า เป็นต้น

ตารางที่ 5 กิจกรรมย่อย และแนวทางดำเนินการเร่งรัดงานวางท่อ และบ่อพัก

กิจกรรม G งานวางท่อ และบ่อพัก					
ชื่อย่อกิจกรรม	กิจกรรม	ก่อนเร่งรัด (วัน)	หลังเร่งรัด (วัน)	รูปแบบการดำเนินงานดั้งเดิม	แนวทางการปรับปรุงและเร่งรัดงาน
G1	งานขุดร่องท่อ และบ่อพัก	15	12	ทำการขุดร่องโดยไม่มีการประสานงานกับหน่วยงานที่ดูแลรับผิดชอบสาธารณูปโภคในพื้นที่	สำรวจข้อมูลร่วมกับหน่วยงานที่ดูแลรับผิดชอบสาธารณูปโภคในพื้นที่
G2	งานเททรายรองพื้นและคอนกรีตหยาบ	10	10	เททราย ตามด้วยคอนกรีตหยาบเป็นฐานรองรับ	ไม่มีการปรับปรุง
G3	งานติดตั้งบ่อพัก และวางท่อระบายน้ำ	35	28	ใช้การหล่อบ่อพักในพื้นที่	ใช้ระบบบ่อพักคอนกรีตสำเร็จรูป
	รวม	60	50	ระยะเวลาลดลงรวม 10 วัน	

จากตารางที่ 5 การวิเคราะห์การเร่งรัดเวลาดำเนินการโครงการของกิจกรรมในเส้นทางวิกฤตโดยเลือกใช้วิธีการที่ไม่มีค่าใช้จ่ายเพิ่มเติมอย่างมีนัยสำคัญ โดยมีรายละเอียดกิจกรรมย่อย ดังนี้

กิจกรรม G1 งานขุดร่องท่อ และบ่อพัก คือ การขุดเปิดหน้าดินตามแนวระดับ และตำแหน่งที่กำหนดเพื่อเตรียมพื้นที่สำหรับติดตั้งระบบการระบายน้ำ โดยเร่งรัดระยะเวลาด้วยการประสานงานร่วมกับหน่วยงานที่ดูแลรับผิดชอบสาธารณูปโภคในพื้นที่เพื่อสำรวจ และระบุตำแหน่งสาธารณูปโภคที่อยู่ในแนวขุดใต้ดินล่วงหน้า

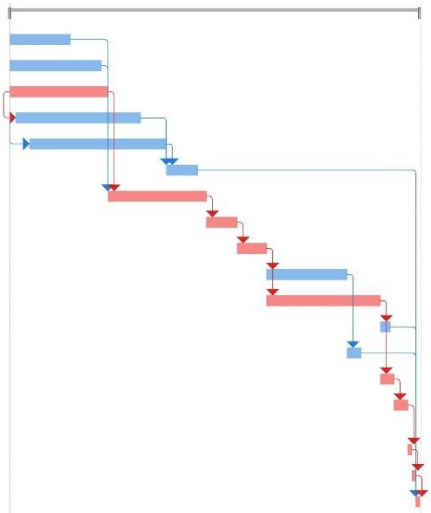
กิจกรรม G2 งานเททรายรองพื้น และคอนกรีตหยาบ คือ การปูทรายพร้อมเทคอนกรีตความเข้มข้นต่ำเพื่อปรับระดับผิวพื้นร่องขุดให้เรียบ สำหรับรองรับน้ำหนักของตัวท่อ และบ่อพัก

กิจกรรม G3 งานติดตั้งบ่อพัก และวางท่อระบายน้ำ คือ การนำบ่อพัก และท่อระบายน้ำลงติดตั้งในร่องที่ขุดไว้พร้อมเชื่อมต่อรอยต่อให้สนิทตามแนวที่ออกแบบไว้ โดยปรับเปลี่ยนรูปแบบจากการหล่อในพื้นที่มาใช้ระบบบ่อพักคอนกรีตสำเร็จรูป การหล่อในพื้นที่แบบดั้งเดิมต้องเสียเวลาในการประกอบแบบหล่อ และการรอคอนกรีตบ่มตัวให้ได้กำลัง เมื่อใช้ระบบบ่อพักคอนกรีตสำเร็จรูป เครื่องจักรสามารถยกติดตั้งได้ทันทีหลังจากงานฐานรากเสร็จสมบูรณ์ ทำให้ค่าเช่าเครื่องจักรรายวัน และจำนวนแรงงานที่ใช้ลดลง

6. การวิเคราะห์ความน่าจะเป็นที่โครงการจะแล้วเสร็จตามแผนงานที่กำหนดโดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel Add-in Crystal Ball หลังทำการเร่งรัดกิจกรรมวิกฤต

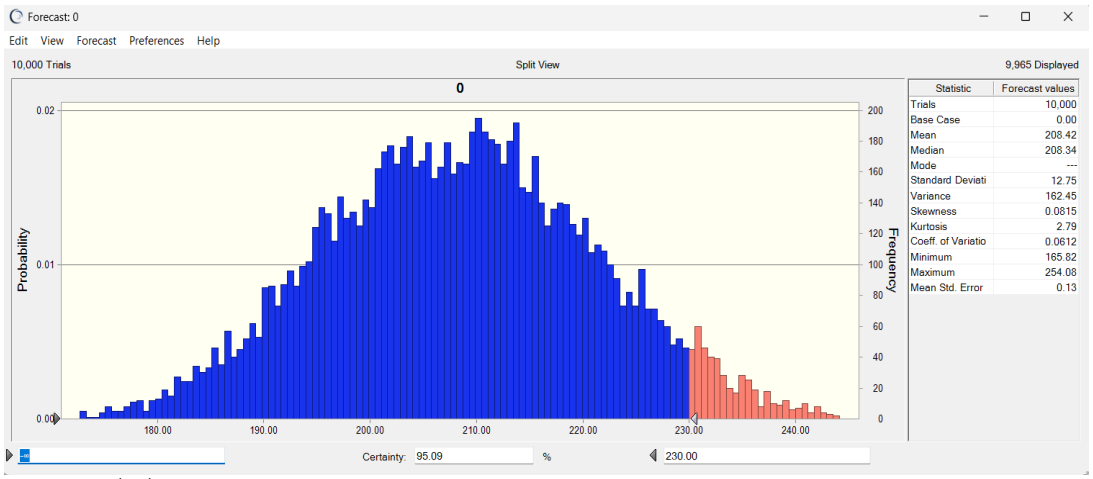
ผู้วิจัยได้นำข้อมูลแผนงานที่ปรับปรุงใหม่เข้าสู่กระบวนการวิเคราะห์ตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงสายงานวิกฤตใน Microsoft Project อีกครั้ง ซึ่งผลแสดงให้เห็นว่าการปรับลดระยะเวลาดังกล่าวไม่ส่งผลต่อสายงานวิกฤต แต่มีผลทำให้ค่า TE รวมลดลงเหลือ 208.5 วัน (ประมาณ 209 วัน) เร็วกว่าระยะเวลาตามสัญญา 25 วัน คิดเป็นร้อยละ 10.68 ดังแสดงในรูปที่ 7

0	**โครงการก่อสร้างผิวถนนคอนกรีต**	208.5 days	
1	งานรื้อผิวลาดยางเดิม หนา 5 ซม.	30.83 days	
2	งานรื้อผิวคอนกรีตเดิม หนา 15 ซม.	46.33 days	
3	งานขุดตัดดิน	50 days	
4	งานทำกำแพงกันดิน	63.33 days	3SS+3 days
5	งานทรายถมคันทางบริเวณกำแพงกันดิน	69.67 days	4SS+7 days
6	งานดินถมคันทาง โดยใช้วัสดุจากงานขุดตัดคันทาง	15.5 days	5,4
7	งานวางท่อ และบ่อพักคอนกรีตเสริมเหล็ก ขนาด ø 0.80 ม.	50 days	3,1,2
8	งานพื้นทางหินคลุก	15.83 days	7
9	งานทรายรองใต้ผิวทางคอนกรีต	15 days	8
10	งานรางวีคอนกรีตเสริมเหล็ก ขนาดกว้าง 0.80 ม. หนา 0.20 ม.	40.67 days	9
11	คอนกรีตเสริมเหล็กผิวถนน หนา 20 ซม.	57.5 days	9
12	งานตัด Joint รอยต่อถนน	5 days	11
13	คอนกรีตเสริมเหล็กทางเชื่อม	7.17 days	10
14	งานไหล่ทางหินคลุก	7 days	11
15	งานปูยาง ASPHALT CONCRETE ปูบนผิว PRIME COAT หนา 5.00 ซม.	7 days	14
16	งานตีเส้นจราจร (THERMOPLASTIC PAINT)	2.17 days	15
17	งานป้ายจราจร	2 days	16
18	งานทำความสะอาดพื้นที่ก่อนส่งมอบงาน	2 days	17,6,13,12



รูปที่ 7 เส้นทางวิกฤตของแผนการดำเนินงานโครงการกรณีศึกษาหลังจากปรับปรุง

ผู้วิจัยได้นำข้อมูลแผนการดำเนินงานที่ปรับแก้แล้ว มาวิเคราะห์หาความน่าจะเป็นที่โครงการจะสามารถแล้วเสร็จภายในระยะเวลาตามสัญญา โดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel Add-in Crystal Ball เป็นเครื่องมือในการจำลองสถานการณ์โดยจำลองทั้งหมด 10,000 ครั้ง ผลการวิเคราะห์พบว่า แผนที่ปรับปรุงใหม่มีโอกาสร้อยละ 95.09 (Certainty Percentage) ที่โครงการจะแล้วเสร็จตามสัญญา ทั้งนี้ระยะเวลาดำเนินงานเฉลี่ย (Mean) จากผลการจำลองมีค่าเท่ากับ 208.42 วัน (ประมาณ 209 วัน) เร็วกว่าระยะเวลาตามแผนงานเดิม 25 วัน ระยะเวลาลดลงคิดเป็นร้อยละ 10.68 ดังแสดงในรูปที่ 8



รูปที่ 8 ค่าความเชื่อมั่นของแผนงานโครงการกรณีศึกษาหลังการปรับปรุง

การอภิปรายผล

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นศึกษาเฉพาะโครงการก่อสร้างถนนคอนกรีตเสริมเหล็กใหม่พร้อมการวางท่อระบายน้ำของ องค์การบริหารส่วนจังหวัดนนทบุรี เท่านั้น ซึ่งผลการวิจัยอาจไม่สามารถครอบคลุมถึงโครงการประเภทอื่น เช่น งานซ่อมบำรุงถนน หรือโครงการก่อสร้างสะพานที่มีความซับซ้อนของโครงสร้างต่างออกไป

ผู้วิจัยเลือกใช้ข้อมูลจากโครงการที่ดำเนินการในช่วงปี พ.ศ. 2565 - 2567 มาวิเคราะห์ ซึ่งปัจจัยสิ่งแวดล้อมบางอย่างอาจเปลี่ยนแปลงไปตามช่วงเวลา เช่น นโยบายการบริหารงาน หรือการเปลี่ยนแปลงของราคาน้ำมันและวัสดุก่อสร้าง

การประมาณค่าเวลา (PERT) ค่าเวลา a, m, b ที่นำมาคำนวณระยะเวลาคาดหมาย (TE) มาจากการรวบรวมข้อมูลในอดีตและระดมสมองระหว่างผู้รับจ้าง และบุคลากรสำนักช่าง ขององค์การบริหารส่วนจังหวัดนนทบุรี ซึ่งอาจมีความคลาดเคลื่อนตามมุมมองหรือประสบการณ์ส่วนบุคคลของผู้ให้ข้อมูล

บทสรุป

จากการศึกษาแนวทางการบริหารจัดการโครงการก่อสร้างถนนขององค์การบริหารส่วนจังหวัดนนทบุรี เพื่อลดปัญหาความล่าช้าในงานก่อสร้าง ผู้วิจัยได้นำเทคนิคการบริหารจัดการเชิงวิศวกรรมมาประยุกต์ใช้ พบว่ากิจกรรมงานขุดตัดดินและงานวางท่อระบายน้ำเป็นกิจกรรมวิกฤต (Critical Path) ที่มีความเสี่ยงสูง โดยหากบริหารจัดการด้วยวิธีดั้งเดิม โอกาสที่โครงการจะแล้วเสร็จตามกำหนดสัญญามีเพียงร้อยละ 38.90 ซึ่งสอดคล้องกับสถิติความล่าช้าของโครงการก่อสร้างในอดีตที่พบสูงถึงร้อยละ 83.33 ผู้วิจัยจึงได้ทำการเร่งรัดกิจกรรมใน 2 ส่วนหลัก ได้แก่ งานขุดตัดดิน ปรับลดระยะเวลาจาก 65 วัน เหลือ 50 วัน (ลดลง 15 วัน) โดยเปลี่ยนมาประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการสำรวจผ่านสัญญาณดาวเทียมในงานสำรวจเพื่อความรวดเร็ว และแม่นยำสูง ควบคู่ไปกับการประสานงานร่วมกับหน่วยงานสาธารณูปโภคในพื้นที่เพื่อระบุตำแหน่งล่วงหน้าก่อนการขุดตัดดิน และกิจกรรมลำดับถัดมาได้แก่ งานวางท่อ และบ่อพัก ปรับลดระยะเวลาจาก 60 วัน เหลือ 50 วัน (ลดลง 10 วัน) ด้วยการเปลี่ยนวิธีการก่อสร้างจากระบบหล่อในพื้นที่มาเป็นการใช้ บ่อพักคอนกรีตสำเร็จรูป ควบคู่ไปกับการประสานงานร่วมกับหน่วยงานสาธารณูปโภคในพื้นที่ตรวจสอบสาธารณูปโภคใต้ดินเพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาอุปสรรค เมื่อนำแผนงานที่ปรับปรุงแล้วไปจำลองสถานการณ์ด้วย Microsoft Excel Add-in Crystal Ball จำนวน 10,000 รอบ พบว่าโอกาสความสำเร็จ (Certainty) ในการส่งมอบงานได้ตามกำหนดสัญญาเพิ่มสูงขึ้นจากเดิมร้อยละ 38.90 เป็นร้อยละ 95.09 โดยสามารถลดระยะเวลาดำเนินการภาพรวมลงได้ 25 วัน คิดเป็นร้อยละ 10.68

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความสนับสนุนและการถ่ายทอดความรู้จากคณาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณบริษัทกรณีศึกษาสำหรับข้อมูลโครงการ ตลอดจนผู้บริหารและเพื่อนร่วมงานที่ช่วยจัดสรรข้อมูลและให้คำแนะนำที่มีคุณค่า ซึ่งส่งผลให้งานวิจัยมีความสมบูรณ์และสามารถนำไปต่อยอดใช้งานในอนาคตได้อย่างเหมาะสม ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณในความอนุเคราะห์ของทุกท่านมา ณ ที่นี้

เอกสารอ้างอิง

วิโรจน์ ชุมสิงห์. (2563). การบริหารโครงการก่อสร้างสายส่งไฟฟ้า 115 กิโลโวลต์ ด้วยทฤษฎีเส้นทางวิกฤต กรณีศึกษาโครงการก่อสร้างโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนร่วม. การศึกษาค้นคว้าอิสระปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาวิชาการจัดการวิศวกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Hegazy T. and Menesi W. (2008). Delay analysis under multiple baseline updates. Journal of Construction Engineering and Management. 134(8): 575–582.

Kelley J.E., Jr. and Walker M.R. (1959). Critical-path planning and scheduling. In Eastern Joint IRE-AIEE-ACM Computer Conference Proceeding 1-3 December 1959. IRE-AIEE-ACM. Massachusetts, USA. 160–173.

Malcolm D.G., Roseboom J.H., Clark C.E. and Fazar W. (1959). Application of a Technique for Research and Development Program Evaluation. Operations Reseach. 7(5): 646–669.

Meredith J.R. and Mantel S.J. (2012). Project Management: A Managerial Approach. 8th Edition. John Wiley & Sons: New Jersey.

การออกแบบและวิเคราะห์การทดลองเพื่อกำหนดปัจจัยที่เหมาะสมในการระบุเหล็กเส้นในสะพานคอนกรีตด้วยวิธีสำรวจสัญญาณเรดาร์

Design and analysis of experiments to determine appropriate factors for identifying rebar in concrete bridges using Ground Penetrating Radar

ฐิติพงศ์ ลายเงิน[1] คธายุทธ กำมะโน[2*] และรมิดายุ อยู่สุข[2]
Titipong Laingoen[1], Katayut Kamano[2*] and Ramidayu Yousuk[2]

[1]สาขาวิชาการจัดการวิศวกรรม ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพ 10900
[2]ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพ 10900
[*]Corresponding Author E-mail Address : katayut.k@ku.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ปัจจัยและอิทธิพลร่วมของพารามิเตอร์สัญญาณเรดาร์ทะลุพื้นดิน (Ground Penetrating Radar; GPR) ที่ส่งผลต่อการระบุตำแหน่งเหล็กเส้นในสะพานคอนกรีตเสริมเหล็กของระบบทางรถไฟ โดยใช้การออกแบบการทดลองแบบ 2^4 แฟคทอเรียลเต็มรูป ศึกษา 4 ปัจจัยหลัก ได้แก่ (1) ช่วงความลึก (2) ระยะห่างการสแกน (3) ตัวกรองสัญญาณความถี่สูง และ (4) ตัวกรองสัญญาณความถี่ต่ำ เพื่อค้นหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดไปเพิ่มประสิทธิภาพและความเร็วการเก็บข้อมูลผลการศึกษาพบว่าปฏิสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยส่งผลต่อคุณภาพสัญญาณอย่างมีนัยสำคัญ โดยการตั้งค่าที่เหมาะสมที่สุดคือ ช่วงความลึก 100 ns, ระยะห่างการสแกน 0.1260 m, ตัวกรองความถี่สูง 2,000 MHz และตัวกรองความถี่ต่ำ 2,000 MHz ซึ่งให้คุณภาพสัญญาณสูงสุด 14 คะแนน ช่วยให้ระบุพิกัดเหล็กเส้นและองค์ประกอบโครงสร้างภายใน

คำสำคัญ: เรดาร์ทะลุพื้นดิน การออกแบบการทดลอง อิทธิพลร่วม พารามิเตอร์ที่เหมาะสม การระบุเหล็กเส้น

Abstract

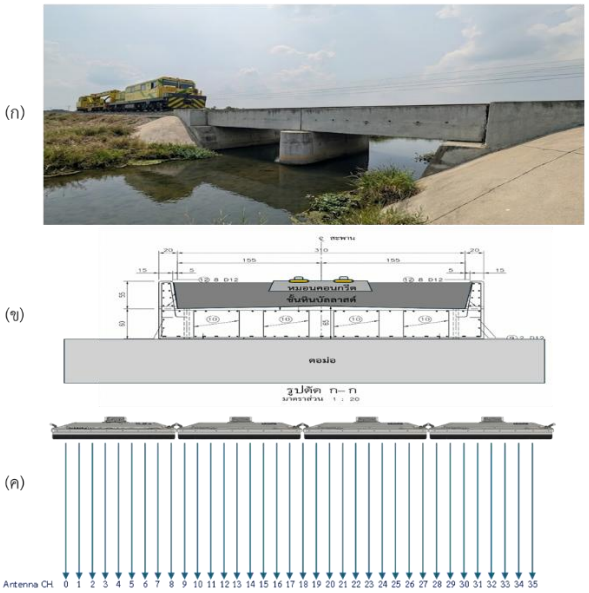
This research analyzes the factors and interaction effects of Ground Penetrating Radar (GPR) parameters for identifying rebar positions in reinforced concrete railway bridges. A 2^4 full factorial design was employed to evaluate four primary parameters (1) depth range, (2) scan step, (3) high cut frequency, and (4) low cut frequency, to optimize data collection efficiency and speed. The results indicated that parameter interactions significantly influenced signal quality. The optimal setting was identified as a 100 ns depth range, 0.1260 m scan step, and 2,000 MHz for both high and low cut frequencies, achieving a maximum score of 14. This configuration enabled precise localization of rebars and internal components.

Keywords: Ground penetrating radar, Design of experiments, Interaction effects, Optimal parameters, Rebar identification

บทนำ

สะพานคอนกรีตเสริมเหล็กทางรถไฟเป็นโครงสร้างพื้นฐานที่ต้องรับภาระบรรทุกและการสั่นสะเทือนแบบซ้ำซาก (Cyclic loading) จากการเดินรถอย่างต่อเนื่อง ทำให้มักเกิดการเสื่อมสภาพซ่อนเร้น เช่น การกัดกร่อนของเหล็กเส้น (Rebar) และการเกิดโพรงอากาศ (Void) ซึ่งความเสียหายเหล่านี้ไม่สามารถประเมินได้ด้วยการสังเกตด้วยสายตา (Visual inspection) แบบดั้งเดิม

เทคโนโลยีเรดาร์ทะลุพื้นดิน (GPR) ถูกนำมาใช้สำรวจโครงสร้างใต้พื้นผิว โดยคุณภาพสัญญาณจะขึ้นอยู่กับคุณสมบัติทางไฟฟ้า (Dielectric properties) ของวัสดุ (Simula et al., 1999) และความถี่ของเสาสัญญาณที่ส่งผลต่อความลึกและความละเอียดของข้อมูล (Smith and Jol, 1995) สำหรับงานทางรถไฟ การวิเคราะห์คุณสมบัติวัสดุจากสัญญาณสะท้อนถือเป็นสิ่งจำเป็น (Sussman et al., 2002) โดยเฉพาะปริมาณความชื้นที่ทำให้ค่าคงที่ไดอิเล็กทริก (Dielectric constant) เพิ่มขึ้นจนคลื่นเดินทางช้าและลดทอนลง รวมถึงความเร็วในการเก็บข้อมูลภาคสนามที่ต้องสอดคล้องกับการตั้งค่าเครื่องมือเพื่อรักษารายละเอียดของเป้าหมาย ทั้งนี้ ประสิทธิภาพของการใช้ GPR ยังขึ้นอยู่กับการตั้งค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสม (Annan, 2005) เนื่องจากการตั้งค่าที่ไม่สอดคล้องกับสภาพหน้างานอาจก่อให้เกิดสัญญาณรบกวน (Noise) หรือการลดทอนของสัญญาณ (Attenuation) จนนำไปสู่การตีความผิดพลาด (Daniels, 2004) สอดคล้องกับการศึกษาของ Tokmaktsi et al. (2023) ที่พบว่าลักษณะสัญญาณสะท้อน (Reflected waves) มีความอ่อนไหวต่อพารามิเตอร์การกรองสัญญาณสูงมาก ดังนั้น การทำความเข้าใจอิทธิพลร่วม (Interaction effects) ของปัจจัยการตั้งค่าเครื่องมือ จึงเป็นกุญแจสำคัญในการเพิ่มความแม่นยำของการประเมินโครงสร้าง



รูปที่ 1 รายละเอียดการสำรวจหน้างานและหลักการทำงานของเทคโนโลยีเรดาร์ทะลุพื้นดิน (GPR)

จากรูปที่ 1 เมื่อ (ก) สภาพแวดล้อมและพื้นที่ปฏิบัติงานจริง คือ ปัญหาหลักคือการเสื่อมสภาพที่ซ่อนอยู่ภายในโครงสร้าง เช่น การกัดกร่อนของเหล็กเส้น หรือโพรงอากาศ เป็นสิ่งที่ไม่สามารถมองเห็นหรือประเมินได้ด้วยตาเปล่า นอกจากนี้ ความชื้นสะสมในสภาพแวดล้อมจริงยังเป็นตัวแปรปัญหาสำคัญที่ทำให้คลื่นเรดาร์เกิดการลดทอนและเดินทางช้าลง ส่งผลให้ข้อมูลที่ได้ผิดเพี้ยน

(ข) แบบจำลองโครงสร้างและการจัดเรียงตัวของเหล็กเส้น คือ ปัญหาในการทำงานหน้างานหากไม่มีแบบรูปก่อสร้าง (As-built drawing)มาอ้างอิงร่วมด้วย วิศวกรจะแยกแยะได้ยากมากว่าสัญญาณใดคือเหล็กเส้นเป้าหมาย และสัญญาณใดคือคลื่นรบกวน (Clutter noise)รวมทั้งเสี่ยงต่อการสแกนข้ามและพลาดเป้าหมายในกรณีที่เหล็กเส้นมีการจัดเรียงตัวที่หนาแน่นและชิดกันเกินไป และ(ค) รูปแบบการส่ง-รับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและการแปลงสัญญาณ: เสาอากาศที่ใช้มีช่องสัญญาณจำนวน 36 ช่อง (CH0-CH35) ซึ่งแม้จะช่วยให้เก็บข้อมูลภาพตัดขวาง 2 มิติได้พร้อมกันจากการสแกนเพียงครั้งเดียว แต่ปัญหาหลักคือความซับซ้อนในการตีความข้อมูล หากตั้งค่าความเร็วในการเก็บข้อมูลหรือระยะการสแกนไม่สัมพันธ์กัน สัญญาณสะท้อนที่แปลงเป็นเส้นโค้งพาราโบลา (Hyperbola) จะมีความคลาดเคลื่อนภาพไม่ชัดเจน หรือเกิดสัญญาณรบกวน (Noise) เข้ามาบดบัง ทำให้วิศวกรใช้เวลาวิเคราะห์นานขึ้น และเสี่ยงต่อการตีความพิกัดและความลึกของเหล็กเส้นผิดพลาดได้ง่าย

ดังนั้น งานวิจัยนี้ประยุกต์ใช้การออกแบบการทดลอง (DOE) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) วิเคราะห์อิทธิพลหลักและอิทธิพลร่วมของ 4 พารามิเตอร์ ได้แก่ ช่วงความลึก ระยะห่างการสแกน ตัวกรองความถี่สูงและต่ำ และ 2) ค้นหาค่าที่เหมาะสมที่สุดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและความเร็วการเก็บข้อมูล ผลลัพธ์ที่ได้จะช่วยลดข้อผิดพลาดในการตีความสัญญาณ สนับสนุนแผนการซ่อมบำรุงเชิงป้องกัน (Preventive maintenance) และยกระดับความปลอดภัยของโครงสร้างสะพานรถไฟ

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

1. วัสดุ และอุปกรณ์

การวิเคราะห์พารามิเตอร์ที่เหมาะสมของสัญญาณเรดาร์ทะลุพื้นดินเพื่อระบุตำแหน่งเหล็กเส้นในสะพานคอนกรีต มีอุปกรณ์ที่เป็นฮาร์ดแวร์ และซอฟต์แวร์ ดังนี้

1.1 อุปกรณ์สำรวจภาคสนาม

1.1.1 เสาอากาศ GPR (GPR Antenna) ใช้รับ-ส่งคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเพื่อตรวจสอบโครงสร้างคอนกรีต

1.1.2 เสารับสัญญาณดาวเทียม (GNSS Leica Zeno GG04 plus) ใช้ระบุพิกัดตำแหน่งที่สำรวจอย่างแม่นยำ

1.2 ระบบคอมพิวเตอร์

1.2.1 คอมพิวเตอร์พกพาสนาม (Panasonic Toughbook) สำหรับควบคุม GPR และบันทึกข้อมูลดิบหน้างาน

1.2.2 คอมพิวเตอร์ประมวลผล (Asus TUF) สำหรับประมวลผลข้อมูลขั้นสูง

1.3 ซอฟต์แวร์

1.3.1 Onevision สำหรับบริหารจัดการและตั้งค่าการเก็บข้อมูลหน้างาน

1.3.2 Iqmaps สำหรับวิเคราะห์ภาพสัญญาณเรดาร์ (Radargram)

1.3.3 Minitab สำหรับออกแบบการทดลอง (DOE) และวิเคราะห์ผลทางสถิติ

2. วิธีการ

การศึกษานี้มุ่งเน้นกระบวนการวิเคราะห์เชิงทดลองเพื่อกำหนดสภาวะการตั้งค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดในการตั้งค่าอุปกรณ์สัญญาณเรดาร์ทะลุพื้นดิน ในการสำรวจและระบุตำแหน่งเหล็กเส้นภายในโครงสร้างสะพานคอนกรีตเสริมเหล็ก เพื่อวิเคราะห์ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการตั้งค่าอุปกรณ์ ซึ่งมีรายละเอียดขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้

2.1 ศึกษาสภาพของปัญหาที่เกิดขึ้น ผู้วิจัยพบว่าคุณภาพของสัญญาณเรดาร์มีความผันแปรสูงตามการตั้งค่าพารามิเตอร์ที่ไม่สอดคล้องกับสภาพหน้างาน ผู้วิจัยจึงได้ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของเทคโนโลยีเรดาร์ทะลุพื้นดิน (Ground Penetrating Radar, GPR) เพื่อใช้เป็นแนวทางในการกำหนดปัจจัยควบคุมและระดับการทดลองสำหรับเพิ่มความแม่นยำในการระบุตำแหน่งเหล็กเส้นในสะพานคอนกรีต

2.2 การคัดเลือกปัจจัยและระดับของปัจจัย ในการศึกษาพารามิเตอร์ที่ส่งผลต่อคุณภาพสัญญาณเรดาร์ ผู้วิจัยได้ดำเนินการคัดเลือกปัจจัยควบคุม ที่คาดว่ามีอิทธิพลสำคัญต่อการระบุตำแหน่งเหล็กเส้น โดยบูรณาการระหว่างการวิเคราะห์ปัญหาจากประสบการณ์หน้างานร่วมกับฐานข้อมูลทางวิชาการ เพื่อให้ได้ปัจจัยที่มีความสมเหตุสมผลเชิงเทคนิคและนำไปสู่ผลการทดลองที่แม่นยำที่สุด โดยมีขั้นตอนการคัดเลือกดังนี้

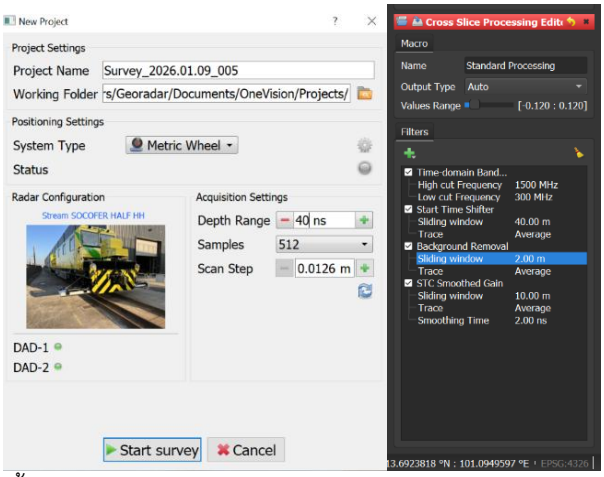
2.2.1 การคัดเลือกปัจจัยที่ใช้ในการทดลองโดยการประชุมตัดสินใจด้วยหลักการ 4M+1E ผู้วิจัยได้ระดมสมองร่วมกับผู้เชี่ยวชาญผ่านแผนผังก้างปลา (Fishbone diagram) ภายใต้หลักการ 4M+1E เพื่อวิเคราะห์สาเหตุที่ทำให้ภาพสัญญาณไม่ชัดเจน จากนั้นจึงคัดกรองเฉพาะปัจจัยเชิงเทคนิคที่ควบคุมได้และมีอิทธิพลสูงมาใช้หาค่าที่เหมาะสมที่สุด

2.2.2 การคัดเลือกปัจจัยโดยพิจารณาจากการตรวจสอบเอกสารวิจัย เพื่อยืนยันความถูกต้องของปัจจัยจากขั้นตอนก่อนหน้า ผู้วิจัยได้ตรวจสอบเอกสารวิจัยที่เกี่ยวข้อง นำไปสู่การสรุปปัจจัยควบคุม 4 ปัจจัยหลัก ได้แก่ ช่วงความลึก (Depth range) ระยะห่างการสแกน (Scan step) ตัวกรองความถี่สูง (High cut frequency) และตัวกรองความถี่ต่ำ (Low cut frequency) โดยกำหนดเป็น 2 ระดับ คือ ต่ำ (Low) และสูง (High) เพื่อใช้ในการออกแบบการทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 รายละเอียดหน้าที่ปัจจัยและระดับที่ใช้ในการทดลอง

ปัจจัย	คำอธิบาย	ระดับต่ำ (-1)	ระดับสูง (+1)
A.ช่วงความลึก	กำหนดช่วงเวลารับ-ส่งสัญญาณเพื่อระบุระยะความลึก	40 ns	100 ns
B.ระยะห่างการสแกน	กำหนดระยะห่างระหว่างความต่อเนื่องของข้อมูล	0.0126 m	0.1260 m
C.ตัวกรองสัญญาณความถี่สูง	ตัดสัญญาณรบกวนในย่านความถี่สูง	100 MHz	2000 MHz
D.ตัวกรองสัญญาณความถี่ต่ำ	ปรับสมดุลความเข้มของสัญญาณความถี่ต่ำ	10 MHz	2000 MHz

หมายเหตุ : แสดงปัจจัยหลักที่เกี่ยวข้องต่อคุณภาพสัญญาณ พร้อมแสดงระดับของแต่ละปัจจัยในการออกแบบการทดลอง โดยกำหนดให้แต่ละปัจจัยมี 2 ระดับ



รูปที่ 2 ตัวอย่างหน้าจอการปรับตั้งค่าพารามิเตอร์บนหน้าจออุปกรณ์สำหรับการทดลอง

จากรูปที่ 2 ผู้วิจัยกำหนดปัจจัยควบคุมผ่านเมนูตั้งค่าของอุปกรณ์ GPR โดย ปัจจัย A (Depth range) ดำเนินการตั้งค่าเพื่อกำหนดช่วงเวลาในการเปิดรับส่งคลื่นสะท้อน ซึ่งเป็นการระบุขอบเขตความลึกของสัญญาณในแนวตั้ง ปัจจัย B (Scan step) ใช้สำหรับกำหนดระยะห่างของจุดจัดเก็บข้อมูลตามแนวราบเพื่อควบคุมความละเอียดเชิงพื้นที่ของภาพสัญญาณ สำหรับพารามิเตอร์ในกลุ่มการกรองสัญญาณได้แก่ ปัจจัย C (High cut) และ ปัจจัย D (Low cut) ผู้วิจัยกำหนดค่าผ่านเมนู Filter เพื่อทำหน้าที่ตัดสัญญาณรบกวนในย่านความถี่สูงและปรับสมดุลความเข้มของสัญญาณความถี่ต่ำตามลำดับ

2.3 กำหนดเกณฑ์การประเมินผลคะแนนและตัวแปรตอบสนอง ได้ผ่านการพิจารณาร่วมกันจากคณะผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ประกอบด้วย ผู้ปฏิบัติงานหน้างาน ผู้ประมวลผลข้อมูล และวิศวกรผลิตภัณฑ์ เพื่อสร้างมาตรฐานการให้คะแนนใน 4 ด้าน ได้แก่ ความลึกความเร็ว ความชัดเจน และการสะท้อน การเลือกใช้เกณฑ์ทั้ง 4 ด้านนี้ มีเหตุผลสำคัญคือเป็นชุดตัวชี้วัดที่สามารถประเมินผลได้ครอบคลุมทั้งด้านประสิทธิภาพการปฏิบัติงานและด้านคุณภาพของสัญญาน ซึ่งสะท้อนถึงเป้าหมายที่แท้จริงของการสำรวจหน้างานที่ต้องการความรวดเร็วควบคู่กับความแม่นยำสูง อย่างไรก็ตาม ในขั้นตอนการประเมินผลจริงได้กำหนดให้ดำเนินการโดยผู้ประเมินเพียง 1 ท่าน (ผู้วิจัย) เพื่อควบคุมความคลาดเคลื่อนระหว่างบุคคล และรักษามาตรฐานการตีความภาพให้มีความสอดคล้องกันตลอดการทดลอง แนวทางดังกล่าวช่วยให้ตัวแปรตอบสนอง (Response Variable) หรือค่าคะแนนรวม (SUM) ที่คำนวณจากผลประเมินทั้ง 4 ด้าน มีความน่าเชื่อถือและเหมาะสมต่อการนำไปวิเคราะห์ทางสถิติในขั้นต่อไป โดยมีเกณฑ์การให้คะแนน แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 เกณฑ์การให้คะแนนคุณภาพสัญญาณภาพเรดาร์

ระดับคะแนน	เกณฑ์การประเมินด้านความลึก	เกณฑ์การประเมินด้านความเร็ว	เกณฑ์การประเมินด้านความชัดเจน	เกณฑ์การประเมินด้านการสะท้อน
4	≥ 1,200 cm.	≥ 60 km/hr.	≥ 13 points	0 point
3.5	1,000 - 1,199 cm.	50 - 59 km/hr.	11 - 12 points	1 - 2 point
3	800 - 999 cm.	40 - 49 km/hr.	9 - 10 points	3 - 4 points
2.5	600 - 799 cm.	30 - 39 km/hr.	7 - 8 points	5 - 6 points
2	400 - 599 cm.	20 - 29 km/hr.	5 - 6 points	7 - 8 points
1.5	200 - 399 cm.	10 - 19 km/hr.	3 - 4 point	9 - 10 points
1	≤ 199 cm.	≤ 9 km/hr.	≤ 2 point	≥ 11 points

หมายเหตุ : แสดงเกณฑ์การให้คะแนน 4 ด้าน ได้แก่ ความลึก ความเร็ว ความชัดเจน และสัญญาณสะท้อน (ระดับคะแนน 1 - 4) เพื่อใช้เป็นตัวแปรตอบสนอง (Response Variable) ในการวิเคราะห์หาชุดพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการระบุตำแหน่งเหล็กเส้น

2.4 การออกแบบการทดลอง (Design of experiments; DOE) หลังจากได้กำหนดปัจจัยและระดับของปัจจัยทั้ง 4 ตัวไว้ในตารางที่ 1 ผู้วิจัยได้ออกแบบการทดลองแบบ 2^4 แฟคทอเรียลเต็มรูป (Full factorial design) โดยใช้โปรแกรม Minitab ในการคำนวณ กำหนดให้มีการทดลองซ้ำจำนวน 2 ครั้ง (Replicates) เพื่อเพิ่มความน่าเชื่อถือทางสถิติและลดความคลาดเคลื่อนส่งผลให้ได้ชุดการทดลองรวมทั้งสิ้น 32 ชุด (Run Order)นอกจากนี้ ผู้วิจัยได้ใช้หลักการสุ่มลำดับการทดลอง (Randomization) อย่างเคร่งครัดเพื่อลดอคติและอิทธิพลจากปัจจัยภายนอกที่ควบคุมไม่ได้เพื่อใช้เป็นแนวทางในการปรับตั้งค่าพารามิเตอร์เครื่องมือ GPR ในการเก็บข้อมูลต่อไป

2.5 การดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล ภายหลังจากกำหนดผังการทดลอง 32 ชุดเรียบร้อยแล้ว ผู้วิจัยได้ดำเนินการทดสอบภาคสนามบนโครงสร้างสะพานคอนกรีต โดยมีลำดับขั้นตอนดังนี้

2.5.1 การเตรียมความพร้อมเครื่องมือ ติดตั้งเครื่องมือ GPR และตรวจสอบสถานะอุปกรณ์ รวมถึงการเชื่อมต่อสัญญาณ GNSS เพื่ออ้างอิงตำแหน่งและเวลาขณะเก็บข้อมูล พร้อมดำเนินการสอบเทียบระยะทาง (Distance Calibration) เพื่อความแม่นยำของข้อมูล

2.5.2 การตั้งค่าตามตารางการทดลอง กำหนดค่าพารามิเตอร์ปัจจัย A ช่วงความลึก และปัจจัย B ระยะห่างการสแกนในโปรแกรม Onevision ตามลำดับ RunOrder

2.5.3 การบันทึกข้อมูล ดำเนินการเคลื่อนเสาอากาศ (GPR Antenna) เหนือแนวทดสอบตามลำดับการสุ่ม (Randomized Run Order) ตั้งแต่ลำดับที่ 1 ถึง 32 โดยควบคุมความเร็วในการเคลื่อนเสาอากาศให้สม่ำเสมอและใช้ผู้ควบคุมเพียงคนเดียวเพื่อลดความผิดพลาด

2.5.4 การประมวลผล กำหนดค่าพารามิเตอร์ปัจจัย C ตัวกรองสัญญาณความถี่สูง และปัจจัย D ตัวกรองสัญญาณความถี่ต่ำในโปรแกรม Iqmaps ตามลำดับ RunOrder

2.6 การประเมินผลคะแนนคุณภาพสัญญาณภาพเรดาร์ ผู้วิจัยดำเนินการแปลงข้อมูลเชิงคุณภาพจากภาพสัญญาณเรดาร์ (Radargram) ให้เป็นข้อมูลเชิงปริมาณเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ทางสถิติ โดยคัดเลือกช่องสัญญาณ (Channels) โดยกระบวนการจัดเก็บข้อมูลดิบหน้างานจริงด้วยเสาอากาศเรดาร์มีช่องสัญญาณทั้งหมด 36 ช่องสัญญาณ ตั้งแต่ช่องสัญญาณที่ CH0 ถึง CH35 จะทำให้ได้ชุดข้อมูลภาพตัดขวาง 2 มิติ แยกตามแต่ละพิกัดแนวลากสแกนพร้อมกันจากการกวาดสแกนเพียงครั้งเดียว อย่างไรก็ตาม เพื่อให้การประมวลผลและการวิเคราะห์อิทธิพลของพารามิเตอร์ผ่านเทคนิคการออกแบบการทดลอง (Design of Experiments, DOE) ให้สามารถสะท้อนภาพรวมของปัญหาของโครงสร้างสะพานรถไฟได้อย่างครบถ้วน ผู้วิจัยจึงได้กำหนดเกณฑ์ในการคัดเลือกช่องสัญญาณจำนวน 4 ช่องสัญญาณ ได้แก่ CH0, CH8, CH11 และ CH19 เพื่อใช้เป็นข้อมูลตัวแทนหลักในการประเมินค่าตัวแปรตอบสนอง (Response Variable) เนื่องจากเป็นกลุ่มช่องสัญญาณที่มีแนวสแกนผ่านองค์ประกอบทางกายภาพและโครงสร้างรองรับที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยมีตัวอย่างวิธีการประเมินผลคะแนนในแต่ละด้าน ได้ดังนี้

ในการประเมินผลด้านความลึก แสดงให้เห็นว่า ภาพสัญญาณจากทั้ง 4 ช่องสัญญาณ ประกอบด้วย CH0, CH8, CH11 และ CH19 ถูกเลือกมาพิจารณาเนื่องจากตำแหน่งของเสาอากาศในแต่ละช่องสัญญาณ ครอบคลุมระดับความลึกของชั้นโครงสร้างที่แตกต่างกันอย่างชัดเจน ทำให้สามารถตรวจสอบได้ว่าสเกลความลึกที่ตั้งค่าไว้สามารถทะลุทะลวงและครอบคลุมเป้าหมายได้ครบทุกระดับชั้นหรือไม่ โดยมีรายละเอียดดังนี้:

ช่องสัญญาณที่ 19 (CH19) ตัวแทนโครงสร้างระดับตื้น ใช้ประเมินความลึกในพื้นที่ชั้นบนสุด ได้แก่ ส่วนของเครื่องยึดเหนี่ยวรางและหมอนรองรางคอนกรีต ซึ่งเป็นระดับที่มักมีสิ่งกีดขวางและสัญญาณรบกวน (Noise) หนาแน่นที่สุด

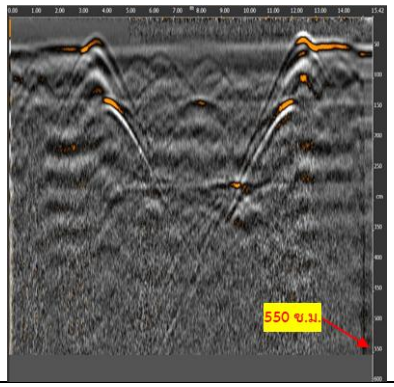
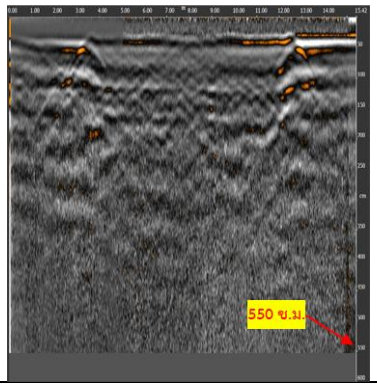
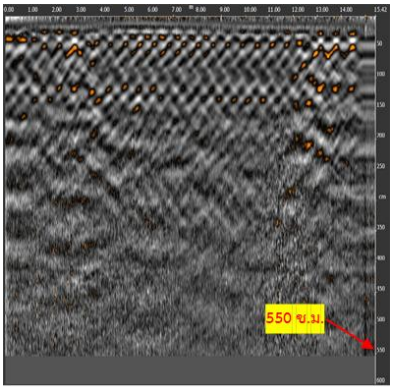
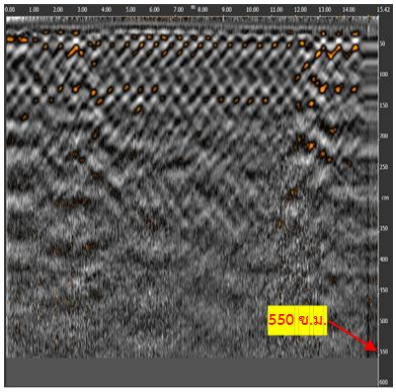
ช่องสัญญาณที่ 11 (CH11) ตัวแทนโครงสร้างระดับกลาง ใช้ประเมินความลึกของโครงสร้างรับน้ำหนักด้านใน ได้แก่ บริเวณกระบะคอนกรีตและท้องกระบะคอนกรีตในทิศทางตามขวาง

ช่องสัญญาณที่ 8 (CH8) ตัวแทนโครงสร้างระดับฐานรากและขอบ ใช้ประเมินความลึกในพื้นที่บริเวณขอบด้านบนกระบะคอนกรีต ฐานคอสะพาน และขอบท้องกระบะคอนกรีต

ช่องสัญญาณที่ 0 (CH0) ตัวแทนโครงสร้างระดับลึกที่สุด ใช้ประเมินความลึกของโครงสร้างเชื่อมต่อและโครงสร้างรองรับหลักในระดับลึก ได้แก่ คอสะพานคอนกรีต และโครงสร้างตอม่อต้นที่ 1, 2 และ 3

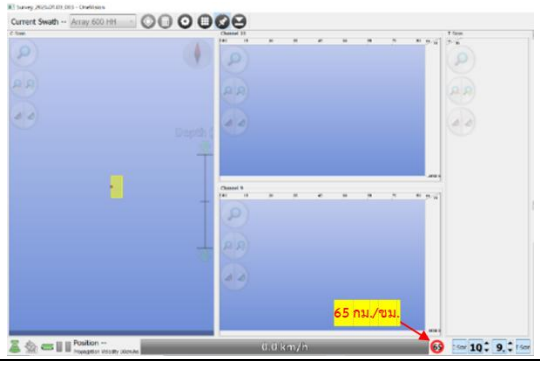
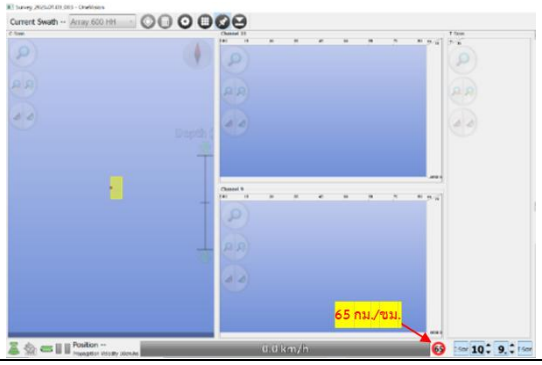
การวิเคราะห์ผลผ่านช่องสัญญาณที่มีบริบทความลึกของโครงสร้างแตกต่างกันนี้ ช่วยยืนยันว่าการตั้งค่าพารามิเตอร์สามารถตรวจจับข้อมูลได้ครอบคลุมหน้าตัดสะพานอย่างครบถ้วน ทั้งนี้ จากตัวอย่างพบว่าสเกลความลึกสูงสุดบนภาพสัญญาณ อยู่ที่ระดับ 550 เซนติเมตร ซึ่งจัดอยู่ในเกณฑ์คะแนนระดับที่ 2 แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ตัวอย่างการประเมินผลคะแนนด้านความลึก

CH0	CH8
	
CH11	**CH19**
	

ในการประเมินผลคะแนนด้านความเร็ว แสดงให้เห็นว่าข้อมูลจากทั้ง 4 ช่องสัญญาณมีระดับความเร็วสูงสุดในการเก็บข้อมูลเท่ากัน ซึ่งเป็นผลมาจากการเก็บข้อมูลในแต่ละลำดับการทดลอง (Run order) ถูกควบคุมให้ใช้การตั้งค่าพารามิเตอร์ชุดเดียวกันทั้งหมด ดังนั้น หากมีการเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ใด ๆ ที่มีความสัมพันธ์กับความเร็ว ระดับความเร็วสูงสุดที่ปรากฏก็จะเกิดการเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย ทั้งนี้ จากตัวอย่างพบว่าความเร็วสูงสุดในการเก็บข้อมูลอยู่ที่ระดับ 65 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ซึ่งเทียบเท่ากับเกณฑ์คะแนนระดับที่ 4 ดังแสดงไว้ในตัวอย่างการประเมินผลคะแนน แสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ตัวอย่างการประเมินผลคะแนนด้านความเร็ว

CH0	CH8
	
CH11	**CH19**
	

ในการประเมินผลคะแนนด้านความชัดเจน แสดงให้เห็นว่าข้อมูลจากทั้ง 4 ช่องสัญญาณมีจำนวนตำแหน่งเป้าหมายของพื้นที่เหล็กเส้นในการเก็บข้อมูลไม่เท่ากัน ซึ่งเป็นผลมาจากความแตกต่างกันของระยะการสุ่มตัวอย่างข้อมูล โดยในการทดลอง (Run order) มีการจัดให้เป็นค่าคงที่เพื่อไม่ให้เกิดผลการทบต่อข้อมูล มีคำอธิบายช่องสัญญาณที่เลือก ดังนี้

ช่องสัญญาณที่ 0 (CH0) ใช้เป็นตัวแทนในการวิเคราะห์เหล็กเส้นในส่วนโครงสร้างเชื่อมต่อและโครงสร้างรองรับหลัก ได้แก่ คอสะพานคอนกรีตส่วนที่ 1 คอสะพานคอนกรีตส่วนที่ 2 รวมถึงโครงสร้างตอม่อต้นที่ 1 ต้นที่ 2 และต้นที่ 3

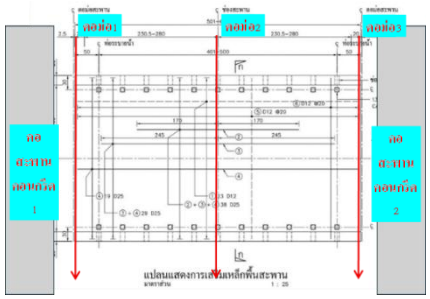
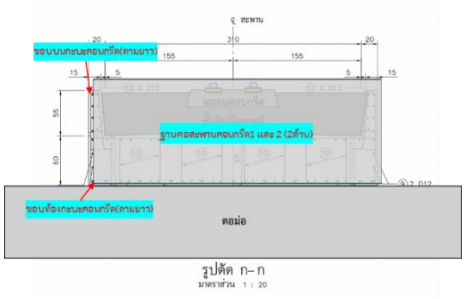
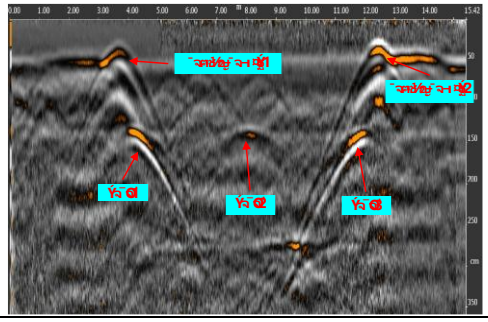
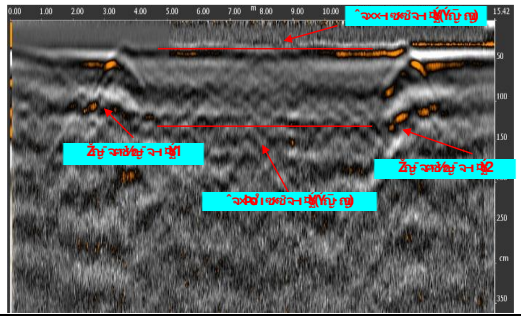
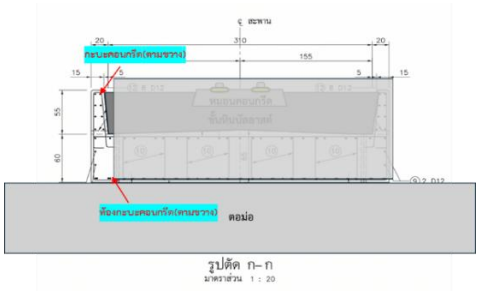
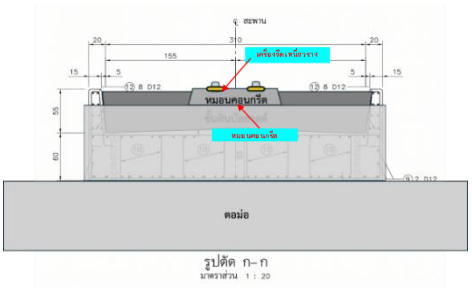
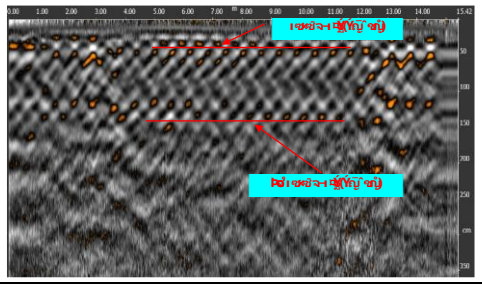
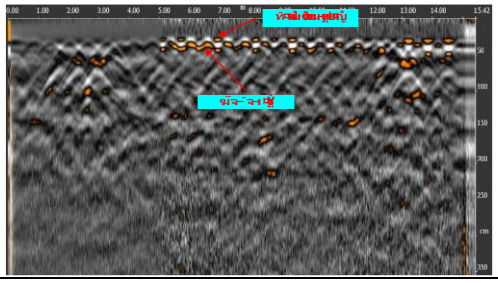
ช่องสัญญาณที่ 8 (CH8) ใช้เป็นตัวแทนในการวิเคราะห์เหล็กเส้นในพื้นที่บริเวณขอบและฐานรากโครงสร้าง ได้แก่ ขอบด้านบนกระบะคอนกรีต (ตามยาว) ฐานคอสะพานคอนกรีตส่วนที่ 1 ฐานคอสะพานคอนกรีตส่วนที่ 2 และขอบท้องกระบะคอนกรีต (ตามยาว)

ช่องสัญญาณที่ 11 (CH11) ใช้เป็นตัวแทนในการวิเคราะห์เหล็กเส้นในโครงสร้างรับน้ำหนักด้านใน ได้แก่ บริเวณกระบะคอนกรีต (ตามขวาง) และท้องกระบะคอนกรีต (ตามขวาง)

ช่องสัญญาณที่ 19 (CH19) ใช้เป็นตัวแทนในการวิเคราะห์พื้นที่ชั้นบนที่มีสิ่งกีดขวางและวัสดุแฝงที่ก่อให้เกิดสัญญาณรบกวน (Noise) และสัญญาณสะท้อนซ้ำซ้อน ได้สูงสุด ได้แก่ ส่วนของเครื่องยึดเหนี่ยวรางและหมอนรองรางคอนกรีต

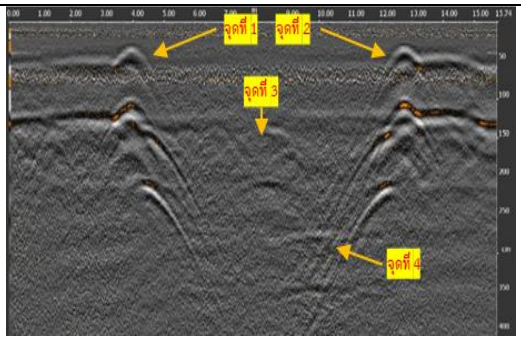
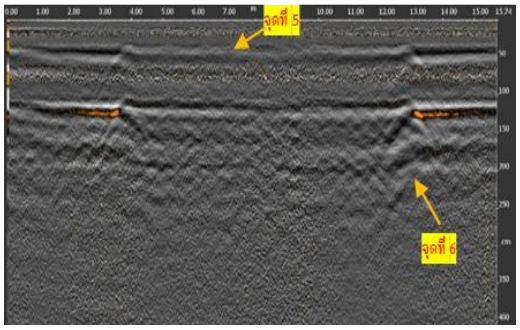
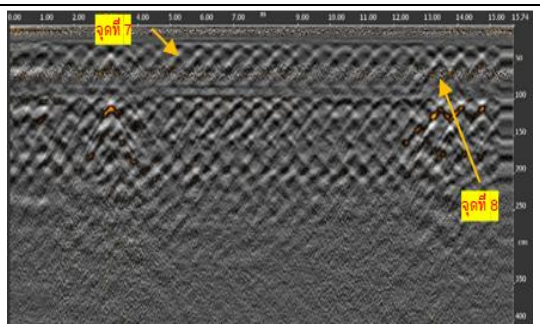
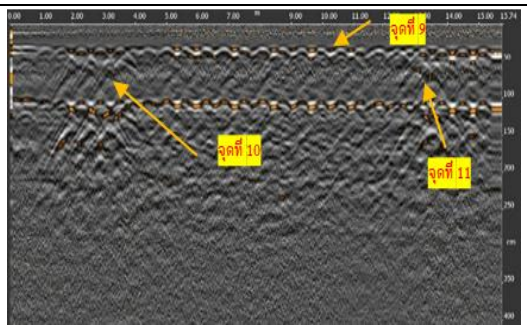
จากตัวอย่างพบว่าความชัดเจนของสัญญาณในการเก็บข้อมูลอยู่ที่ 13 จุดซึ่งเทียบเท่ากับเกณฑ์คะแนนระดับที่ 4 ดังแสดงไว้ในตัวอย่างการประเมินผลคะแนนแสดงดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ตัวอย่างการประเมินผลคะแนนด้านความชัดเจน

CH0	CH8
แบบสะพานคอนกรีต	แบบสะพานคอนกรีต
	
สัญญาณเรดาร์	สัญญาณเรดาร์
	
CH11	**CH19**
แบบสะพานคอนกรีต	แบบสะพานคอนกรีต
	
สัญญาณเรดาร์	สัญญาณเรดาร์
	

ในการประเมินผลคะแนนด้านสัญญาณสะท้อน แสดงให้เห็นว่าข้อมูลจากทั้ง 4 ช่องสัญญาณมีจำนวนตำแหน่งของสัญญาณสะท้อนในการเก็บข้อมูลไม่เท่ากัน ซึ่งเป็นผลมาจากความแตกต่างกันของระยะการสุ่มตัวอย่างข้อมูล เช่นเดียวกันกับการประเมินผลด้านความชัดเจน โดยลักษณะของสัญญาณสะท้อนจะมีรูปทรงคล้ายกันกับสัญญาณจริงแต่จะแตกต่างกันตรงที่สัญญาณสะท้อนจะมีลักษณะจางกว่าและอยู่คนละระดับกัน ในการทดลอง (Run order) มีการจัดให้เป็นค่าคงที่เพื่อไม่ให้เกิดผลการทบต่อข้อมูล จากตัวอย่างพบว่าสัญญาณสะท้อนในการเก็บข้อมูลอยู่ที่ 11 จุดซึ่งเทียบเท่ากับเกณฑ์คะแนนระดับที่ 1 ดังแสดงไว้ในตัวอย่างการประเมินผลคะแนนตามตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ตัวอย่างการประเมินผลคะแนนด้านสัญญาณสะท้อน

CH0	CH8
	
CH11	**CH19**
	

อนึ่ง ภาพตัวอย่างแสดงเพียงช่องสัญญาณเดียวเพื่อให้เห็นจุดการประเมิน แต่ในขั้นตอนวิเคราะห์ผล ผู้วิจัยได้ประเมินรวมทั้ง 4 ช่องสัญญาณหลัก เพื่อความแม่นยำและเป็นตัวแทนของข้อมูลภาพรวม

ผลการวิจัย

1. การวิเคราะห์ผลจากการทดลองตามแผนผังแฟคทอเรียลเต็มรูป (Full factorial design) จำนวน 32 ชุดการทดลอง ผู้วิจัยได้ประเมินคุณภาพสัญญาณภาพเรดาร์ผ่านตัวแปรตอบสนอง 4 ด้าน ได้แก่ ความลึก ความเร็ว ความชัดเจน และการสะท้อน ซึ่งพบว่าผลคะแนนรวมมีความแตกต่างกันตามสภาวะการตั้งค่าพารามิเตอร์ ดังแสดงในตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ผลคะแนนคุณภาพสัญญาณจากการทดลองและผลคะแนนรวม (SUM)

ลำดับการทดสอบ	ปัจจัย				ผลตัวแปรตอบสนอง				รวม
	A ช่วงความลึก	B ระยะห่างการสแกน	C ตัวกรองสัญญาณความถี่สูง	D ตัวกรองสัญญาณความถี่ต่ำ	ความลึก	ความเร็ว	ความชัดเจน	การสะท้อน	
1	100	0.1260	100	2000	4	4	1	2.5	11.5
2	40	0.1260	2000	10	2	4	3.5	4	13.5
3	40	0.1260	2000	2000	2	4	2.5	4	12.5
4	40	0.0126	2000	10	2	1	3.5	4	10.5
5	100	0.0126	2000	2000	4	1	3	4	12
6	40	0.0126	2000	2000	2	1	3.5	4	10.5
7	100	0.1260	2000	10	4	4	1	4	13
8	40	0.1260	100	10	2	4	1	3	10
9	40	0.0126	100	2000	2	1	2.5	2	7.5
10	100	0.0126	100	2000	4	1	1.5	2.5	9
11	40	0.0126	2000	2000	2	1	3.5	4	10.5
12	40	0.1260	100	10	2	4	1	2.5	9.5
13	100	0.0126	2000	2000	4	1	3	4	12
14	100	0.0126	100	10	4	1	1	2.5	8.5
15	100	0.1260	100	10	4	4	1	3	12
16	100	0.0126	2000	10	4	1	2	4	11
17	40	0.1260	100	2000	2	4	2	2.5	10.5
18	40	0.0126	100	2000	2	1	2.5	2.5	8
19	100	0.0126	2000	10	4	1	2	4	11
20	100	0.1260	2000	2000	4	4	2	4	14
21	100	0.0126	100	2000	4	1	2	2.5	9.5
22	40	0.0126	100	10	2	1	1.5	2.5	7
23	40	0.1260	100	2000	2	4	2	2.5	10.5
24	100	0.1260	100	10	4	4	1	3	12
25	100	0.0126	100	10	4	1	1	2.5	8.5
26	100	0.1260	100	2000	4	4	1	2.5	11.5
27	40	0.0126	2000	10	2	1	3.5	4	10.5
28	100	0.1260	2000	10	4	4	1	4	13
29	40	0.1260	2000	10	2	4	2.5	4	12.5
30	40	0.1260	2000	2000	2	4	2.5	4	12.5
31	40	0.0126	100	10	2	1	1.5	2.5	7
32	100	0.1260	2000	2000	4	4	2	4	14

จากตารางที่ 7 พบว่า ลำดับการทดลองที่ 20 และ32 ให้ประสิทธิภาพสูงที่สุด โดยมีผลคะแนนรวมเท่ากับ 14 คะแนน ซึ่งสภาวะนี้เป็นการตั้งค่าทุกปัจจัยไว้ที่ระดับสูง (+1) ทั้งหมด สัญญาณภาพตัดขวาง (Radargram) ที่ได้มีความคมชัดสูง รูปพาราโบลาของเหล็กเส้นมีความสมบูรณ์ และสามารถระบุตำแหน่งวัตถุในระดับลึกได้อย่างแม่นยำ

2. การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) ผลการวิเคราะห์ความถดถอยแบบแฟกทอเรียล (Factorial Regression) เพื่อประเมินอิทธิพลของพารามิเตอร์ 4 ชนิดที่มีต่อคะแนนคุณภาพสัญญาณรวม (SUM) โดยกำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 (ระดับความเชื่อมั่น 95%) ผลการวิเคราะห์พบว่าปัจจัยเดี่ยว (Main Effects) ทั้ง 4 ชนิด ได้แก่ ตัวกรองสัญญาณความถี่สูง (High cut) ระยะห่างการสแกน (Scanstep) ช่วงความลึก (Depth range) และตัวกรองสัญญาณความถี่ต่ำ (Low cut) ล้วนส่งผลต่อคุณภาพสัญญาณอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจากมีค่าความน่าจะเป็น (P-value) เท่ากับ 0.000 ซึ่งน้อยกว่าเกณฑ์ 0.05 ทั้งสิ้น นอกจากนี้ เมื่อพิจารณาจากค่าสถิติ F-value ซึ่งเป็นค่าที่ใช้ทดสอบขนาดอิทธิพลของปัจจัย และค่าผลรวมกำลังสองที่ปรับแก้แล้ว (Adj SS) ที่บ่งบอกถึงสัดส่วนความผันแปรของข้อมูลที่เกิดขึ้น พบว่า ตัวกรองสัญญาณความถี่สูง เป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อคุณภาพสัญญาณมากที่สุด (F-value = 937.29, Adj SS = 51.258) รองลงมาคือ ระยะห่างการสแกน (F-value = 891.57, Adj SS = 48.758) ช่วงความลึก (F-value = 217.29, Adj SS = 11.883) และ ตัวกรองสัญญาณความถี่ต่ำ (F-value = 24.14, Adj SS = 1.320) ตามลำดับ

สำหรับการวิเคราะห์อิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย (Interactions) พบว่ามีอิทธิพลร่วมแบบ 2 ปัจจัยที่ส่งผลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P-value < 0.05) จำนวน 3 คู่ ได้แก่ อิทธิพลร่วมระหว่างช่วงความลึกกับตัวกรองความถี่สูง (Depth range * High cut; P-value = 0.001) ระยะห่างการสแกนกับตัวกรองความถี่สูง (Scanstep * High cut; P-value = 0.001) และระยะห่างการสแกนกับตัวกรองความถี่ต่ำ (Scanstep * Low cut; P-value = 0.018) รวมถึงอิทธิพลร่วมแบบ 3 ปัจจัย (Depth range * High cut * Low cut) และแบบ 4 ปัจจัยที่ต่างก็มีค่านัยสำคัญทางสถิติเช่นกัน (P-value < 0.05) ผลลัพธ์เหล่านี้สะท้อนให้เห็นว่า การปรับตั้งค่าพารามิเตอร์ของเรดาร์มีความซับซ้อนและมีปฏิสัมพันธ์เกี่ยวเนื่องกัน จึงไม่สามารถพิจารณาปรับค่าเพียงตัวใดตัวหนึ่งโดยอิสระได้ดังแสดงในรูปที่ 3

Factorial Regression: SUM versus Depth range, Scanstep, High cut, Low cut

Analysis of Variance

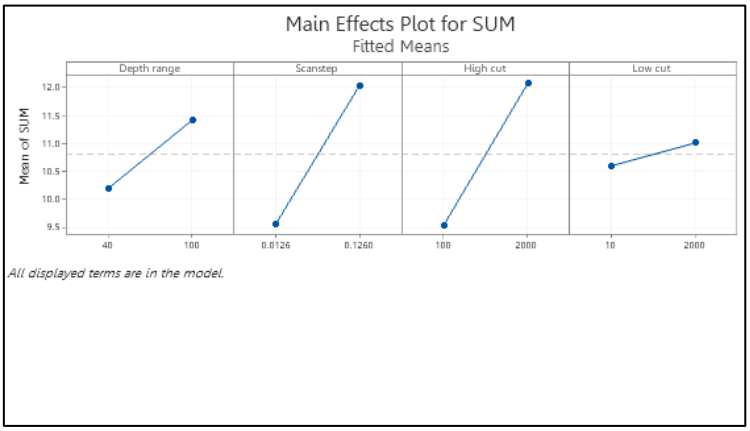
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	15	118.055	7.8703	143.91	0.000
Linear	4	113.219	28.3047	517.57	0.000
Depth range	1	11.883	11.8828	217.29	0.000
Scanstep	1	48.758	48.7578	891.57	0.000
High cut	1	51.258	51.2578	937.29	0.000
Low cut	1	1.320	1.3203	24.14	0.000
2-Way Interactions	6	2.484	0.4141	7.57	0.001
Depth range*Scanstep	1	0.008	0.0078	0.14	0.710
Depth range*High cut	1	0.945	0.9453	17.29	0.001
Depth range*Low cut	1	0.195	0.1953	3.57	0.077
Scanstep*High cut	1	0.945	0.9453	17.29	0.001
Scanstep*Low cut	1	0.383	0.3828	7.00	0.018
High cut*Low cut	1	0.008	0.0078	0.14	0.710
3-Way Interactions	4	1.969	0.4922	9.00	0.001
Depth range*Scanstep*High cut	1	0.070	0.0703	1.29	0.274
Depth range*Scanstep*Low cut	1	0.070	0.0703	1.29	0.274
Depth range*High cut*Low cut	1	1.758	1.7578	32.14	0.000
Scanstep*High cut*Low cut	1	0.070	0.0703	1.29	0.274
4-Way Interactions	1	0.383	0.3828	7.00	0.018
Depth range*Scanstep*High cut*Low cut	1	0.383	0.3828	7.00	0.018
Error	16	0.875	0.0547		
Total	31	118.930			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0.233854	99.26%	98.57%	97.06%

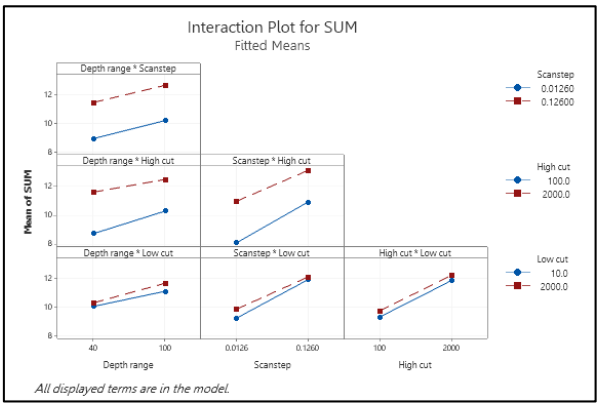
รูปที่ 3 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนและค่าสถิติของแบบจำลองสำหรับค่าคะแนนรวม (SUM)

3. การวิเคราะห์พฤติกรรมของปัจจัยหลัก (Main Effects Plot) จากกราฟแสดงอิทธิพลหลักในรูปที่ 4 พบว่าเมื่อมีการปรับระดับปัจจัยจากระดับต่ำ (-1) ไปสู่ระดับสูง (+1) ในทุกพารามิเตอร์ ส่งผลให้ค่าคะแนนคุณภาพสัญญาณเฉลี่ยมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น โดยเฉพาะปัจจัย B และ C ที่มีเส้นกราฟความชันสูงที่สุด ยืนยันว่าการตั้งค่าที่ระดับสูงช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการระบุเหล็กเส้นได้อย่างชัดเจน



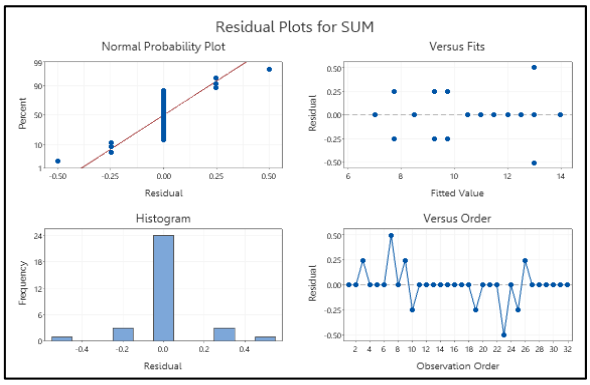
รูปที่ 4 กราฟแสดงอิทธิพลหลักของปัจจัย

4. การวิเคราะห์อิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย (Interaction Plot) จากกราฟในรูปที่ 5 พบการตัดกันของเส้นกราฟอย่างชัดเจนระหว่างคู่ปัจจัยสำคัญ โดยเฉพาะความสัมพันธ์ระหว่าง Scan step และ High cut ซึ่งบ่งชี้ว่าการปรับความละเอียดในการสแกนให้สูงขึ้นร่วมกับการกรองความถี่สูง จะช่วยให้ความคมชัดของภาพสัญญาณได้ดีกว่าการปรับเพียงปัจจัยเดียว



รูปที่ 5 กราฟแสดงอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย

5. การตรวจสอบความสอดคล้องของแบบจำลอง (Residual Plots) เพื่อยืนยันความน่าเชื่อถือทางสถิติ ผู้วิจัยได้วิเคราะห์กราฟในรูปที่ 6 พบว่าข้อมูลมีการกระจายตัวแบบปกติ และมีการกระจายตัวของค่าเศษเหลืออย่างอิสระและสม่ำเสมอ จึงถือว่าแบบจำลองทางสถิตินี้มีความเหมาะสมในการนำไปสรุปผลการวิจัย



รูปที่ 6 กราฟวิเคราะห์ Residual Plots

6. ผลการค้นหาสภาวะพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุด (Optimal Parameters) จากการประมวลผลด้วยเครื่องมือ Response Optimizer พบว่าค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดคือ การตั้งค่าทุกปัจจัยไว้ที่ ระดับสูง (High Level) ทั้งหมด ได้แก่ ช่วงความลึก 100 ns, ระยะห่างการสแกน0.1260 m, ตัวกรองความถี่สูง 2,000 MHz และตัวกรองความถี่ต่ำ 2,000 MHz ซึ่งให้ค่าความพึงพอใจโดยรวม (Composite desirability) เท่ากับ 1.0000

การอภิปรายผล

จากผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่า การตั้งค่าพารามิเตอร์ทุกตัวให้อยู่ในระดับสูงส่งผลให้ประสิทธิภาพการประเมินโครงสร้างดีที่สุด โดยเฉพาะการใช้ตัวกรองความถี่ที่ 2,000 MHz ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ว่าคลื่นความถี่สูงจะช่วยเพิ่มความละเอียด (Resolution) ทำให้ภาพหน้าตัด (Radargram) มีความคมชัดและสามารถตรวจจับเป้าหมายขนาดเล็กเช่นเหล็กเส้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ ขณะที่การใช้ระยะห่างการสแกน (Scan step) ที่ระดับ 0.1260 m จะช่วยลดสัญญาณรบกวน (Clutter noise) ที่เกิดจากการสแกนละเอียดเกินความจำเป็น (Oversampling) ซึ่งมักดึงสัญญาณสะท้อนจากมวลรวมหรือฟองอากาศในคอนกรีตขึ้นมาบดบังเป้าหมายหลัก อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาถึงข้อจำกัดในทางปฏิบัติหน้างานเชิงวิศวกรรม การเว้นระยะสแกนที่กว้างถึง 12.6 เซนติเมตร อาจทำให้เสาสัญญาณข้ามผ่านและพลาดการตรวจจับเหล็กเส้นที่มีการจัดเรียงตัวชิดกันได้ ดังนั้น วิศวกรผู้ปฏิบัติงานจึงต้องพิจารณาความหนาแน่นของเหล็กเส้นตามแบบรูปก่อสร้าง (As-built drawing) ประกอบด้วยเสมอ เพื่อรักษาสมดุลระหว่างการลดสัญญาณรบกวนและการเก็บรักษารายละเอียดที่สำคัญ ทั้งนี้ ผลการทดลองยังตอกย้ำว่าคุณภาพของสัญญาณต้องอาศัยการปรับจูนพารามิเตอร์อย่างเป็นระบบและสอดคล้องกัน การนำสภาวะที่เหมาะสมนี้ไปประยุกต์ใช้เป็นมาตรฐาน จะช่วยลดความผิดพลาดจากการใช้ดุลยพินิจส่วนบุคคลในการตีความ และยกระดับความแม่นยำในการตรวจสอบโครงสร้างสะพานได้อย่างมีนัยสำคัญ

บทสรุป

การศึกษาวิจัยนี้ประสบความสำเร็จในการกำหนดค่าพารามิเตอร์ GPR ที่เหมาะสมที่สุด เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการระบุตำแหน่งเหล็กเส้นในสะพานรถไฟคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยจากการประยุกต์ใช้การออกแบบการทดลองแบบแฟคทอเรียลเต็มรูป 2^4 จำนวน 32 ชุดการทดลอง ผลการวิเคราะห์ ANOVA และแผนภูมิพาเรโตพบว่า ระยะห่างการสแกน (Scan step) และตัวกรองความถี่สูง (High cut frequency) ส่งผลต่อความชัดเจนของสัญญาณอย่างมีนัยสำคัญ (P-Value < 0.05) รวมถึงพบ

อิทธิพลร่วม (Interaction effect) ที่บ่งชี้ว่าต้องปรับจูนพารามิเตอร์อย่างเป็นระบบ ทั้งนี้ การวิเคราะห์ด้วย Response Optimizer ระบุว่าสภาวะที่ให้ประสิทธิภาพสูงสุดคือการตั้งค่าปัจจัยระดับสูง (+1) ทั้งหมด ประกอบด้วย ช่วงความลึก 100 ns, ระยะสแกน 0.1260 m, และตัวกรองความถี่สูง-ต่ำที่ 2,000 MHz ซึ่งให้คะแนนสูงสุด 14 คะแนน (Composite Desirability = 1.0000) การตั้งค่าความถี่สูงนี้ช่วยให้ภาพ Radargram คมชัด ลดการบิดเบือน ขณะที่ระยะสแกน 0.1260 m ช่วยลดสัญญาณรบกวนได้ดีเยี่ยม มาตรฐานที่ค้นพบนี้จะช่วยลดความผิดพลาดจากดุลยพินิจของวิศวกร ทำให้การตรวจสอบโครงสร้างมีความแม่นยำ รวดเร็ว และประหยัดงบประมาณบำรุงรักษาในระยะยาว

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอแสดงความขอบคุณอย่างสูงต่อบริษัทกรณีศึกษาที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลอันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ พร้อมทั้งขอขอบพระคุณคณะผู้เชี่ยวชาญทุกท่าน ที่ได้เสียสละเวลาเพื่อให้คำปรึกษาและข้อมูลเชิงลึก ซึ่งถือเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้การวิจัยบรรลุตามวัตถุประสงค์

เอกสารอ้างอิง

Annan, A. P. (2005). Ground penetrating radar, in near surface geophysics. Society of Exploration Geophysicists: Tulsa.

Daniels, D. J. (2004). Ground Penetrating Radar. 2nd edition. Radar, Sonar, Navigation and Avionics Institute of Electrical Engineers: London, UK.

Simula, S., Ikäläinen, S. and Niskanen, K. (1999). Measurement of the Dielectric Properties of Paper. Journal of Imaging Science and Technology. 43: 15 Pages. DOI: 10.2352/ISSN.2169-4451.1998.14.1.art00039_1.

Smith, D. G. and Jol, H. M. (1995). Ground penetrating radar: Antennae frequencies and maximum probable depths of penetration in Quaternary sediments. Journal of Applied Geophysics. 33: 8 Pages. DOI: 10.1016/0926-9851(95)90032-2.

Tokmaktsi E., Diamanti N. and Vargemezis G. (2023). Studying GPR's direct and reflected waves. Near Surface Geophysics. 22: 1-14. DOI: 10.1002/nsg.12292.

Sussman, T. R., O'Hara, K. R. and Selig, E. T. (2002). Development of material properties for railway application of ground penetrating radar. In Proceedings of the Ninth International Conference on Ground Penetrating Radar April 29-May 2, 2002. Santa Barbara California. 42-47.

การออกแบบและวิเคราะห์การทดลองเพื่อลดของเสียในกระบวนการฉีดพลาสติกสำหรับกระจก กรณีศึกษาบริษัทผลิตชิ้นส่วนรถยนต์

Design and analysis of experiments to reduce defect in the plastic injection process for glass: case study of automotive manufacture

คมชาญ ถาวรเจริญพนธ์[1] สุวิชภรณ์ วิชกูล[1*]และรมิดายุ อยู่สุข[1]
Komchan Thawoncharoenpon[1], Suwitchaporn Witchakul[1*] and Ramidayu Yousuk[1]

[1]สาขาวิชาการจัดการวิศวกรรม ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเพมหานคร
[*]Corresponding Author E-mail Address : fengspw@ku.ac.th

บทคัดย่อ

บริษัทกรณีศึกษาดำเนินธุรกิจผลิตชิ้นส่วนรถยนต์ ปัญหาที่พบมากที่สุดของโมเดล 1 ในสายการผลิต MAW3 คือ พลาสติกที่ฉีดไม่เต็มกระจก งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อปริมาตรพลาสติกที่ฉีดไม่เต็มกระจก และหาระดับที่เหมาะสมของแต่ละปัจจัย ผู้วิจัยออกแบบการทดลองโดยใช้แผนการทดลองแบบส่วนประสมกลางและวิเคราะห์ผลด้วยวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมกับวิธีพื้นผิวตอบสนอง ผลการวิเคราะห์พบว่าปัจจัยที่มีผล ได้แก่ พจน์กำลังสองของอุณหภูมิแม่พิมพ์ พจน์กำลังสองของอุณหภูมิหัวฉีด แรงดันในการฉีดช่วงต้น และแรงดันในการฉีดช่วงกลาง โดยพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุด คือ อุณหภูมิแม่พิมพ์ 52.3 องศาเซลเซียส อุณหภูมิหัวฉีด 185 องศาเซลเซียส แรงดันในการฉีดช่วงต้น 5 เมกะปาสคาล และแรงดันในการฉีดช่วงกลาง 2.7 เมกะปาสคาล

คำสำคัญ: พลาสติกที่ฉีดไม่เต็ม แผนการทดลองแบบส่วนประสมกลาง วิธีพื้นผิวตอบสนอง

Abstract

This case study focuses on an automotive parts manufacturer facing a prevalent issue with Model 1 on the MAW3 production line, specifically involving short shots. Consequently, this research aims to investigate the factors affecting the volume of short shot and determine their optimal levels by employing a Central composite design analyzed through Analysis of variance and Response surface methodology. The results indicate that the significant factors include the quadratic terms of both mold temperature and nozzle temperature, alongside initial injection pressure and middle stage injection pressure, with the optimal parameters identified as a mold temperature of 52.3°C, a nozzle temperature of 185°C, an initial injection pressure of 5 MPa, and a middle stage injection pressure of 2.7 MPa.

Keywords: Short shot, Central composite design, Response surface methodology

บทนำ

ในปัจจุบันประเทศไทยถือเป็นแหล่งผลิตและส่งออกชิ้นส่วน หรือ อุปกรณ์ยานยนต์ขนาดใหญ่ทำให้บริษัทผู้ผลิตต่างเข้ามาตั้งโรงงานอุตสาหกรรมชิ้นส่วนยานยนต์เพื่อใช้เป็นฐานการผลิตจำนวนมากซึ่งก่อให้เกิดการแข่งขันของผู้ผลิตทั้งในด้านคุณภาพและต้นทุน ปัจจุบันทางอุตสาหกรรมการผลิตกระจกรถยนต์พบปัญหาด้านคุณภาพที่จะก่อให้เกิดของเสียในกระบวนการผลิต เช่น ชิ้นงานไม่ได้รูปร่างตามที่ลูกค้ากำหนด ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อลูกค้าที่นำชิ้นส่วนไปประกอบรถยนต์ ดังนั้นบริษัทกรณีศึกษาจึงได้นำข้อมูลมาวิเคราะห์เพื่อทำการแก้ไขปัญหาและยกระดับคุณภาพของผลิตภัณฑ์ให้ดียิ่งขึ้น

สำหรับบริษัทกรณีศึกษานั้นเป็นโรงงานผลิตกระจกรถยนต์ กระบวนการผลิตกระจกรถยนต์นั้นประกอบด้วยหลายขั้นตอนดังนี้ รับกระจกแผ่นเรียบ กระบวนการตัดกระจกแผ่นเรียบ ขึ้นรูปกระจกให้ได้ตามแบบ กระบวนการฉีดพลาสติกใส่กระจก และจัดส่งให้ลูกค้า โดยผู้วิจัยเลือกศึกษาที่กระบวนการฉีดพลาสติกใส่กระจก

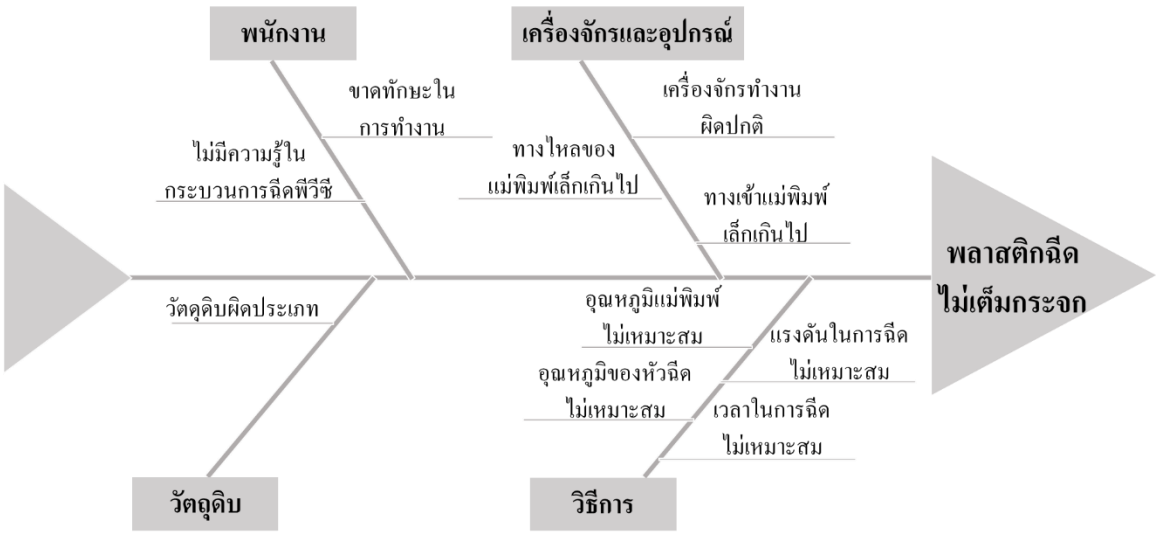
กระบวนการฉีดพลาสติก คือ กระบวนการหลอมละลายเม็ดพีวีซีให้เป็นของเหลวและทำการฉีดพลาสติกที่เป็นของเหลวเข้าแม่พิมพ์เป็นกระบวนการที่นิยมใช้ในการขึ้นรูปชิ้นงาน เนื่องจากเป็นกระบวนการที่สามารถผลิตได้ในปริมาณมาก รวดเร็ว และทำงานได้โดยอัตโนมัติ เครื่องฉีดพลาสติกประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วน ได้แก่ ชุดฉีด และชุดปิด-เปิดแม่พิมพ์ (ปาพจนี, 2561) โดยปัญหาในกระบวนการฉีดพลาสติกมีดังนี้ ชิ้นงานฉีดไม่เต็ม รอยเชื่อมประสานไม่เรียบ ชิ้นงานหดตัว เกิดโพรงอากาศ ชิ้นงานบิดเบี้ยว และชิ้นงานเป็นเส้นเงา (สมเจตน์, 2552) โดยปัญหาที่พบบ่อยที่สุดในกระบวนการฉีดพลาสติกคือชิ้นงานฉีดไม่เต็มหรือพลาสติกที่ฉีดไม่เต็ม (พัชระ และคณะ, 2567; Cleary et al., 2010)

ผู้วิจัยเลือกศึกษากระบวนการฉีดพลาสติกใส่กระจกที่สายการผลิต MAW3 จากข้อมูลในปี 2567 พบว่าสายการผลิตนี้จะทำการฉีดพลาสติกทั้งหมด 4 โมเดล ผู้วิจัยเลือกศึกษาที่โมเดลที่ 1 เนื่องจากโมเดลนี้มีปริมาณที่ผลิตคิดเป็น 46.79 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณที่ผลิตทั้งหมดที่เครื่องนี้ และมีอัตราส่วนของเสียเท่ากับ 2.85 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งค่อนข้างสูง ปัญหาที่พบมากที่สุดของโมเดล 1 คือ พลาสติกที่ฉีดไม่เต็มกระจก โดยชิ้นงานที่มีพลาสติกที่ฉีดไม่เต็มกระจก ไม่ว่าจะมีปริมาตรเท่าใดก็ตามจะถูกนับเป็นชิ้นงานเสีย จากการเก็บข้อมูลชิ้นงานจำนวน 240 ชิ้น พบว่ามีปริมาตรพลาสติกที่ฉีดไม่เต็มกระจกเฉลี่ย เท่ากับ 3374.70 ลูกบาศก์มิลลิเมตรต่อชิ้น

งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อหาปัจจัยที่มีผลต่อปริมาตรพลาสติกที่ฉีดไม่เต็มกระจก พร้อมทั้งกำหนดระดับปัจจัยที่เหมาะสมที่ทำให้ปริมาตรพลาสติกที่ฉีดไม่เต็มกระจกลดลงอย่างน้อย 50 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธีการออกแบบการทดลอง

การวิเคราะห์หาสาเหตุและปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดของเสียประเภทพลาสติกที่ฉีดไม่เต็มกระจก

ผู้วิจัยศึกษาปัจจัยที่คาดว่าจะมีผลต่อการเกิดของเสียประเภทพลาสติกที่ฉีดไม่เต็มกระจก โดยการระบุปัญหาจากการระดมความคิด เพื่อวิเคราะห์หาสาเหตุที่จะทำให้เกิดของเสียประเภทพลาสติกที่ฉีดไม่เต็มกระจก โดยใช้แผนผังก้างปลาในการหาสาเหตุของปัญหา แสดงดังรูปที่ 1 จากแผนผังก้างปลาวิเคราะห์สาเหตุแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยต่าง ๆ ที่คาดว่าจะส่งผลต่อการเกิดของเสียประเภทพลาสติกที่ฉีดไม่เต็มกระจก ได้แก่ ปัจจัยเรื่อง คน เครื่องจักรและอุปกรณ์ วัตถุดิบ และวิธีการ



รูปที่ 1 แผนผังก้างปลาแสดงปัจจัยที่คาดว่าจะส่งผลต่อของเสียประเภทพลาสติกที่ฉีดไม่เต็มกระจก

ปัจจัยเกี่ยวกับคน (Man) ปัจจัยเกี่ยวกับเครื่องจักรและอุปกรณ์ (Machine and equipment) และปัจจัยเกี่ยวกับวัตถุดิบ (Material) ไม่นำมาพิจารณาในการทดลอง เนื่องจากมีการอบรมและทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของพนักงานด้านเครื่องจักรและอุปกรณ์ มีกำหนดรอบเวลาในการบำรุงรักษาตามรอบ และด้านวัตถุดิบมีการตรวจสอบโมเดลก่อนเริ่มการผลิตเพื่อเลือกวัตถุดิบให้ถูกต้อง

จากการศึกษาและการระดมสมองจากผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 คน ดังนี้ วิศวกรฝ่ายผลิต 1 คน หัวหน้างานที่ดูแลเครื่องฉีดพลาสติก 2 คน และพนักงานประจำเครื่องจักร 2 คน คาดว่าปัจจัยเรื่องวิธีการ (Method) ส่งผลต่อการฉีดพลาสติกไม่เต็ม และจากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า งานขึ้นรูปพลาสติกโดยกระบวนการฉีดนั้นคุณภาพของชิ้นงานที่ได้จะดีหรือไม่ขึ้นอยู่กับการออกแบบแม่พิมพ์ที่เหมาะสมและการปรับตั้งค่าพารามิเตอร์ของเครื่องฉีดพลาสติก (อดุลย์ และคณะ, 2556; ธีรวัฒน์ และคณะ, 2568) นอกจากนี้ อุณหภูมิแม่พิมพ์ และอุณหภูมิหัวฉีด มีผลต่อการฉีดพลาสติกไม่เต็ม (สมเจตน์, 2552; อิทธิ, 2560) อีกทั้งมีแรงดันในการฉีดที่มีผลต่อการฉีดพลาสติกไม่เต็ม (Aribowo and Dani, 2023) ดังนั้นจึงเลือกปัจจัยที่คาดว่าจะส่งผลกระทบต่อการฉีดพลาสติกไม่เต็ม ได้แก่ อุณหภูมิแม่พิมพ์ อุณหภูมิหัวฉีด แรงดันในการฉีดช่วงต้น และแรงดันในการฉีดช่วงกลาง แสดงดังตารางที่ 1 โดยปัจจัยทั้ง 4 ปัจจัยนี้ไม่ส่งผลต่อการเกิดของเสียประเภทอื่น ๆ ดังนั้นจึงกำหนดตัวแปรตอบสนอง 1 ตัวแปร คือปริมาตรพลาสติกที่ฉีดไม่เต็มกระจก (Y)

ตารางที่ 1 ปัจจัยที่คาดว่าจะส่งผลต่อปริมาตรพลาสติกที่ฉีดไม่เต็มกระจก ค่าที่ใช้ในปัจจุบันและช่วงปัจจัยที่ผู้เชี่ยวชาญแนะนำ

ปัจจัย	ค่าที่ใช้ในปัจจุบัน	ช่วงของปัจจัยที่ผู้เชี่ยวชาญแนะนำ
อุณหภูมิแม่พิมพ์ (องศาเซลเซียส)	50 – 60	47.5 – 52.5
อุณหภูมิหัวฉีด (องศาเซลเซียส)	185 – 200	175 - 185
แรงดันในการฉีดช่วงต้น (เมกะปาสคาล)	5	4.7 – 4.9
แรงดันในการฉีดช่วงกลาง (เมกะปาสคาล)	2.5	2.25 - 2.55

การออกแบบการทดลอง

ผู้วิจัยเลือกใช้แผนการทดลองแบบส่วนประสมกลาง (Central Composite Design; CCD) เนื่องจากเป็นการทดลองที่มีประสิทธิภาพสูง และมีความยืดหยุ่นต่อการใช้งาน ซึ่งเหมาะสำหรับศึกษาปัจจัยเชิงปริมาณและมีค่าต่อเนื่อง (ประไพศรี และพงศ์ชนัน, 2551) เพื่อหาปัจจัยที่ส่งผลต่อปริมาตรพลาสติกที่ฉีดไม่เต็มกระจก โดยกำหนดระดับของปัจจัยระดับสูงและปัจจัยระดับต่ำ อ้างอิงช่วงของปัจจัยที่ผู้เชี่ยวชาญแนะนำ จากตารางที่ 1 และใช้ค่า Axial distance (α) เท่ากับ 2 เพื่อให้เป็นแผนการทดลองที่หมุนได้ (Rotatable design) ทำให้ได้ปัจจัยและระดับปัจจัยในการทดลองแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ปัจจัยและระดับที่ใช้ในการทดลอง

ตัวแปร	ปัจจัย	ระดับที่ทดลอง				
		$-\alpha$	-1	0	1	α
A	อุณหภูมิแม่พิมพ์ (องศาเซลเซียส)	45	47.5	50	52.5	55
B	อุณหภูมิหัวฉีด (องศาเซลเซียส)	170	175	180	185	190
C	แรงดันในการฉีดช่วงต้น (เมกะปาสคาล)	4.6	4.7	4.8	4.9	5
D	แรงดันในการฉีดช่วงกลาง (เมกะปาสคาล)	2.1	2.25	2.4	2.55	2.7

จากนั้นสร้างแผนการทดลองโดยใช้แผนการทดลองแบบส่วนประสมกลาง โดยแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 แฟคทอเรียลเต็มรูป 4 ปัจจัย ปัจจัยละ 2 ระดับ จำนวน 16 การทดลอง ส่วนที่ 2 จุดศูนย์กลาง (Center point) จำนวน 6 การทดลอง และ ส่วนที่ 3 จุดแกน (Axial point) จำนวน 8 การทดลอง โดยหากทำการทดลองซ้ำ 2 ซ้ำ ค่าอำนาจการทดสอบเท่ากับ 99.96 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่ามากกว่า 95 เปอร์เซ็นต์ แต่เนื่องจากบริษัทกรณีศึกษาไม่สามารถให้ทำการทดลอง 2 ซ้ำ เพราะต้องใช้เวลาในการทำการทดลองนาน และมีผลกระทบต่อต้นทุนการผลิต ทางผู้วิจัยจึงตัดสินใจใช้การทดลองเพียง 1 ซ้ำ มีค่าอำนาจการทดสอบเท่ากับ 88.72 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าค่อนข้างมากแล้ว ดังแสดงในรูปที่ 2 ดังนั้นจำนวนการทดลองทั้งหมดเท่ากับ 31 การทดลอง

Power and Sample Size

2-Level Factorial Design
α = 0.05 Assumed standard deviation = 1

Method

Factors: 4 Base Design: 4, 16
Blocks: none
Including a term for center points in model.

Results

Center Points	Effect	Reps	Total Runs	Power
6	2	1	22	0.88726
6	2	2	38	0.99969
6	2	3	54	1.00000
6	2	4	70	1.00000
6	2	5	86	1.00000

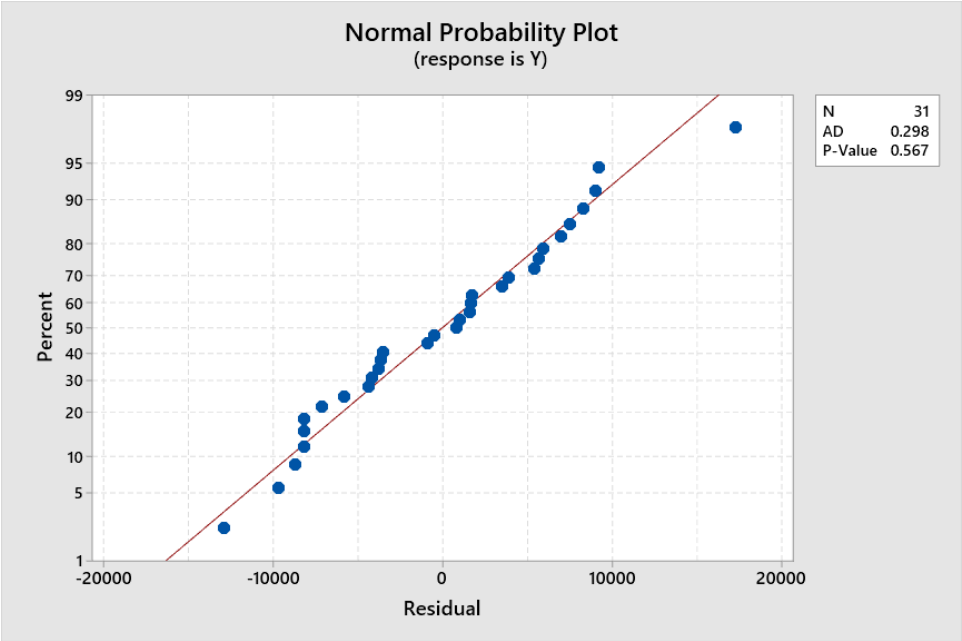
รูปที่ 2 จำนวนทำซ้ำที่เหมาะสมโดยใช้เส้นโค้งอำนาจการทดสอบ

การทำการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล

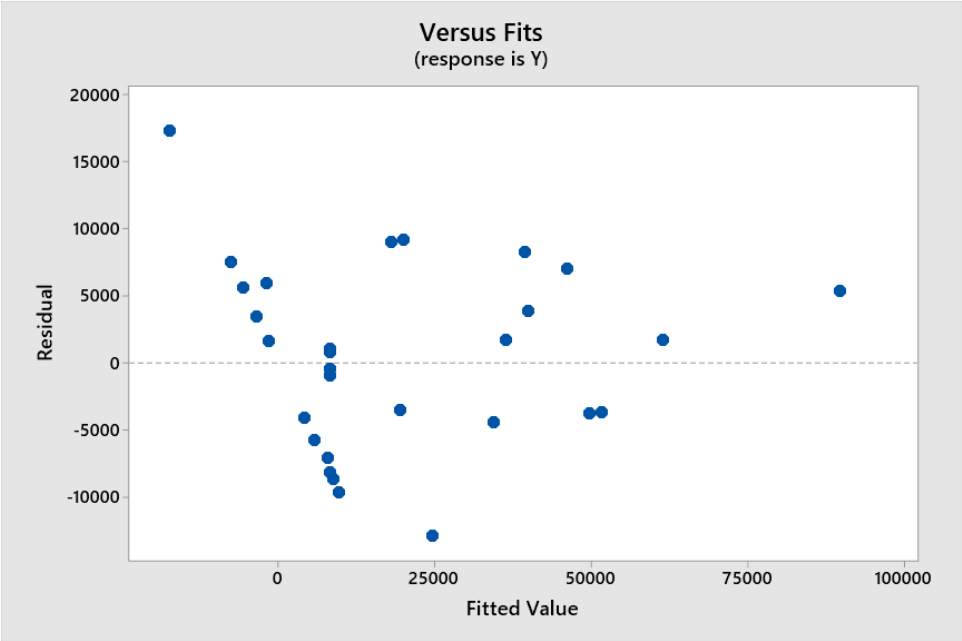
ทำการทดลองตามแผนการทดลองแบบส่วนประสมกลาง โดยปรับค่าพารามิเตอร์และทดลองแบบสุ่ม จำนวนการทดลอง 31 การทดลอง แต่ใน 1 การทดลอง จะทำการฉีดพลาสติกใส่กระจกจำนวน 2 รอบ รอบแรกเพื่อให้ค่าพารามิเตอร์หลังปรับไปคงที่ และรอบสองถึงจะบันทึกค่าจริง หลังจากทำการทดลองแต่ละการทดลองแล้ว จะนำชิ้นงาน ไปวัดปริมาตรพลาสติกที่ฉีดไม่เต็มกระจก (Y) โดยแบ่งส่วนพลาสติกที่ฉีดไม่เต็มกระจกออกเป็นส่วนย่อย ๆ ตามรูปทรงเลขาคณิตที่ใกล้เคียง จากนั้นคำนวนปริมาตรของรูปทรงเลขขาคณิตย่อย ๆ แล้วนำมาบวกกันเป็นปริมาตรพลาสติกที่ฉีดไม่เต็มกระจก และทำการบันทึกค่า

ผลการศึกษาและการวิเคราะห์ผลการทดลอง

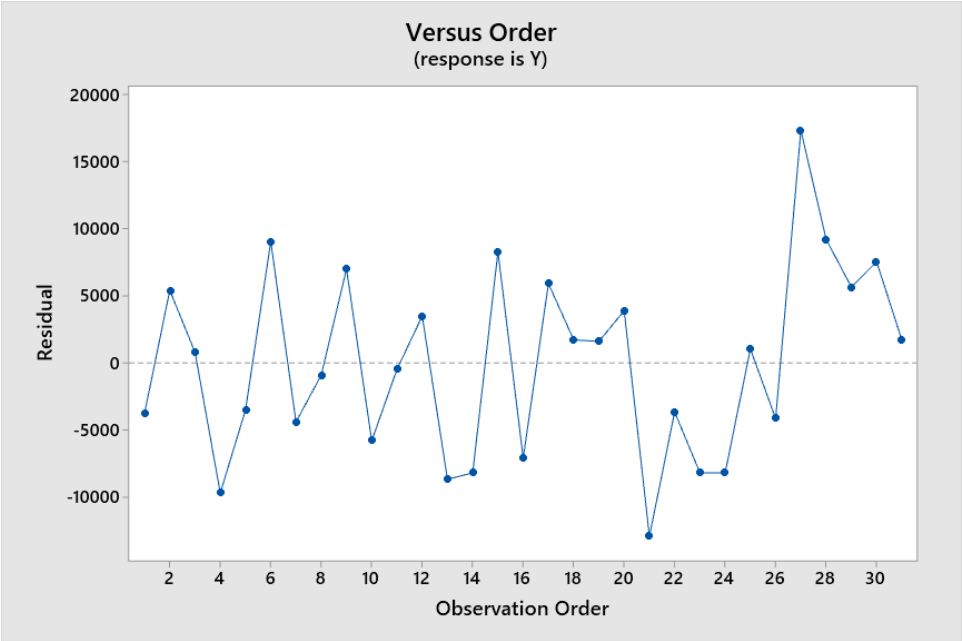
นำผลการทดลองที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน เพื่อหาปัจจัยที่มีผลต่อปริมาตรพลาสติกที่ฉีดไม่เต็มกระจก และใช้วิธีคัดเลือกตัวแปรอิสระเข้าสู่โมเดลแบบ Stepwise regression โดยมีระดับนัยสำคัญสำหรับการนำตัวแปรเข้า เท่ากับ 0.05 และระดับนัยสำคัญสำหรับการนำตัวแปรออก เท่ากับ 0.05 ใช้โปรแกรม Minitab เวอร์ชัน 19 ในการตรวจสอบความถูกต้องของรูปแบบการทดลอง (Model adequacy checking) (Montgomery, 2019) จะทำการตรวจสอบค่าคลาดเคลื่อนของปริมาตรพลาสติกที่ฉีดไม่เต็มกระจก ดังรูปที่ 3 ถึง รูปที่ 5



รูปที่ 3 แผนภาพการแจกแจงปกติของค่าคลาดเคลื่อน



รูปที่ 4 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าคลาดเคลื่อนและค่าพยากรณ์ของปริมาตรพลาสติกที่ฉีดไม่เต็มกระจก



รูปที่ 5 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าคลาดเคลื่อนของปริมาตรพลาสติกที่ฉีดไม่เต็มกระจกและลำดับที่ของการทดลอง

จากรูปที่ 3 พบว่าค่าคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ เนื่องจากมีค่า P-value เท่ากับ 0.567 ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญที่ 0.05 จากรูปที่ 4 พบว่าค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนเท่ากับศูนย์ และความแปรปรวนของค่าคลาดเคลื่อนคงที่ และจากรูปที่ 5 พบว่าค่าคลาดเคลื่อนไม่มีลักษณะเป็นรูปปากลำโพงและไม่มีรูปแบบที่ชัดเจน แสดงว่าค่าคลาดเคลื่อนเป็นอิสระต่อกัน

หลังจากการวิเคราะห์ค่าคลาดเคลื่อนพบว่าค่าคลาดเคลื่อนเป็นไปตามสมมติฐานของการวิเคราะห์ความแปรปรวน ดังนั้นจึงทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนต่อได้ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแสดงดังรูปที่ 6 และในการทดสอบการขาดความเหมาะสมของสมการ (Lack of fit test) ของปริมาตรพลาสติกที่ฉีดไม่เต็มกระจก (Y) โดยกำหนดสมมติฐานทางสถิติสำหรับการทดสอบการขาดความเหมาะสมของสมการดังนี้

สมมติฐานหลัก (H_0) คือ สมการเหมาะสมแล้ว
สมมติฐานรอง (H_1) คือ สมการขาดความเหมาะสม

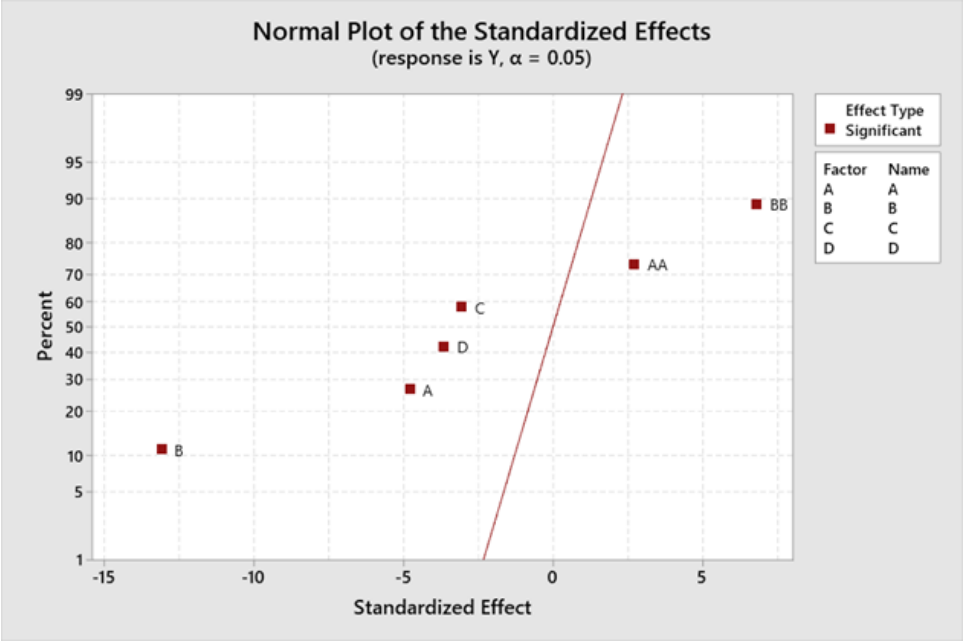
ผลของการทดสอบการขาดความเหมาะสมของสมการ โดยดูจากค่า P-Value ของ Lack of Fit เท่ากับ 0.055 ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญที่เท่ากับ 0.05 แสดงว่าไม่สามารถปฏิเสธสมมติฐานหลัก (H_0) ได้ จึงสรุปได้ว่ารูปแบบของสมการเหมาะสมแล้ว

ในการวิเคราะห์ความแปรปรวนจากรูปที่ 6 และค่าผลกระทบมาตรฐานของปัจจัยที่มีผลต่อปริมาตรพลาสติกที่ฉีดไม่เต็มกระจก ดังรูปที่ 7 สรุปได้ว่าปัจจัยที่มีผลต่อปริมาตรพลาสติกที่ฉีดไม่เต็มกระจก (Y) ได้แก่ พจน์กำลังสองของอุณหภูมิแม่พิมพ์ (A^2) พจน์กำลังสองของอุณหภูมิหัวฉีด (B^2) แรงดันในการฉีดช่วงต้น (C) และแรงดันในการฉีดช่วงกลาง (D) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	6	16510277399	2751712900	44.70	0.000
Linear	4	13372664056	3343166014	54.30	0.000
A	1	1415808009	1415808009	23.00	0.000
B	1	10559444259	10559444259	171.52	0.000
C	1	576504630	576504630	9.36	0.005
D	1	820907157	820907157	13.33	0.001
Square	2	3137613343	1568806672	25.48	0.000
A*A	1	458469041	458469041	7.45	0.012
B*B	1	2855744102	2855744102	46.39	0.000
Error	24	1477533061	61563878		
Lack-of-Fit	18	1356423487	75356860	3.73	0.055
Pure Error	6	121109575	20184929		
Total	30	17987810461			

รูปที่ 6 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาตรพลาสติกที่ฉีดไม่เต็มกระจก

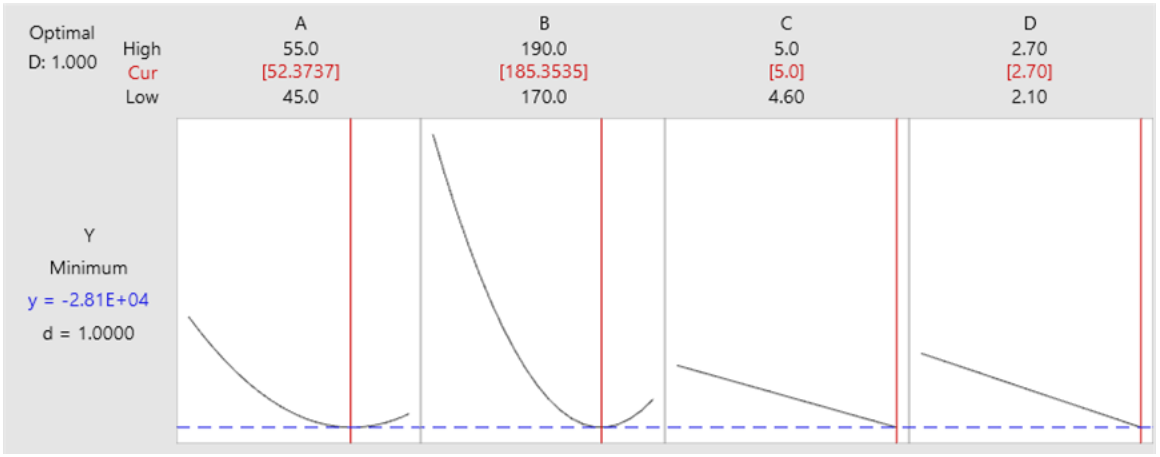


รูปที่ 7 แผนภาพการแจกแจงความน่าจะเป็นของการแจกแจงปกติสำหรับค่าผลกระทบมาตรฐานของปัจจัยที่มีผลต่อปริมาตรพลาสติกที่ฉีดไม่เต็มกระจก (Y)

หลังจากการวิเคราะห์หาปัจจัยที่มีผลต่อปริมาตรพลาสติกที่ฉีดไม่เต็มกระจก (Y) ทำให้ได้สมการถดถอยเพื่อใช้พยากรณ์ค่าปริมาตรพลาสติกที่ฉีดไม่เต็มกระจก ดังสมการที่ 1

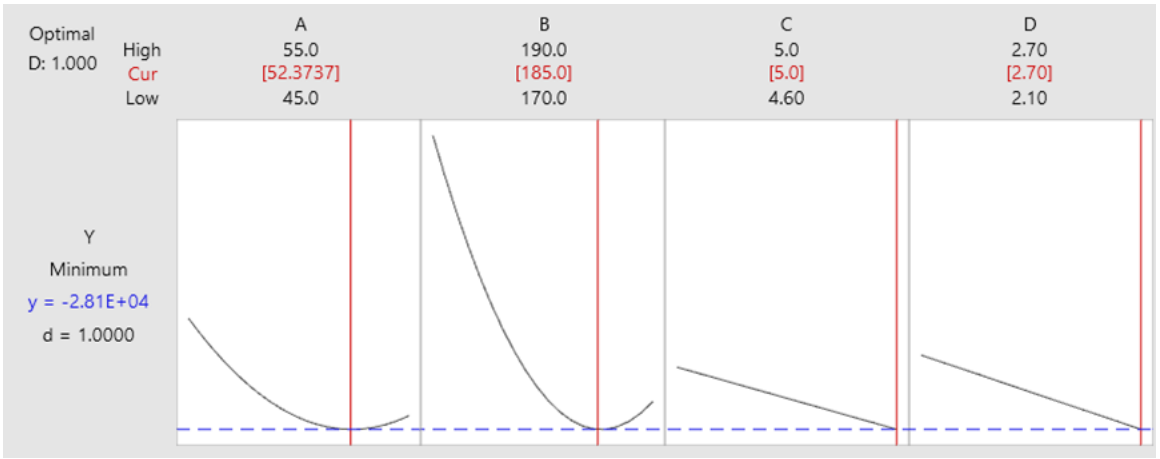
$$\hat{Y} = 15649086 - 66479\,A - 146619\,B - 49011\,C - 38990\,D + 634\,A^2 + 395.6\,B^2 \quad (1)$$

จากสมการถดถอยที่ได้สามารถวิเคราะห์ผลด้วยวิธีพื้นผิวตอบสนอง (Response surface methodology) โดยใช้ Response optimizer ในโปรแกรม Minitab เพื่อหาระดับปัจจัยที่เหมาะสมที่สุด ที่ทำให้ปริมาตรพลาสติกที่ฉีดไม่เต็มกระจกในกระบวนการผลิตเกิดขึ้นน้อยที่สุด ดังนั้นจึงกำหนดเป้าหมายค่า Y เป็น Minimize ได้ผลการวิเคราะห์แสดงดังรูปที่ 8



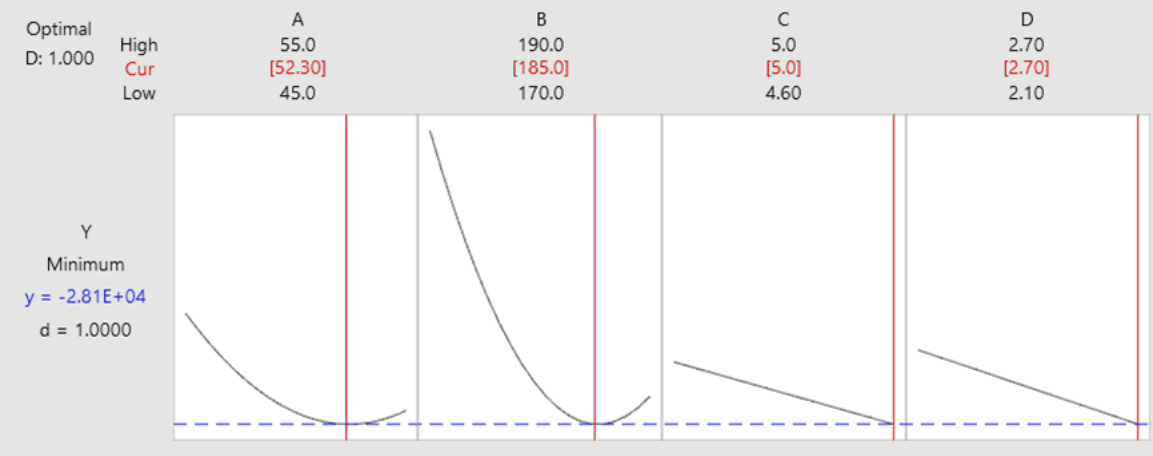
รูปที่ 8 พารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุด เมื่อกำหนดให้ค่าเป้าหมายน้อยที่สุด

จากรูปที่ 8 พบว่าค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดของแต่ละปัจจัยเพื่อให้ได้ปริมาตรพลาสติกที่ฉีดไม่เต็มกระจก มีค่าน้อยที่สุด คือ อุณหภูมิแม่พิมพ์ (A) เท่ากับ 52.3737 องศาเซลเซียส อุณหภูมิหัวฉีด (B) เท่ากับ 185.3535 องศาเซลเซียส แรงดันในการฉีดช่วงต้น (C) เท่ากับ 5.0 เมกะปาสคาล และแรงดันในการฉีดช่วงกลาง (D) เท่ากับ 2.7 เมกะปาสคาล แต่เนื่องจากในกระบวนการผลิตการปรับตั้งค่าเครื่องจักรของปัจจัย B ไม่สามารถปรับค่าที่มีทศนิยมได้ จึงกำหนดให้ระดับของปัจจัย B เท่ากับ 185 องศาเซลเซียส แล้วใช้ Response optimizer เพื่อหาระดับของปัจจัย A, C และ D ที่เหมาะสม ที่ทำให้ปริมาตรพลาสติกที่ฉีดไม่เต็มกระจกมีค่าน้อยที่สุด ได้ผลแสดงดังรูปที่ 9

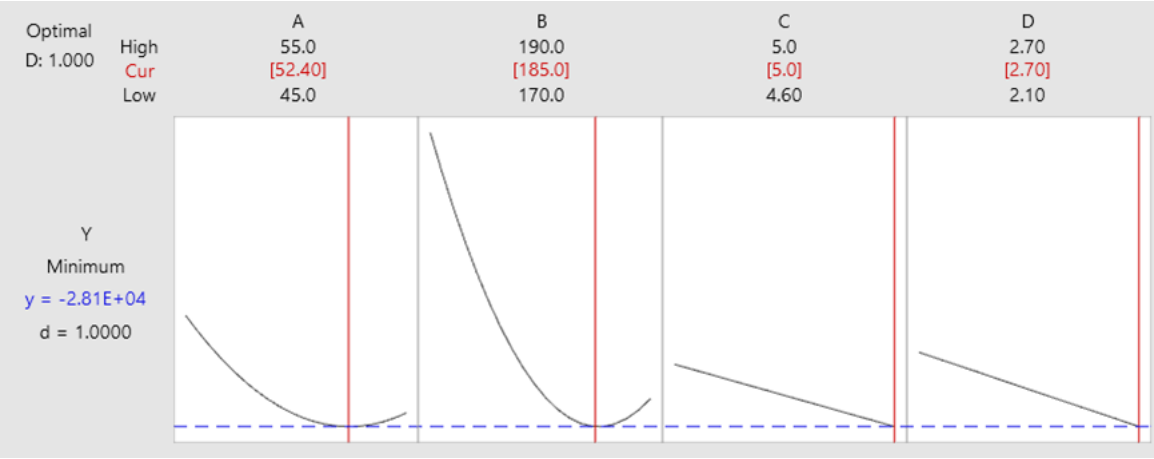


รูปที่ 9 พารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุด เมื่อกำหนดให้ระดับของปัจจัย B = 185

จากรูปที่ 9 พบว่าระดับของปัจจัยที่เหมาะสม เมื่อกำหนดให้ระดับของปัจจัย B เท่ากับ 185 องศาเซลเซียส คือ ปัจจัย A เท่ากับ 52.3737 องศาเซลเซียส ปัจจัย C เท่ากับ 5.0 เมกะปาสคาล และปัจจัย D เท่ากับ 2.7 เมกะปาสคาล เนื่องจากการตั้งค่าพารามิเตอร์ของปัจจัย A สามารถตั้งค่าได้เพียงทศนิยมหนึ่งตำแหน่ง จึงทำการหาสภาวะที่เหมาะสมของระดับปัจจัย A ระหว่างค่า 52.3 และ 52.4 องศาเซลเซียส โดยจะเลือกจากค่าที่ทำให้ค่าพยากรณ์ของ Y มีค่าน้อยสุด ซึ่งจะแสดงผลดังรูปที่ 10 และ รูปที่ 11



รูปที่ 10 พารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุด เมื่อกำหนดให้ A = 52.3 B = 185 C = 5.0 และ D = 2.7



รูปที่ 11 พารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุด เมื่อกำหนดให้ A = 52.4 B = 185 C = 5.0 และ D = 2.7

พารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดจากการตั้งค่าระดับของปัจจัยดังรูปที่ 10 และ รูปที่ 11 ไม่แตกต่างกัน ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกระดับของปัจจัยที่ทำให้ต้นทุนในการผลิตน้อยกว่า ได้แก่ อุณหภูมิแม่พิมพ์ (A) เท่ากับ 52.3 องศาเซลเซียส อุณหภูมิหัวฉีด (B) เท่ากับ 185 องศาเซลเซียส แรงดันในการฉีดช่วงต้น (C) เท่ากับ 5.0 เมกะปาสคาล และแรงดันในการฉีดช่วงกลาง (D) เท่ากับ 2.7 เมกะปาสคาล แสดงดังตารางที่ 3 โดยมีค่าพยากรณ์ปริมาตรพลาสติกที่ฉีดไม่เต็มกระจก เท่ากับ -2.81×10^{-4} ลูกบาศก์มิลลิเมตรต่อชิ้น ซึ่งคำนวณจากสมการที่ 1 โดยปริมาตรพลาสติกที่ฉีดไม่เต็มกระจกเฉลี่ย เท่ากับ 3374.70 ลูกบาศก์มิลลิเมตรต่อ

ชิ้น เมื่อทำการเปรียบเทียบปริมาตรพลาสติกที่ฉีดไม่เต็มกระจกก่อนปรับปรุง และหลังปรับปรุงพบว่าปริมาตรพลาสติกที่ฉีดไม่เต็มลดลงมากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 3 พารามิเตอร์ก่อนปรับปรุง และหลังปรับปรุง

ปัจจัย	พารามิเตอร์ก่อนปรับปรุง	พารามิเตอร์หลังปรับปรุง
A คือ อุณหภูมิแม่พิมพ์ (องศาเซลเซียส)	50 - 60	52.3
B คือ อุณหภูมิหัวฉีด (องศาเซลเซียส)	185 – 200	185
C คือ แรงดันในการฉีดช่วงต้น (เมกะปาสคาล)	5	5.0
D คือ แรงดันในการฉีดช่วงกลาง (เมกะปาสคาล)	2.5	2.7

เมื่อเปรียบเทียบอุณหภูมิแม่พิมพ์ก่อนปรับปรุง ใช้อยู่ในช่วง 50 ถึง 60 องศาเซลเซียส และหลังปรับปรุงได้ค่าที่เหมาะสมอยู่ที่ 52.3 องศาเซลเซียส อีกทั้งอุณหภูมิหัวฉีดก่อนปรับปรุง ใช้อยู่ในช่วง 185 ถึง 200 องศาเซลเซียส และหลังปรับปรุงได้ค่าที่เหมาะสมอยู่ที่ 185 องศาเซลเซียส จะส่งผลต้นทุนในการผลิตลดลง อย่างไรก็ตามหลังปรับปรุงมีการปรับเพิ่มแรงดันในการฉีดช่วงกลางจาก 2.5 เมกะปาสคาล เป็น 2.7 เมกะปาสคาล ซึ่งส่งผลให้ต้นทุนในการผลิตเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ดังนั้นในภาพรวมเมื่อใช้พารามิเตอร์หลังปรับปรุงจะทำให้ต้นทุนในการผลิตลดลง

บทสรุป

ในงานวิจัยนี้ทำการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อปริมาตรพลาสติกที่ฉีดไม่เต็มกระจก (Y) โดยทำการศึกษา 4 ปัจจัย ได้แก่ A คือ อุณหภูมิแม่พิมพ์ (องศาเซลเซียส) B คือ อุณหภูมิหัวฉีด (องศาเซลเซียส) C คือ แรงดันในการฉีดช่วงต้น (เมกะปาสคาล) และ D คือ แรงดันในการฉีดช่วงกลาง (เมกะปาสคาล)

ผู้วิจัยได้ออกแบบการทดลองด้วยวิธีส่วนประสมกลาง โดยแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 แฟคทอเรียลเต็มรูป 4 ปัจจัย ปัจจัยละ 2 ระดับ จำนวน 16 การทดลอง ส่วนที่ 2 จุดศูนย์กลาง (Center point) จำนวน 6 การทดลอง และ ส่วนที่ 3 จุดแกน (Axial point) จำนวน 8 การทดลอง โดยทำการทดลอง 1 ซ้ำ จำนวนการทดลองทั้งหมดเท่ากับ 31 การทดลอง แล้วนำผลการทดลองที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน โดยใช้โปรแกรม Minitab เวอร์ชัน 19 เพื่อหาปัจจัยที่มีผลต่อปริมาตรพลาสติกที่ฉีดไม่เต็มกระจก และใช้วิธีคัดเลือกตัวแปรอิสระเข้าสู่โมเดลแบบ Stepwise regression โดยมีระดับนัยสำคัญสำหรับการนำตัวแปรเข้า เท่ากับ 0.05 และระดับนัยสำคัญสำหรับการนำตัวแปรออก เท่ากับ 0.05 จากการวิเคราะห์ผลการทดลองพบว่าปัจจัยที่มีผลต่อปริมาตรพลาสติกที่ฉีดไม่เต็มกระจก คือ พจน์กำลังสองของอุณหภูมิแม่พิมพ์ (A^2) พจน์กำลังสองของอุณหภูมิหัวฉีด (B^2) แรงดันในการฉีดช่วงต้น (C) และแรงดันในการฉีดช่วงกลาง (D) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จากนั้นวิเคราะห์ผลด้วยวิธีพื้นผิวตอบสนอง พารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดที่ทำให้ปริมาตรพลาสติกที่ฉีดไม่เต็มกระจกมีค่าน้อยที่สุด ได้แก่ อุณหภูมิแม่พิมพ์ (A) เท่ากับ 52.3 องศาเซลเซียส อุณหภูมิหัวฉีด (B) เท่ากับ 185 องศาเซลเซียส แรงดันในการฉีดช่วงต้น (C) เท่ากับ 5.0 เมกะปาสคาล และแรงดันในการฉีดช่วงกลาง (D) เท่ากับ 2.7 เมกะปาสคาล

เอกสารอ้างอิง

ธีรวัฒน์ แสงกาศ, อดิเรก ชัยนวกุล, ศุภชัย อัครนรากุล, พิเชษฐ โควตระกูล และศุภสิทธิ์ มะโนเครื่อง. (2568). การแก้ไขปัญหาฉีดไม่เต็มด้วยการออกแบบชองระบายอากาศของแม่พิมพฉีดพลาสติกแก่วกาแฟจากวัสดุพลาสติกชีวภาพ. วารสารงานวิจัยด้านวิทยาศาสตร์สมัยใหม่ และการใช้ประโยชน์นวัตกรรมเทคโนโลยี. 18(2): 81-90.

ประไพศรี สุทัศน์ ณ อยุธยา และ พงศ์ชนัน เหลืองไพบูลย์. (2551). การออกแบบและวิเคราะห์การทดลอง. สำนักพิมพ์ท้อป: กรุงเทพฯ.

ปาพจนี ปาลกะวงศ์ ณ อยุธยา. (2561). การออกแบบการทดลองเพื่อลดของเสียในกระบวนการฉีดพลาสติกของชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร.

พัชระ กัญจนกาญจน์, จิตติวัฒน์ นิธิกาญจนธารม, วรรณนิศา นุชคุ้ม และนพพริษฐ์ วสันต์บ้งงิ้ม. (2567) การผสาน CAD/CAE และวิธีการทากูชิในการหาค่าพารามิเตอร์การฉีดขึ้นรูปพลาสติกพอลิโพรพิลีนในแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก 2 คาวิตี้ กรณีศึกษาพลาสติกกล่องดินสอ. วารสารวิศวกรรมศาสตรและนวัตกรรม. 17(3): 124-133.

สมเจตน์ พัชรพันธ์. (2552). ข้อบกพร่องในชิ้นงานพลาสติกที่ผ่านกระบวนการฉีดขึ้นรูป:สาเหตุและแนวทางการแก้ไข. วิศวกรรมสาร มก. 69(22): 91-104.

อดุลย์ จิตรอารี, ศรีไร จารุภิญโญ และระพี กาญจนะ. (2556). การออกแบบการทดลองเพื่อการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเสียรูปในการจำลองกระบวนการฉีดชิ้นส่วนพลาสติก ABS. วารสารสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น. 1(2): 68-73.

อิทธิ ฐานานุกรม. (2560). การออกแบบและวิเคราะห์การทดลองด้วยคอมพิวเตอร์เพื่อกำหนดเงื่อนไขที่ดีที่สุดของการฉีดขึ้นรูปพลาสติก. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Aribowo M.S., and Dani A. (2023). The Effect of Holding Pressure and Inject Pressure to Short Shot Defect in Injection Molding Cover Pot. Journal of Engineering Design and Technology. 23(2): 147-154.

Cleary P.W., Ha J., Prakash M. and Nguyen T. (2010). Short shots and industrial case studies: understanding fluid flow and solidification in high pressure die casting. Applied Mathematical Modelling. 34(8): 2018-2033.

Montgomery D.C. (2019). Design and Analysis of Experiments, 10th Edition. John Wiley and Sons: NJ.

การเปรียบเทียบแผนการสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับกับแผนการสุ่มตัวอย่างตามมาตรฐาน กรณีศึกษาของบริษัทผลิตแหล่งจ่ายไฟ

Comparison of Acceptance Sampling Plans A Case Study of Power Supply Unit Manufacturer

ผ่องพรรณ วันนา[1*] ประไพศรี สุทัศน ณ อยุธยา[1*] และสุดารัตน์ วงศ์วีระเกียรติ[1*]
Phongpan Wanna[1*], Prapaisri Sudasna Na Ayudthya[1*] and Sudaratana Wongweragiat[1*]

[1]คณะวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จังหวัดกรุงเทพมหานคร*
[*]Corresponding Author E-mail Address : wannaphong5@gmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษาวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแผนการสุ่มตัวอย่างที่ใช้ในโรงงานกรณีศึกษาผลิตแหล่งจ่ายไฟ กับแผนการสุ่มตัวอย่างตามมาตรฐาน ANSI Z 1.4 ทั้งแบบเชิงเดี่ยว และ เชิงคู่ พร้อมทั้งเลือกแผนการสุ่มตัวอย่างที่เหมาะสมสำหรับกระบวนการตรวจสอบคุณภาพหลังการประกอบเคส เพื่อลดการหลุดรอดของผลิตภัณฑ์ที่มีจุดบกพร่องไปยังกระบวนการตรวจสอบสุดท้าย วิธีการศึกษาดำเนินการโดยเปรียบเทียบผลการสุ่มตรวจผลิตภัณฑ์โมเดล P40X0 ผ่านผู้ตรวจสอบ 2 กลุ่มที่มีประสบการณ์ต่างกัน คือ น้อยกว่า 5 ปี และ มากกว่า 15 ปี โดยกำหนดค่าขีดจำกัดคุณภาพที่ยอมรับได้ ที่ 0.4 เปอร์เซนต์ และ ระดับคุณภาพที่ผู้บริโภคยอมรับไม่ได้ ที่ 5 เปอร์เซ็นต์ เครื่องมือที่ใช้ในการประเมินประกอบด้วย ค่าความเสี่ยงของผู้ผลิต และ ผู้บริโภค ขีดจำกัดคุณภาพจ่ายออกเฉลี่ย จำนวนตัวอย่างเฉลี่ย และจำนวนตรวจพินิจรวมเฉลี่ย ผลการวิจัยพบว่า แผนการสุ่มตัวอย่างเชิงคู่มีประสิทธิภาพในการลดอัตราการตัดสินลอตผิดพลาด และ ลดจำนวนผลิตภัณฑ์บกพร่องที่หลุดรอดได้ดีกว่าแผนการสุ่มตัวอย่างเชิงเดี่ยวสำหรับพนักงานทั้งสองกลุ่ม โดยให้ค่าขีดจำกัดคุณภาพจ่ายออกเฉลี่ยที่ต่ำกว่า (0.0081 เทียบกับ 0.0113) อย่างไรก็ตาม แผนการสุ่มตัวอย่างเชิงเดี่ยวมีค่าจำนวนตัวอย่างเฉลี่ย และ จำนวนตรวจพินิจรวมเฉลี่ยต่ำกว่าในภาพรวม การศึกษาจึงเสนอแนะให้ใช้แผนการสุ่มตัวอย่างเชิงคู่กับสินค้าสำคัญสูงเพื่อความปลอดภัยของผู้บริโภค และ ใช้แผนเชิงเดี่ยวกับสินค้าทั่วไปเพื่อความประหยัดด้านทรัพยากรตรวจสอบ

คำสำคัญ: การสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับ มาตรฐานการสุ่มตัวอย่าง ANSI Z 1.4 แหล่งจ่ายไฟ การสุ่มตัวอย่างเชิงเดี่ยว และเชิงคู่ สมรรถนะด้านคุณภาพ

Abstract

This research aims to compare the effectiveness of current acceptance sampling plans used in a power supply unit (PSU) manufacturing case study against the ANSI Z 1.4 standard, utilizing both Single and Double Sampling plans. The primary objective is to select the most appropriate sampling plan for the In-Process Quality Control (IPQC) [1] at the Case Assembly stage to minimize the escape of defective products to the Final Inspection process. The methodology involved a comparative study of inspection results for the P40X0 PSU model conducted by two groups of inspectors with different experience levels: those with less than 5 years and those with over 15 years of experience. The inspection parameters were set at an Acceptable Quality Level (AQL) of 0.4 percent and a Lot Tolerance Percent Defective (LTPD) of 5%. Performance metrics evaluated included Producer’s Risk (α), Consumer’s Risk (β), Average Outgoing Quality Limit (AOQL), Average Sample Number (ASN), and Average Total Inspection (ATI).The research findings indicate that the Double Sampling plan is more effective in reducing lot decision failures (Type II Error) and the number of escaped defective units compared to the Single Sampling plan for both inspector groups. The Double Sampling plan achieved a lower AOQL (0.0081) compared to the Single Sampling plan (0.0113), indicating higher consumer protection. However, the Single Sampling plan exhibited lower overall ASN and ATI values, reflecting lower inspection resource requirements. Consequently, the study recommends implementing Double Sampling for critical products to enhance safety and quality assurance, while suggesting Single Sampling for general products to optimize operational cost-efficiency.

Keywords: Acceptance Sampling Plan, ANSI Z 1.4, Power Supply Unit, Single and Double Sampling, Quality Performance

บทนำ

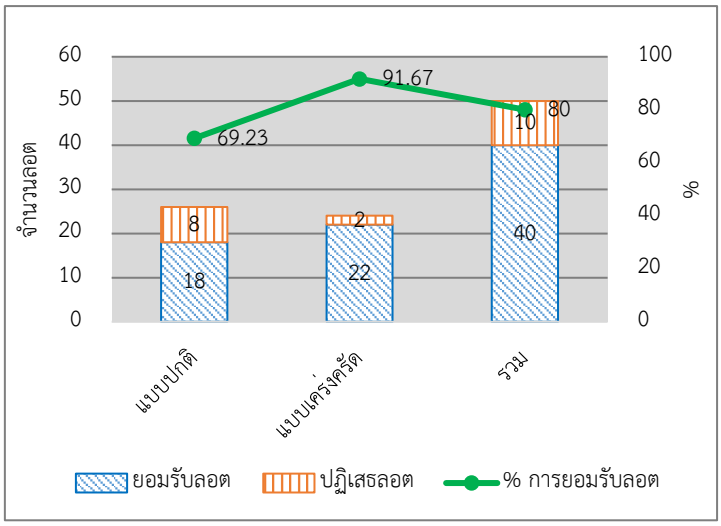
ในอุตสาหกรรมที่มีการแข่งขันสูง การควบคุมต้นทุนและคุณภาพสินค้าเป็นปัจจัยสำคัญในการดำเนินธุรกิจอย่างยั่งยืน บริษัทกรณีศึกษาพบว่ากระบวนการผลิต PSU มีปัจจัยผันแปรที่ทำให้เกิดของเสียและการแก้ไขงาน (Rework) ซึ่งส่งผลกระทบต่อต้นทุนและเป้าหมายคุณภาพของลูกค้า [2] งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นการปรับปรุงแผนการสุ่มตัวอย่างที่กระบวนการประกอบเคสก่อนส่งต่อไปยังกระบวนการตรวจสอบทางไฟฟ้า เพื่อลดจำนวนผลิตภัณฑ์ที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดหลุดรอดไปยังกระบวนการสุดท้าย (Final Inspection)

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

การวิเคราะห์หาสาเหตุและปัจจัย

จากการวิเคราะห์หาสาเหตุและปัจจัยที่ส่งผลต่อการหลุดรอดของผลิตภัณฑ์ที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดไปยังกระบวนการสุดท้าย พบว่าขั้นตอนการตรวจสอบคุณภาพโดยพนักงานตรวจสอบคุณภาพระหว่างกระบวนการ (In-process quality control: IPQC) ในส่วนงานประกอบเคสยังมีความเสี่ยงจากการตรวจสอบผลิตภัณฑ์ และ ตัดสินลอตผิดพลาดของพนักงานตรวจสอบคุณภาพ โดยเฉพาะความแตกต่างด้านประสบการณ์การตรวจสอบคุณภาพ ซึ่งส่งผลต่อความแม่นยำในการยอมรับหรือ ปฏิเสธลอตสินค้า จึงเล็งเห็นความจำเป็นในการนำแผนการสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับ ตามมาตรฐาน ANSI Z 1.4 มาประยุกต์ใช้เพื่อยกระดับมาตรฐานการตรวจสอบ

จากการเก็บข้อมูลระหว่างเดือนกันยายนถึงตุลาคม 2567 พบว่าโรงงานมีการสุ่มตรวจสอบทั้งหมด 50 ลอต ที่กระบวนการ Final Inspection โดยมีการยอมรับลอตเท่ากับ 80 เปอร์เซ็นต์ แสดงให้เห็นว่ายังพบปัญหาผลิตภัณฑ์บกพร่องหลุดรอดดังรูปที่ 1 ทำให้ต้องมีการตรวจสอบใหม่ (Re-screen) ทั้งลอต ส่งผลให้การส่งมอบล่าช้าและต้นทุนบรรจุภัณฑ์เพิ่มสูงขึ้น



รูปที่ 1 ผลการสุ่มตรวจสอบตัวอย่างของโรงงานกรณีศึกษาที่กระบวนการ Final Inspection

ข้อมูลสถิติระบุว่าจำนวน Rework ในช่วงเดือนมกราคม 2567 ถึงเมษายน 2568 อยู่ที่ประมาณ 0.18 - 0.30 เปอร์เซ็นต์แสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 จำนวนผลิตภัณฑ์ที่ต้องทำการ Rework ที่กระบวนการ Final Inspection

เดือน	ปี	จำนวนผลิตภัณฑ์ที่ต้องทำการ Rework ที่กระบวนการ Final Inspection	
		ตัว	เปอร์เซ็นต์
มกราคม	2567	26	0.20 %
กุมภาพันธ์	2567	28	0.22 %
มีนาคม	2567	30	0.22 %
เมษายน	2567	22	0.18 %
พฤษภาคม	2567	32	0.25 %
มิถุนายน	2567	39	0.28 %
กรกฎาคม	2567	40	0.28 %
สิงหาคม	2567	45	0.30 %
กันยายน	2567	40	0.27 %
ตุลาคม	2567	35	0.23 %
พฤศจิกายน	2567	37	0.25 %
ธันวาคม	2567	31	0.24 %
มกราคม	2568	38	0.25 %
กุมภาพันธ์	2568	40	0.26 %
มีนาคม	2568	33	0.22 %
เมษายน	2568	35	0.23 %

ที่มา: บริษัทกรณีศึกษา (2568)

การออกแบบการทดลอง

ผู้วิจัยเปรียบเทียบแผนการสุ่มตัวอย่าง 2 รูปแบบ ภายใต้มาตรฐาน ANSI Z 1.4 ที่ระดับ AQL 0.4% [3] โดยประกอบด้วย

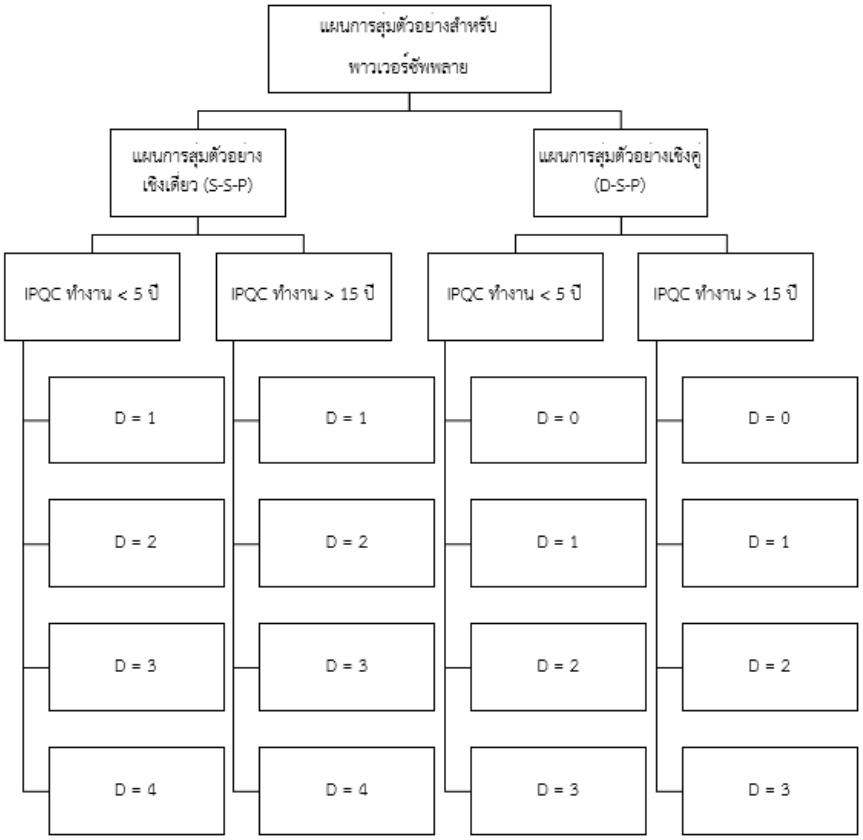
3.1 แผนการสุ่มตัวอย่างเชิงเดี่ยว (Single Sampling Plan) ใช้ขนาดตัวอย่าง (n) เท่ากับ 32 ยูนิต สำหรับเกณฑ์ตัดสิน คือ ยอมรับเมื่อพบของเสีย (Ac) เท่ากับ 0 [4]

3.2 แผนการสุ่มตัวอย่างเชิงคู่ (Double Sampling Plan) ใช้ขนาดตัวอย่าง n_1 เท่ากับ 80 ยูนิต และ n_2 เท่ากับ 80 ยูนิต ทั้งนี้เนื่องจากขนาดรุ่น (N) คือ 500 ยูนิต จะได้รหัสอักษรขนาดตัวอย่างของการตรวจสอบระดับทั่วไป Level II คือ H ตามตารางที่ 4 ดังนั้นสำหรับแผนการสุ่มตัวอย่างเชิงคู่ที่ AQL 0.4 เปอร์เซนต์ ตามตารางภาคผนวกที่ 6 จะได้ขนาดตัวอย่างการสุ่มครั้งที่หนึ่ง (n1) และ ครั้งที่สอง (n2) เท่ากับ 80 ยูนิตทั้งสองครั้ง มีที่มาจาก AQL 0.4 เปอร์เซนต์ ที่รหัสอักษร H เป็นลูกศรชี้ขึ้นไปหา * ซึ่งมีความหมายว่า ใช้แผนการชักตัวอย่างตัวอย่างเชิงเดี่ยวที่สมนัยกัน หรือ การใช้แผนการชักตัวอย่างเชิงคู่ด้านล่าง (ถ้ามี) การทดลองนี้แผนการชักตัวอย่างเชิงคู่ด้านล่างจึงได้ ขนาดตัวอย่างที่ตรงกับรหัสอักษร K ที่ C1 เท่ากับ 0 และ C2 เท่ากับ 2 สำหรับเกณฑ์ตัดสินมีดังนี้

การสุ่มครั้งที่หนึ่ง Ac_1 เท่ากับ 0 และ Re_1 เท่ากับ 2

การสุ่มครั้งที่สอง Ac_2 เท่ากับ 1 และ Re_2 เท่ากับ 2

การทดลองใช้พนักงานตรวจสอบคุณภาพ 2 กลุ่ม แบ่งตามประสบการณ์การทำงานคือ มากกว่า 15 ปี และน้อยกว่า 5 ปี โดยแต่ละคนจะทำการทดลองซ้ำ 10 ครั้งต่อแผนการสุ่มดังแสดงในรูปที่ 2 เพื่อประเมินความสามารถในการตัดสินใจภายใต้แผนการสุ่มที่ต่างกัน

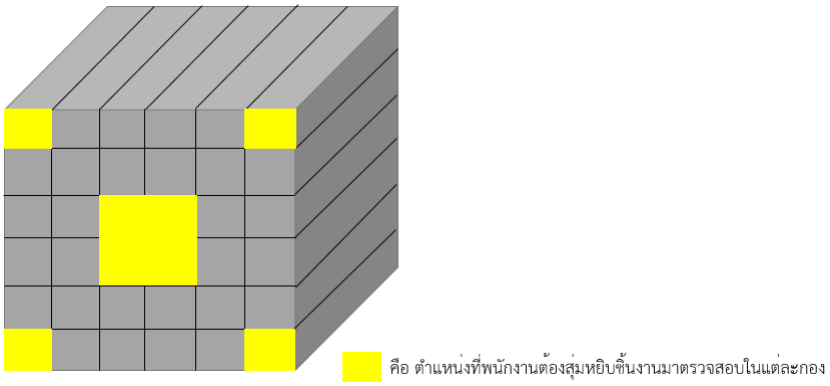


รูปที่ 2 แผนการสุ่มตัวอย่าง และ จำนวนชิ้นงานบกพร่องที่ใช้สำหรับแผนการทดลอง

การทำการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล

การดำเนินการทดลองเพื่อเปรียบเทียบแผนการสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับ เริ่มต้นที่ชิ้นงานทดสอบพาวเวอร์ซัพพลายโมเดล P40X0 ขนาดลอต500 ยูนิตที่กระบวนการประกอบเคส โดยการทดลองแบ่งออกเป็น 2 แผนหลัก คือ แผนการสุ่มตัวอย่างเชิงเดี่ยวที่ใช้ขนาดตัวอย่าง 32 ยูนิต และ แผนการสุ่มตัวอย่างเชิงคู่ที่ใช้ขนาดตัวอย่างครั้งละ 80 ยูนิต โดยกำหนดระดับคุณภาพที่ยอมรับได้ (AQL) ไว้ที่ 0.4% ในการทดลองได้คัดเลือกพนักงาน IPQC 2 กลุ่มที่มีประสบการณ์ต่างกัน คือ กลุ่มอายุงานมากกว่า 15 ปี และกลุ่มอายุงานน้อยกว่า 5 ปี มาทำการตรวจสอบซ้ำกลุ่มละ 10 ครั้งต่อแผนการสุ่ม ผู้วิจัยได้ใช้วิธีการใส่ชิ้นงานบกพร่องแบบไม่ซ้ำตำแหน่งดังรูปที่ 3 เพื่อให้พนักงานมีโอกาสสุ่มหยิบขึ้นมาตรวจสอบจริงตามที่กำหนดไว้ในมาตรฐานการปฏิบัติงาน จากนั้นจึงรวบรวมข้อมูลการตัดสินใจและผลของจำนวนผลิตภัณฑ์บกพร่องที่หลุดรอดไป เพื่อนำมาคำนวณเปรียบเทียบสมรรถนะผ่านค่าทางสถิติต่าง ๆ เช่น ความเสี่ยงของผู้ผลิต (α) ความเสี่ยงของผู้บริโภค (β) ค่าขีดจำกัด

คุณภาพผ่านออกเฉลี่ย (AOQL) จำนวนตัวอย่างเฉลี่ย (ASN) และ จำนวนตรวจพินิจรวมเฉลี่ย (ATI) โดยใช้โปรแกรมไมโครซอฟต์เอกเซลล์เป็นเครื่องมือหลักในการวิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบผลลัพธ์ระหว่างแผนการสุ่มแบบเดิมกับแผนการสุ่มใหม่ตามมาตรฐาน ANSI Z 1.4



รูปที่ 3 ตำแหน่งที่พนักงานสุ่มหยิบชิ้นงานในแต่ละกอง

ผลการวิจัย

ผลการทดลองเปรียบเทียบแผนการสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับตามมาตรฐาน ANSI Z 1.4 ระหว่างแผนการสุ่มตัวอย่างเชิงเดี่ยว และ เชิงคู่ พบว่าแผนการสุ่มตัวอย่างเชิงคู่มีประสิทธิภาพในการลดความผิดพลาดในการตัดสินใจยอมรับลอตที่มีของเสียหลุดรอด (Type II Error) ได้ดีกว่าแผนการสุ่มตัวอย่างเชิงเดี่ยวอย่างเห็นได้ชัด โดยเฉพาะในกลุ่มพนักงานที่มีอายุงานน้อยกว่า 5 ปี ซึ่งมีอัตราการตัดสินลอตผิดพลาดลดลงจากร้อยละ 17.5 ในแผนเชิงเดี่ยวเหลือเพียงร้อยละ 10 ในแผนเชิงคู่ ขณะที่พนักงานที่มีอายุงานมากกว่า 15 ปี มีความผิดพลาดลดลงจากร้อยละ 10 เหลือร้อยละ 7.5 เช่นกันแต่จำนวนผลิตภัณฑ์บกพร่องที่หลุดรอดนั้นลดลงดังตารางที่ 2 ทั้งนี้มีอีกหนึ่งปัจจัยที่ทำให้แผนการสุ่มตัวอย่างเชิงคู่มีประสิทธิภาพในการลดความผิดพลาดได้มากกว่าแผนการสุ่มตัวอย่างเชิงเดี่ยว คือ ขนาดตัวอย่างของการทดลองแผนการสุ่มตัวอย่างเชิงคู่มากกว่าขนาดตัวอย่างของการทดลองแผนการสุ่มตัวอย่างเชิงเดี่ยว โดยมีที่มาจากเนื่องจากขนาดลอต (N) คือ 500 ยูนิต จะได้รหัสอักษรขนาดตัวอย่างของการตรวจสอบระดับทั่วไป Level II คือ H ตามตารางที่ 4 ดังนั้นสำหรับแผนการสุ่มตัวอย่างเชิงคู่ที่ AQL 0.4 เปอร์เซนต์ ตามตารางภาคผนวกที่ 6 จะได้ขนาดตัวอย่างการสุ่มครั้งที่หนึ่ง (n1) และ ครั้งที่สอง (n2) เท่ากับ 80 ยูนิตทั้งสองครั้ง มีที่มาจาก AQL 0.4 เปอร์เซ็นต์ ที่รหัสอักษร H เป็นลูกศรชี้ขึ้นไปหา * ซึ่งมีความหมายว่า ใช้แผนการชักตัวอย่างตัวอย่างเชิงเดี่ยวที่สมนัยกัน หรือ การใช้แผนการชักตัวอย่างเชิงคู่ด้านล่าง (ถ้ามี) การทดลองนี้แผนการชักตัวอย่างเชิงคู่ด้านล่างจึงได้ขนาดตัวอย่างที่ตรงกับรหัสอักษร K ที่ C1 เท่ากับ 0 และ C2 เท่ากับ 2

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบผลการสุ่มตรวจผลิตภัณฑ์ระหว่างแผนการสุ่มตัวอย่างเชิงเดี่ยว และ เชิงคู่

หัวข้อการเปรียบเทียบ	แผนการสุ่มเชิงเดี่ยว	แผนการสุ่มเชิงคู่	บทวิเคราะห์ / แนวโน้ม
จำนวนรุ่นที่ตัดสินผิดพลาด (Type II Error)			
- พนักงานประสบการณ์น้อย (< 5 ปี)	7 รุ่น (17.5%)	4 รุ่น (10%)	ลดลง อย่างเห็นได้ชัด
- พนักงานประสบการณ์สูง (> 15 ปี)	3 รุ่น (7.5%)	3 รุ่น (7.5%)	เท่าเดิม
จำนวนของเสียที่หลุดรอด (Defects Escaped)			
- พนักงานประสบการณ์น้อย (< 5 ปี)	18 ชิ้น (18%)	4 ชิ้น (6.67%)	ลดลงอย่างมาก
- พนักงานประสบการณ์สูง (> 15 ปี)	5 ชิ้น (5%)	3 ชิ้น (5%)	ลดลง
ความถูกต้องในการตัดสินใจรวม	พนักงานประสบการณ์สูงทำได้ดีกว่า PDF	พนักงานประสบการณ์สูงทำได้ดีกว่าเล็กน้อย PDF	แผนเชิงคู่ช่วยลดช่องว่างความผิดพลาดระหว่างพนักงานได้ดี

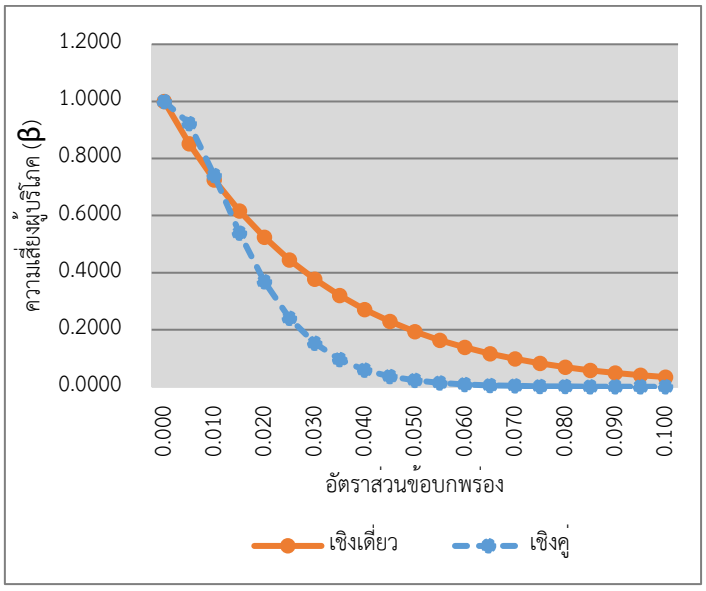
จากตารางที่ 2 พบว่าในระดับปฏิบัติการ พนักงานที่มีอายุงานมากกว่า 15 ปี มีความแม่นยำในการตัดสินใจยอมรับ หรือปฏิเสธลอตผลิตภัณฑ์สูงกว่าพนักงานใหม่ในทุกดัชนีชี้วัด

ในด้านสมรรถนะทางสถิติดังตารางที่ 3 แสดงให้เห็นว่าแผนการสุ่มตัวอย่างเชิงคู่ให้ค่าขีดจำกัดคุณภาพจ่ายออกเฉลี่ย (AOQL) ที่ร้อยละ 0.81 ซึ่งต่ำกว่าแผนการสุ่มตัวอย่างเชิงเดี่ยวที่ร้อยละ 1.13 แสดงให้เห็นถึงความสามารถในการป้องกันผลิตภัณฑ์บกพร่องหลุดรอดไปหาลูกค้าได้ดีกว่า นอกจากนี้เมื่อคำนวณค่าความเสี่ยงของผู้บริโภค (β) พบว่าแผนการสุ่มตัวอย่างเชิงคู่ให้ค่าความเสี่ยงที่ต่ำกว่าแผนการสุ่มตัวอย่างเชิงเดี่ยวเมื่อสัดส่วนข้อบกพร่องในลอตเพิ่มมากขึ้น อย่างไรก็ตาม ในด้านภาระงานพบว่าแผนการสุ่มตัวอย่างเชิงเดี่ยวมีจำนวนตัวอย่างเฉลี่ย (ASN) และจำนวนตรวจพินิจรวมเฉลี่ย (ATI) ต่ำกว่าในภาพรวม แต่แผนการสุ่มตัวอย่างเชิงคู่จะมีความยืดหยุ่นสูงกว่าหากลอตผลิตภัณฑ์มีคุณภาพดีมากหรือแย่มาก เนื่องจากสามารถตัดสินใจได้ทันทีตั้งแต่การสุ่มตรวจในครั้งแรก [4]

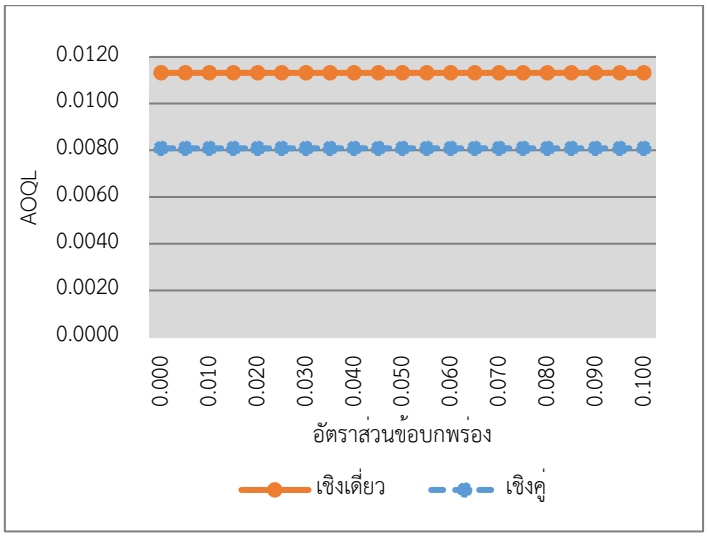
ตารางที่ 3 การเปรียบเทียบดัชนีวัดสมรรถนะระหว่างแผนการสุ่มตัวอย่างเชิงเดี่ยว และ เชิงคู่

Metrics	Single Sampling Plan (n=32)	Double Sampling Plan (n_1=80, n_2=80)
ความเสี่ยงของผู้บริโภค (β) ที่ระดับของเสีย 5%	0.1937	0.0225
ขีดจำกัดคุณภาพจ่ายออกเฉลี่ย (AOQL)	0.0113	0.0081
จำนวนตัวอย่างเฉลี่ย (ASN)	32	80 - 110
จำนวนตรวจพินิจรวมเฉลี่ย (ATI)	Low	High

สำหรับประสิทธิภาพในด้านคุณภาพ การใช้แผนการสุ่มตัวอย่างเชิงคู่ให้ค่าความเสี่ยงของผู้บริโภค (β) และ ค่าขีดจำกัดคุณภาพจ่ายออกเฉลี่ย (AOQL) ที่ต่ำกว่าแผนเชิงเดี่ยวอย่างชัดเจนดังรูปที่ 4 และ รูปที่ 5 ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีของ เพียรกิจ แดงประเสริฐ (2562) [5] ที่ระบุว่าแผนการสุ่มเชิงคู่มีความยืดหยุ่น และ ให้ความเชื่อมั่นสูงกว่าเมื่อพบระดับของเสียกำกึ่ง ผลการศึกษานี้พิสูจน์ให้เห็นว่าแผนเชิงคู่สามารถดักจับของเสียได้ดีกว่า ลดโอกาสที่ผลิตภัณฑ์บกพร่องจะหลุดไปยังกระบวนการ Final inspection



รูปที่ 4 กราฟเปรียบเทียบค่าความเสี่ยงของผู้บริโภค (β)



รูปที่ 5 กราฟเปรียบเทียบค่าขีดจำกัดคุณภาพจ่ายออกเฉลี่ย

ผลกระทบด้านประสบการณ์ และ นัยสำคัญทางสถิติแม้ในเชิงตัวเลขพนักงานที่มีประสบการณ์สูงจะทำงานได้แม่นยำกว่า แต่จากการทดสอบสมมติฐาน

H_0 (สมมติฐานหลัก): $p_1 = p_2$ (สัดส่วนความผิดพลาดของทั้งสองกลุ่มไม่แตกต่างกัน)

H_1 (สมมติฐานรอง): $p_1 \neq p_2$ (สัดส่วนความผิดพลาดของทั้งสองกลุ่มแตกต่างกัน)

คำนวณค่าสัดส่วนรวม (Pooled Proportion: $\bar{p}$) ได้ดังสมการที่ 1 และ คำนวณค่าสถิติทดสอบ (*Z-statistic)* โดยใช้สมการที่ 2

$$\bar{p} = \frac{x_1 + x_2}{n_1 + n_2} = \frac{4+3}{40+40} = 0.0875 \quad (1)$$

$$Z = \frac{(\hat{p}_1 - \hat{p}_2) - 0}{\sqrt{\bar{p}(1-\bar{p})(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2})}} \quad (2)$$

โดยที่ $\hat{p}_1 = 0.10$ และ $\hat{p}_2 = 0.075$

ด้วย Z-statistic เท่ากับ 0.3956 พบว่าค่า P-value เท่ากับ 0.692 ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 จึงยอมรับสมมติฐานหลัก (H0) ว่าสัดส่วนความผิดพลาดของพนักงานทั้งสองกลุ่มไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สิ่งนี้สะท้อนให้เห็นว่ามาตรฐานการปฏิบัติงาน (Work instruction) ของบริษัทกรณีศึกษามีความเข้มแข็งพอที่จะช่วยให้พนักงานใหม่ปฏิบัติงานได้ในระดับที่ใกล้เคียงกับพนักงานที่มีประสบการณ์การทำงานมากกว่า 15 ปี

อย่างไรก็ตามการตัดสินใจเลือกใช้แผนการสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับที่เหมาะสม ถือเป็นเครื่องมือเชิงกลยุทธ์ที่มีนัยสำคัญต่อทั้งความเชื่อมั่นของลูกค้าและภาระงานในสายการผลิต เมื่อพิจารณาในมิติของแผนการสุ่มตัวอย่างเชิงคู่ (Double Sampling Plan)

จุดเด่นที่สำคัญที่สุดคือสมรรถนะที่ดีในการปกป้องคุณภาพที่ลูกค้า แผนประเภทนี้มีประสิทธิภาพในการลดสัดส่วนของเสียหลุดรอด (Escape) ไปยังกระบวนการถัดไป และสามารถลดความผิดพลาดในการตัดสินใจยอมรับลอตสินค้าที่มีของเสียปนเปื้อนมากเกินไป (Type II Error หรือความเสี่ยงของผู้บริโภค) ได้อย่างมีนัยสำคัญ ยิ่งไปกว่านั้น แผนเชิงคู่ยังส่งผลดีอย่างเด่นชัดเมื่อสัดส่วนของเสียในรุ่นการผลิตมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น โดยสามารถสะท้อนผ่านค่าขีดจำกัดคุณภาพจ่ายออกเฉลี่ย (Average Outgoing Quality Limit: AOQL) ที่ต่ำกว่าแผนเชิงเดี่ยวอย่างเห็นได้ชัด (0.81% เทียบกับ 1.13%) ตัวเลขนี้เป็นดัชนีชี้วัดว่าแผนเชิงคู่ให้ความปลอดภัยและสร้างหลักประกันด้านคุณภาพแก่ลูกค้าได้สูงกว่า นอกเหนือจากความแม่นยำทางสถิติแล้ว แผนเชิงคู่ยังมีความยืดหยุ่นสูงในทางปฏิบัติ หากลอตสินค้าที่ส่งเข้ามาตรวจสอบมีคุณภาพในเกณฑ์ที่ "ดีมาก" หรือ "แย่มาก" ระบบสถิติจะสามารถตัดสินใจยอมรับหรือปฏิเสธลอตสินค้าได้ทันทีตั้งแต่การสุ่มชิ้นงานในครั้งแรก ซึ่งช่วยลดขั้นตอนได้อย่างรวดเร็ว อย่างไรก็ตาม ประสิทธิภาพที่สูงขึ้นนี้จำเป็นต้องแลกมาด้วยข้อจำกัดด้านทรัพยากร เนื่องจากแผนเชิงคู่มีภาระงานและค่าใช้จ่ายตรวจสอบโดยรวมสูงกว่า มีค่าจำนวนตัวอย่างเฉลี่ย (ASN) และจำนวนตรวจพินิจรวมเฉลี่ย (ATI) ที่สูงกว่าในภาพรวมเนื่องจากขนาดตัวอย่างรวมทั้งสองครั้งมีขนาดใหญ่ แผนนี้จึงมีความเหมาะสมอย่างยิ่งสำหรับองค์กรที่ให้ความสำคัญกับความปลอดภัยของลูกค้าสูงสุดและต้องการระบบควบคุมคุณภาพปลายทางที่เข้มงวดเป็นพิเศษ

ในทางตรงกันข้าม แผนการสุ่มตัวอย่างเชิงเดี่ยว (Single Sampling Plan) มุ่งเน้นไปที่ความคุ้มค่าเชิงปฏิบัติ จุดเด่นที่ชัดเจนของแผนเชิงเดี่ยวคือ ความสามารถในการประหยัดทรัพยากรและลดภาระงานของเจ้าหน้าที่ตรวจสอบ เนื่องจากมีค่าเฉลี่ยชิ้นงานที่ต้องตรวจสอบ (ASN) และจำนวนตรวจพินิจรวมเฉลี่ย (ATI) ต่ำกว่าแผนเชิงคู่ในภาพรวมอย่างชัดเจน นอกจากนี้ในมุมมองของภาคการผลิต แผนเชิงเดี่ยวจะให้ค่าความเสี่ยงของผู้ผลิต (Producer's Risk) ที่ต่ำกว่าเมื่อเผชิญกับสถานการณ์ที่พบของเสียจำนวนมาก ซึ่งช่วยลดโอกาสที่ลอตสินค้าที่ดีจะถูกปฏิเสธหรือตีกลับโดยผิดพลาด ส่งผลให้กระบวนการทำงานหน้างานมีความเรียบง่าย ไม่ซับซ้อน สามารถควบคุมต้นทุนด้านเวลาและแรงงานให้คงที่และคาดการณ์ได้ง่าย แผนการสุ่มตัวอย่างเชิงเดี่ยวจึงตอบโจทย์และมีความเหมาะสมสำหรับกระบวนการผลิตที่มีความเสถียรสูง (High Stability Process) รวมถึงองค์กรที่ต้องการเน้นความสะดวกในการบริหารจัดการเพื่อควบคุมต้นทุนเชิงระบบ

การอภิปรายผล

เพื่อยืนยันผลการทดลองเปรียบเทียบแผนการสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับตามมาตรฐาน ANSI Z 1.4 สำหรับกระบวนการผลิตแหล่งจ่ายไฟพบว่า แผนการสุ่มตัวอย่างเชิงคู่มีประสิทธิภาพในการลดความผิดพลาดและของเสียหลุดรอดได้เหนือกว่าแผนการสุ่มตัวอย่างเชิงเดี่ยวอย่างมีนัยสำคัญ โดยสามารถลดอัตราการตัดสินลอตผิดพลาดหรือ Type II Error ได้อย่างชัดเจน โดยเฉพาะในกลุ่มพนักงานที่มีประสบการณ์น้อยซึ่งมีอัตราความผิดพลาดลดลงจากร้อยละ 17.5 เหลือเพียงร้อยละ 10 อีกทั้งยังช่วยลดจำนวนผลิตภัณฑ์บกพร่องที่หลุดรอดไปยังกระบวนการตรวจสอบสุดท้ายสำหรับพนักงานทุกกลุ่ม ในด้านสมรรถนะทางสถิติ ผลการคำนวณดังสมการที่ 3

$$AOQ = P_a P \frac{(N-n)}{N} \quad (3)$$

โดยที่ค่า AOQ จะถูกแปรตามสัดส่วนผลิตภัณฑ์ที่มีของบกพร่อง p ซึ่งค่า AOQL คือ ค่าสูงสุดของ AOQ ที่มีความหมายว่าไม่ว่าลอตจะมีสัดส่วนของผลิตภัณฑ์ที่มีข้อบกพร่องเท่าใด แต่การปรับปรุงคุณภาพด้วยการแทนที่ผลิตภัณฑ์ที่มีข้อบกพร่องด้วยชิ้นส่วนที่ดีภายหลังการตรวจสอบ ลอตที่ผ่านการตรวจสอบจะมีสัดส่วนของผลิตภัณฑ์ที่มีข้อบกพร่องไม่เกินค่า AOQL

จากการคำนวณยืนยันว่าแผนการสุ่มเชิงคู่มีค่าขีดจำกัดคุณภาพจ่ายออกเฉลี่ย (AOQL) ที่ 0.0081 ซึ่งต่ำกว่าแผนเชิงเดี่ยวที่มีค่า 0.0113 หมายความว่าโอกาสที่ผลิตภัณฑ์บกพร่องจะหลุดรอดไปถึงมือลูกค้านั้นมีน้อยกว่า นอกจากนี้เมื่อสัดส่วนข้อบกพร่องในลอตเพิ่มมากขึ้น แผนการสุ่มเชิงคู่ยังให้ค่าความเสี่ยงของผู้บริโภคที่ต่ำกว่าแผนเชิงเดี่ยว

สำหรับการวิเคราะห์ด้านทรัพยากรและทักษะพนักงานพบว่า ระบบมาตรฐานการปฏิบัติงานที่ชัดเจนช่วยลดช่องว่างด้านทักษะระหว่างบุคคลทำให้สัดส่วนความผิดพลาดในการตัดสินลอตของพนักงานทั้งสองกลุ่มไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แม้ว่าแผนการสุ่มเชิงเดี่ยวจะมีจำนวนตัวอย่างเฉลี่ยที่ต่ำกว่าในภาพรวม แต่แผนการสุ่มเชิงคู่มีความยืดหยุ่นสูงกว่าในกรณีที่สินค้ามีคุณภาพดีมากหรือแย่มาก เนื่องจากสามารถตัดสินใจได้ทันทีตั้งแต่การสุ่มตรวจครั้งแรก ผลการทดลองจึงยืนยันให้โรงงานกรณีศึกษาควรพิจารณาเลือกใช้แผนการสุ่มตัวอย่างเชิงคู่สำหรับสินค้าที่มีความสำคัญสูงและนำระบบกฎการสับเปลี่ยนมาใช้ร่วมด้วยเพื่อประสิทธิภาพสูงสุด

บทสรุป

แผนการสุ่มตัวอย่างเชิงคู่มีประสิทธิภาพโดดเด่นในการลดความผิดพลาดประเภทที่ 2 (Type II Error) หรือการยอมรับลอตที่มีของเสียได้ โดยเฉพาะในกลุ่มพนักงานที่มีประสบการณ์น้อยซึ่งมีอัตราความผิดพลาดลดลงจากร้อยละ 17.5 เหลือเพียงร้อยละ 10

ในด้านสมรรถนะทางสถิติ แผนเชิงคู่การสุ่มตัวอย่างให้ค่าขีดจำกัดคุณภาพจ่ายออกเฉลี่ย (AOQL) ที่ร้อยละ 0.81 ซึ่งต่ำกว่าแผนเชิงเดี่ยวที่ร้อยละ 1.13 สะท้อนถึงความสามารถในการป้องกันของเสียไปสู่ลูกค้าได้ดีกว่า แม้ว่าแผนเชิงคู่จะมีจำนวนตัวอย่างที่ต้องตรวจสอบโดยเฉลี่ยสูงกว่าในบางสภาวะ แต่มีความยืดหยุ่นและให้ความเชื่อมั่นสูงกว่าสำหรับผลิตภัณฑ์ที่มีความสำคัญ งานวิจัยจึงเสนอแนะให้โรงงานพิจารณาใช้แผนการสุ่มตัวอย่างเชิงคู่ร่วมกับกฎการสับเปลี่ยนระดับความเข้มงวด (Switching Rules) [6] เพื่อประสิทธิภาพและความคุ้มค่าสูงสุดในการควบคุมคุณภาพ [7] ทั้งนี้มีอีกหนึ่งปัจจัยที่ทำให้แผนการสุ่มตัวอย่างเชิงคู่มีประสิทธิภาพในการลดความผิดพลาดได้มากกว่าแผนการสุ่มตัวอย่างเชิงเดี่ยว คือ ขนาดตัวอย่างของการทดลองแผนการสุ่มตัวอย่างเชิงคู่ที่เลือกใช้มากกว่าการทดลองแผนการสุ่มตัวอย่างเชิงเดี่ยวในขณะที่ขนาดลอต 500 ยูนิตเท่ากัน

เอกสารอ้างอิง

ไพฑูรย์ ฮ้อยิ่ง. (2542). แผนการชักสิ่งตัวอย่างเชิงคุณลักษณะแบบเชิงเดี่ยว และ เชิงคู่กำหนดโดย ค่า AQL และ ATI (Lot for Lot). วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เพียรกิจ แดงประเสริฐ. (2562). แผนการชักสิ่งตัวอย่างเพื่อการยอมรับแบบชั้นเดียว. กลุ่มวิชาเภสัชอุตสาหกรรม วิทยาลัยเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต.

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2554). วิธีการชักตัวอย่างเพื่อการตรวจสอบลักษณะเชิงคุณภาพ. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม, กรุงเทพมหานคร

Chiarini A. and M. Kumar. (2022). What is Quality 4.0? An exploratory sequential mixed methods study of Italian manufacturing companies. INTERNATIONAL JOURNAL OF PRODUCTION RESEARCH 60: DOI: 10.1080/00207543.2021.1942285. 22 Pages.

Deming, W.E. (1982). Quality productivity and competitive position. Center for Advance Engineering, Massachusetts Institute of Technology.

Feigenbaum, A.V. (1983). Total Quality Control. McGraw-Hill.

Ishikawa, K. (1985). How to operate QC Circle activities. Union of Japanese Scientists and Engineers.

การพัฒนาการบำรุงรักษาเชิงพยากรณ์สำหรับเครื่องทำความเย็นด้วยการวิเคราะห์ข้อมูลจากการตรวจวัดด้วยเซ็นเซอร์: กรณีศึกษา อาคารสำนักงานการท่าเรือแห่งประเทศไทย

Development of predictive maintenance for refrigeration units with the data analysis from sensor measurements: A case study of Port Authority of Thailand office building

นิธิวัฒน์ นาคสกุล[1*] จักรพันธ์ อร่ามพงษ์พันธ์[2*] และกฤษ วงษ์เกษม[2]

Nitiwat Naksakul[1*], Chuckaphun Aramphongphun[2*] and Kris Wonggasem[2]

[1] สาขาวิชาการจัดการวิศวกรรม ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

[1] Graduate Program in Engineering Management, Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Kasetsart University

[1] Corresponding Author E-mail Address: Nitiwat.nak@gmail.com*

[2] ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

[2] Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Kasetsart University

[2]Corresponding Author E-mail Address: Chuckaphun.a@ku.th*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจของการบำรุงรักษาเชิงพยากรณ์ สำหรับเครื่องทำความเย็นขนาด 358 tons ของการท่าเรือแห่งประเทศไทย โดยใช้การบูรณาการระหว่างตัวชี้วัดประสิทธิภาพทางวิศวกรรม และมิติทางเศรษฐศาสตร์ วิธีการดำเนินงานเริ่มต้นจากการจัดการข้อมูลจากเซ็นเซอร์ และการประยุกต์ใช้สมการตามมาตรฐาน ASHRAE เพื่อสร้างเซ็นเซอร์เสมือน ตามด้วยการจัดกลุ่มสภาวะการทำงานด้วยวิธี K-means ซึ่งปรับปรุงความแม่นยำด้วยดัชนี Davies-Bouldin (DB) และ Calinski-Harabasz (CH) จากนั้นได้สร้างแบบจำลองฐานร่วมกับการกำหนดช่วงความเชื่อมั่น เพื่อเป็นเกณฑ์ในการตรวจจับความผิดปกติ โดยพิจารณาจากความหนาแน่นของข้อมูลจริงที่ปรากฏอยู่นอกขอบเขตความเชื่อมั่นอย่างต่อเนื่อง ซึ่งบ่งชี้ถึงสภาวะความเสื่อมสภาพของเครื่องจักรที่แท้จริง ผลจากการวิจัยพบว่า ระบบสามารถแยกแยะความเสื่อมสภาพของเครื่องจักรออกจากสัญญาณรบกวนของข้อมูลได้ และการพยากรณ์ล่วงหน้า 480 ตัวอย่างของค่าความเบี่ยงเบนประสิทธิภาพ (%Deviation) ที่ค่าความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์เฉลี่ย 1.2979% และค่าประสิทธิภาพการใช้พลังงาน (ACPV) ที่ค่าความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์เฉลี่ย 0.019 kW/TON ช่วยให้สามารถระบุแนวโน้มการเสื่อมสภาพของเครื่องจักรล่วงหน้า และนำไปสู่การคำนวณจุดวิกฤตทางการเงิน ซึ่งเป็นจุดที่มูลค่าความสูญเสียพลังงานสะสมสูงกว่างบประมาณบำรุงรักษา ทำให้ผู้ดูแลระบบสามารถวางแผนการจัดจ้างบำรุงรักษาล่วงหน้า และยกระดับประสิทธิภาพการใช้พลังงานได้อย่างยั่งยืน

คำสำคัญ: การบำรุงรักษาเชิงพยากรณ์, เครื่องทำความเย็น, การจัดกลุ่มข้อมูลด้วยวิธี K-means

Abstract

This research aims to develop a prognostic maintenance decision support system for a 358-ton chiller at the Port Authority of Thailand by integrating engineering performance indicators with financial dimensions. The methodology initiates with sensor data management and the application of equations compliant with ASHRAE standards to construct virtual sensors. Operating states are subsequently categorized using K-means clustering, optimized via the Davies-Bouldin (DB) and Calinski-Harabasz (CH) indices. A baseline model embedded with confidence intervals is then established to serve as an anomaly detection threshold, analyzing the density of actual data continuously falling outside the confidence bounds, which signifies genuine equipment degradation. The results demonstrate that the system effectively distinguishes machine degradation from data noise. Furthermore, forecasting 480 samples ahead yields a mean absolute error of 1.2979% for the performance deviation percentage (%Deviation) and 0.019 kW/TON for the Accumulated Condition Performance Value (ACPV). This prognostic capability enables preemptive identification of degradation trends, leading to the determination of the financial critical point—the precise threshold where cumulative energy loss exceeds the allocated maintenance budget. Consequently, administrators can proactively plan maintenance procurement and sustainably enhance energy efficiency.

Keywords: Predictive Maintenance, Chillers, Data Clustering with K-Means Method

บทนำ

ในแต่ละปี การท่าเรือแห่งประเทศไทยต้องดำเนินการจัดทำรายงานการจัดการพลังงานตาม พ.ร.บ. การส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 (แก้ไขเพิ่มเติม) พ.ศ. 2550 ระบุให้โรงงานควบคุม และอาคารควบคุมต้องดำเนินการตามวิธีการจัดการพลังงาน รวมทั้งแนบผลการตรวจสอบและรับรองจากทีมงานผู้ตรวจสอบพลังงานภายนอกที่ขึ้นทะเบียนกับกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) ให้แก่อธิบดีกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานภายในเดือนมีนาคมของทุกปี โดยกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) กระทรวงพลังงาน ได้เล็งเห็น ถึงประโยชน์ของการจัดการพลังงานที่จะเกิดขึ้นกับองค์กร กล่าวคือ จะทำให้องค์กรสามารถใช้ประโยชน์จากการเก็บรวบรวมข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน ระบบแสงสว่าง และอื่น ๆ มาวิเคราะห์ เพื่อบริหารจัดการ การใช้พลังงานอย่างให้ประสิทธิภาพ เป็นรูปธรรม และเป็นไปอย่างต่อเนื่อง ปัจจุบันการรักษาสิ่งแวดล้อมและการประหยัดพลังงานกลายเป็นเรื่องสำคัญต่อการพัฒนาที่ยั่งยืน ระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์ได้รับความสนใจอย่างมาก โดยเฉพาะในอาคารขนาดใหญ่ที่ต้องการการควบคุมอุณหภูมิและคุณภาพอากาศอย่างมีประสิทธิภาพ การนำหลักการตรวจวัดด้วยเซ็นเซอร์มาใช้ในการบำรุงรักษาเชิงพยากรณ์นั้น เป็นแนวทางที่ช่วยลดการใช้พลังงานได้อย่างมีประสิทธิผล งานวิจัยนี้จะนำเสนอหลักการตรวจวัดด้วยเซ็นเซอร์ในระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์ โดยเน้นไปที่การบำรุงรักษาเชิงพยากรณ์เพื่อการลดการใช้พลังงาน และสร้างความเข้าใจในการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีนี้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงาน และส่งเสริมการใช้พลังงานอย่างยั่งยืนในองค์กร

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

อุปกรณ์

การศึกษาการพัฒนาการบำรุงรักษาเชิงพยากรณ์ของเครื่องทำความเย็นด้วยการวิเคราะห์ข้อมูลจากการตรวจวัดด้วยเซ็นเซอร์ มีอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัยมีดังต่อไปนี้

1. ฮาร์ดแวร์ (Hardware) ได้แก่ คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (Notebook)
2. ซอฟต์แวร์ (Software)
   2.1 โปรแกรมวิชวล สตูดิโอ โค้ด (Visual Studio Code)
3. ระบบเซ็นเซอร์ตรวจวัดค่าที่เกี่ยวข้อง

วิธีการ

1. จัดการข้อมูลจากเซ็นเซอร์ (Data Management)

ในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยดำเนินการรวบรวมข้อมูลย้อนหลังจากการทำงานจริงของเครื่องทำความเย็น โดยเริ่มจากการทำความสะอาดข้อมูล (Data Cleaning) เพื่อจัดการกับค่าที่ผิดปกติ (Outliers) ที่เกิดจากความไม่เสถียรของอุปกรณ์วัดผล จากนั้นได้ประยุกต์ใช้สมการมาตรฐานตามหลักวิศวกรรมของ ASHRAE เพื่อคำนวณ และสร้างเซ็นเซอร์เสมือน (Virtual Sensors) ในการประมาณค่าพารามิเตอร์ที่ไม่สามารถวัดได้โดยตรงจากหน้างาน เช่น อัตราการไหลของน้ำเย็น (Flow Rate) เพื่อให้ได้ชุดข้อมูลที่สมบูรณ์และพร้อมสำหรับการวิเคราะห์ในเชิงลึกต่อไป

2. การจัดกลุ่มสภาวะการทำงาน (Operating State Identification)

เนื่องจากเครื่องทำความเย็นมีการทำงานที่แปรผันตามภาระโหลด และสภาวะแวดล้อม ผู้วิจัยจึงใช้เทคนิคการจัดกลุ่มข้อมูลด้วยวิธี K-means Clustering เพื่อจำแนกสภาวะการทำงานที่มีลักษณะเฉพาะออกจากกัน โดยมีการทดสอบหาจำนวนกลุ่มที่เหมาะสมที่สุดผ่านดัชนี Davies-Bouldin (DB) และ Calinski-Harabasz (CH) เพื่อให้มั่นใจว่าข้อมูลในแต่ละกลุ่มมีความคล้ายคลึงกันสูง และแยกออกจากกันได้อย่างชัดเจน ซึ่งเป็นรากฐานสำคัญในการสร้างแบบจำลองฐาน (Baseline) ที่มีความเฉพาะเจาะจงในแต่ละสภาวะ

3. พัฒนา และตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง (Model Development and Validation)

ผู้วิจัยดำเนินการสร้างแบบจำลองฐาน (Baseline Model) ร่วมกับการกำหนดช่วงความเชื่อมั่น (Confidence Interval) จากนั้นจึงตรวจสอบความถูกต้องผ่านการประเมินดัชนีทางสถิติ ได้แก่ ความครอบคลุม (PICP) และความกว้างของช่วงพยากรณ์ (NMPIW) เพื่อหาค่าความเชื่อมั่นที่เหมาะสมที่สุดผ่านดัชนี (CWC) รวมถึงทดสอบการตรวจจับความผิดปกติจากความหนาแน่นของข้อมูลจริงที่อยู่นอกขอบเขตความเชื่อมั่น เพื่อแยกแยะความเสื่อมสภาพออกจากสัญญาณรบกวน รวมถึงสร้างตัวชี้วัดคู่ (Dual-KPI) คือ %Deviation และ ACPV เพื่อนำมาใช้ในการวิเคราะห์สภาวะการเสื่อมสภาพของอุปกรณ์ต่อไป

4. การพยากรณ์ และจุดวิกฤตทางการเงิน (Prognostics and Financial Analysis)

ในขั้นตอนนี้ ผู้วิจัยได้พัฒนาแบบจำลองการพยากรณ์ล่วงหน้าจำนวน 480 ตัวอย่าง หรือคิดเป็นการใช้งานประมาณ 4 เดือน นำมาวิเคราะห์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของค่า %Deviation และ ACPV ในอนาคต เพื่อประเมินสภาวะการเสื่อมสภาพของอุปกรณ์ อีกทั้งนำแนวโน้มความเสื่อมสภาพที่พยากรณ์ได้มาแปลงเป็นมูลค่าความสูญเสียพลังงานสะสมเชิง

เศรษฐศาสตร์ เพื่อระบุจุดวิกฤตทางการเงิน (Financial Critical Point) ซึ่งเป็นจุดตัดที่มูลค่าความสูญเสียพลังงานมีมูลค่าสูงกว่างบประมาณบำรุงรักษา ทำให้สามารถระบุระยะเวลาที่เหมาะสมที่สุด (Optimal Timing) ในการเข้าดำเนินการซ่อมบำรุงล่วงหน้า

5. การบูรณาการระบบสนับสนุนการตัดสินใจผ่านผังงาน (Decision Support Integration)

ในขั้นตอนสุดท้าย ผู้วิจัยได้นำผลลัพธ์ทางเทคนิค และผลการวิเคราะห์ทางการเงินมาบูรณาการเข้ากับผังงานการตัดสินใจ (Decision Flowchart) เพื่อเปลี่ยนข้อมูลการวิเคราะห์ที่ซับซ้อนให้กลายเป็นขั้นตอนการปฏิบัติงานมาตรฐานสำหรับผู้ดูแลระบบ โดยผังงานจะกำหนดลำดับการตัดสินใจตั้งแต่การตรวจสอบขีดจำกัดวิกฤต (Critical Limit) ไปจนถึงการเริ่มกระบวนการจัดจ้างบำรุงรักษาตามระยะเวลา Lead Time ที่ได้จากการพยากรณ์ เพื่อให้การบริหารจัดการงบประมาณและประสิทธิภาพพลังงานของการท่าเรือแห่งประเทศไทยเป็นไปอย่างแม่นยำและเป็นระบบ

ผลการวิจัย

1. จัดการข้อมูลจากเซ็นเซอร์ (Data Management)

จากการรวบรวมข้อมูลดิบของเครื่องทำความเย็นขนาด 358 tons ผ่านระบบบริหารจัดการอาคาร (Building Management System: BMS) ที่บันทึกข้อมูลการทำงานทุก 2 ชั่วโมง เป็นระยะเวลา 1 ปี ผู้วิจัยได้ดำเนินการประยุกต์ใช้สมการมาตรฐาน (ANSI/ASHRAE/IES Standard 90.1-2022) เพื่อสร้างเซ็นเซอร์เสมือนสำหรับการคำนวณอัตราการไหลของน้ำเย็นที่ไม่สามารถวัดค่าได้โดยตรงจากหน้างาน ผลการคำนวณพบว่าเซ็นเซอร์เสมือนสามารถตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของภาระความร้อนและความต่างอุณหภูมิได้อย่างสอดคล้องตามหลักอุณหพลศาสตร์ ส่งผลให้สามารถคำนวณค่าประสิทธิภาพการใช้พลังงาน (kW/TON) ที่แท้จริงของเครื่องทำความเย็นได้อย่างครบถ้วน และแม่นยำตลอดช่วงเวลาการทำงาน โดยกำหนดค่าอัตราส่วนภาระบางช่วง Partial Load Ratio (PLR) ของเครื่องทำความเย็นแล้วนำมาคูณปรับค่าอัตราการไหลของน้ำเย็น ดังสมการที่ 1 เพื่อให้ค่าอัตราการไหลของน้ำเย็นที่นำมาใช้ในงานวิจัยมีค่าใกล้เคียงกับค่าจริงมากที่สุด

$$Estimated\ Flow\ (GPM) = Rate\ Flow\ (GPM) \times PLR \qquad (1)$$

โดยที่ Estimated Flow (GPM) คือ ค่าประมาณอัตราการไหลของน้ำเย็น (แกลลอนต่อนาที)
Rate Flow (GPM) คือ ค่าอัตราการไหลของน้ำเย็นสูงสุดตามคุณลักษณะเฉพาะของเครื่องทำความเย็น (แกลลอนต่อนาที)
Partial Load Ratio (PLR) คือ อัตราส่วนภาระบางช่วง

ซึ่งการได้มาซึ่งค่า PLR นั้นต้องทราบค่าอัตราส่วนการป้อนพลังงานที่เป็นฟังก์ชันของอัตราส่วนโหลดบางส่วน (EIR_FPLR) ที่มีความสัมพันธ์กับกำลังไฟฟ้าที่ภาระเต็มพิกัด (Prated), อัตราส่วนการป้อนพลังงานที่เป็นฟังก์ชันของอุณหภูมิ (EIR_FT) และกำลังการผลิตที่เป็นฟังก์ชันของอุณหภูมิ (CAP_FT) ดังสมการที่ 2

$$P = P_{rated} \times EIR_FPLR \times EIR_FT \times CAP_FT \qquad (2)$$

โดยที่ EIR_FPLR คือ อัตราส่วนการป้อนพลังงานที่เป็นฟังก์ชันของอัตราส่วนโหลดบางส่วน
EIR_FT คือ อัตราส่วนการป้อนพลังงานที่เป็นฟังก์ชันของอุณหภูมิ
CAP_FT คือ กำลังการผลิตที่เป็นฟังก์ชันของอุณหภูมิ
P_{rated} คือ พิกัดกำลังไฟฟ้าที่ภาระเต็มพิกัด (กิโลวัตต์)

อัตราส่วนการป้อนพลังงานที่เป็นฟังก์ชันของอัตราส่วนโหลดบางส่วน (EIR_FPLR) ตามคู่มืออ้างอิงวิธีการจัดอันดับสมรรถนะ (Performance Rating Method) ได้กำหนดความสัมพันธ์ในรูปแบบของสมการ ดังสมการที่ 3 โดยมีค่าสัมประสิทธิ์ประสิทธิภาพ EIR_FPLR แปลผันตามขนาดของเครื่องทำความเย็น ดังตารางที่ 1

$$EIR_FPLR = a + (b \times PLR) + (c \times PLR^2) \quad (3)$$

ตารางที่ 1 สัมประสิทธิ์ประสิทธิภาพ EIR_FPLR เริ่มต้น (Default) – Path B สำหรับเครื่องทำน้ำเย็นไฟฟ้าชนิด Positive Displacement

สัมประสิทธิ์	<75 tons	≥75 tons and <150 tons	≥150 tons and <300 tons	≥300 tons and <600 tons	≥600 tons
a	0.1072	0.183811	0.090936	0.103665	0.061706
b	0.182611	–0.044417	0.207812	0.148024	0.261711
c	0.705192	0.85566	0.696735	0.744887	0.677017

อัตราส่วนการป้อนพลังงานที่เป็นฟังก์ชันของอุณหภูมิ (EIR_FT) ตามคู่มืออ้างอิงวิธีการจัดอันดับสมรรถนะ (Performance Rating Method) ได้กำหนดความสัมพันธ์ในรูปแบบของสมการ ดังสมการที่ 4 โดยมีค่าสัมประสิทธิ์ประสิทธิภาพ EIR_FT แปลผันตามขนาดของเครื่องทำความเย็น ดังตารางที่ 2

$$EIR_FT = a + (b \times t_{chws}) + (c \times t_{chws}^2) + (d \times t_{cws}) + (e \times t_{cws}^2) + (f \times t_{chws} \times t_{cws}) \quad (4)$$

โดยที่ t_{cws} คือ อุณหภูมิน้ำเข้าคอนเดนเซอร์ (องศาฟาเรนไฮต์) โดยที่ 55 °F ≤ t_{cws} ≤ 104 °F
t_{chws} คือ อุณหภูมิน้ำเย็นขาออก (องศาฟาเรนไฮต์) โดยที่ 39 °F ≤ t_{chws} ≤ 60 °F

ตารางที่ 2 สัมประสิทธิ์ประสิทธิภาพ EIR_FT เริ่มต้น (Default) – Path B สำหรับเครื่องทำน้ำเย็นไฟฟ้าชนิด Positive Displacement

สัมประสิทธิ์	<75 tons	≥75 tons and <150 tons	≥150 tons and <300 tons	≥300 tons and <600 tons	≥600 tons
a	2.018167	1.849951	1.020192	1.189071	0.916144
b	−0.045111	−0.043409	−0.030046	−0.038585	−0.041541
c	0.000485	0.000467	0.000363	0.000415	0.000436
d	−0.008503	−0.005187	0.008504	0.011574	0.020987
e	0.000168	0.000146	0.000053	0.000017	−0.000047
f	−0.000124	−0.000123	−0.000135	−0.000108	−0.000100

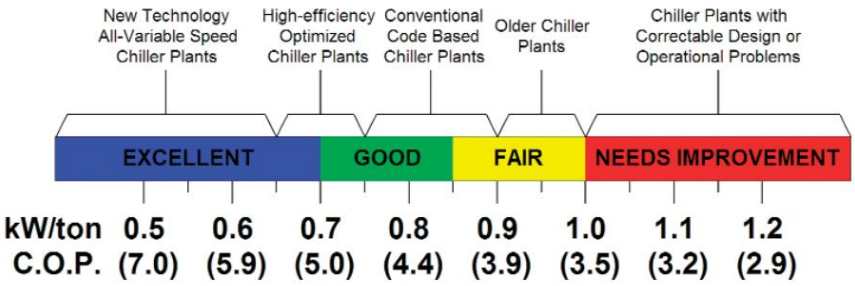
กำลังการผลิตที่เป็นฟังก์ชันของอุณหภูมิ (CAP_FT) ตามคู่มืออ้างอิงวิธีการจัดอันดับสมรรถนะ (Performance Rating) ได้กำหนดความสัมพันธ์ในรูปแบบของสมการ ดังสมการที่ 5 โดยมีค่าสัมประสิทธิ์ประสิทธิภาพ CAP_FT แปลผันตามขนาดของเครื่องทำความเย็น ดังตารางที่ 3

$$CAP_FT = a + (b \times t_{chws}) + (c \times t_{chws}^2) + (d \times t_{cws}) + (e \times t_{cws}^2) + (f \times t_{chws} \times t_{cws}) \quad (5)$$

ตารางที่ 3 สัมประสิทธิ์กำลังการผลิตที่เป็นฟังก์ชันของอุณหภูมิ CAP_FT (Default) – เส้นทาง (Path) B สำหรับเครื่องทำน้ำเย็นไฟฟ้าชนิด Positive Displacement

สัมประสิทธิ์	<75 tons	≥75 tons and <150 tons	≥150 tons and <300 tons	≥300 tons and <600 tons	≥600 tons
a	−0.913752	−0.840342	−0.451749	−0.063852	0.13188
b	0.073361	0.071938	0.051393	0.038321	0.023312
c	−0.000654	−0.000641	−0.000490	−0.000388	−0.000286
d	0.003787	0.002703	0.004351	0.002935	0.006699
e	−0.000054	−0.000047	−0.000058	−0.000054	−0.000084
f	0.000006	0.000007	0.00005	0.000072	0.000116

หลังจากการประเมินค่าประสิทธิภาพการใช้พลังงาน (kW/TON) โดยผ่านการคำนวณของเครื่องทำความเย็นแล้วเสร็จ ผู้วิจัยต้องดำเนินการทำความสะอาดข้อมูล (Data Cleaning) โดยกำจัดข้อมูลที่มีความผิดปกติสูง (Outliers) ออกไปจากชุดข้อมูลทั้งหมดโดยใช่เกณฑ์การจำแนกประเภทกำลังไฟฟ้าต่อตันความเย็น (kW/TON) โดย สมาคมวิศวกรการทำความร้อน ความเย็น และการปรับอากาศแห่งสหรัฐอเมริกา (ASHRAE) แสดงดังรูปที่ 1 ทำให้ได้ชุดข้อมูลที่มีความเสถียร (Wu et al., 2025) แสดงดังรูปที่ 2



รูปที่ 1 เกณฑ์การจำแนกประเภทกำลังไฟฟ้าต่อตันความเย็น (kW/TON)

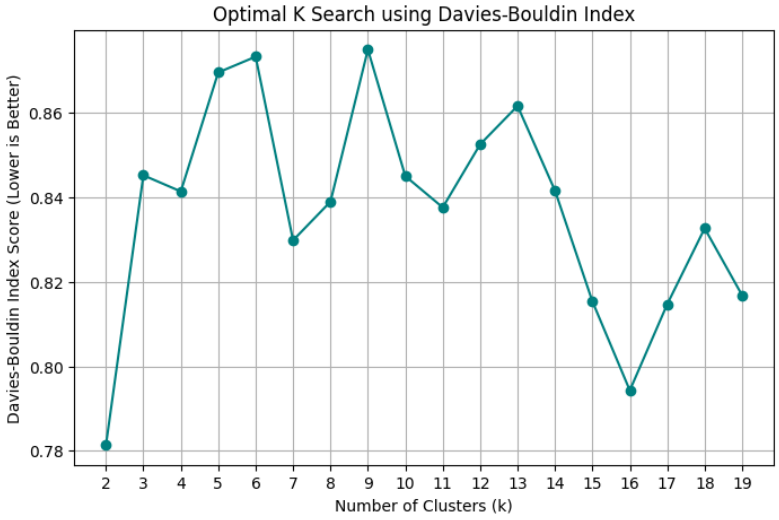


รูปที่ 2 ตัวอย่างการทำความสะอาดข้อมูล (Data Cleaning) โดยกำจัดข้อมูลที่มีความผิดปกติสูงออกไปจากชุดข้อมูล

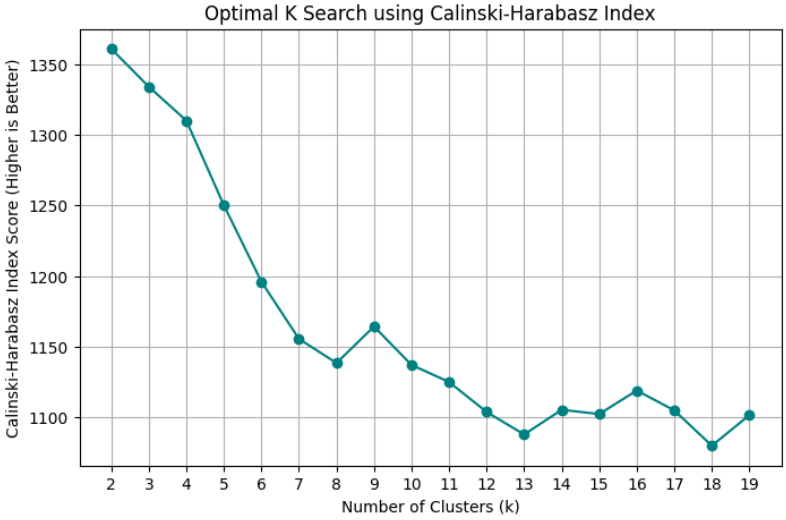
2. การจัดกลุ่มสภาวะการทำงาน (Operating State Identification)

2.1 การกำหนดจำนวนกลุ่มที่เหมาะสม (Determine The Optimal Number of Clusters)

การจำแนกสภาวะการทำงานของเครื่องทำความเย็น ผู้วิจัยได้ดำเนินการเขียนโค้ดผ่านโปรแกรมวิชวล สตูดิโอ โค้ด (Visual Studio Code) เพื่อทดสอบหาจำนวนกลุ่ม (k) ที่เหมาะสมที่สุด ผลการวิเคราะห์พบว่าค่าดัชนี Davies-Bouldin (DB Index) มีค่าต่ำที่สุดที่ระดับ [0.78] ซึ่งแสดงถึงความหนาแน่นภายในกลุ่มที่สูง (Davies & Bouldin., 1979) แสดงดังรูปที่ 3 ในขณะที่ค่าดัชนี Calinski-Harabasz (CH Index) มีค่าสูงที่สุดที่ระดับ [1361.16] ซึ่งสะท้อนถึงระยะห่างระหว่างกลุ่มที่แยกจากกันอย่างชัดเจนที่สุด (Calinski & Harabasz., 1974) แสดงดังรูปที่ 4 ผลลัพธ์ทางสถิตินี้เป็นข้อยืนยันว่า สภาวะการทำงานของเครื่องทำความเย็นสามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ซึ่งกระบวนการจัดกลุ่มนี้ช่วยลดความผันผวนของข้อมูล และยกระดับความแม่นยำในการสร้างแบบจำลองฐาน



รูปที่ 3 กราฟแสดงค่าดัชนี Davies-Bouldin (DB Index) ในแต่ละลำดับ Cluster ที่ทำการทดสอบ



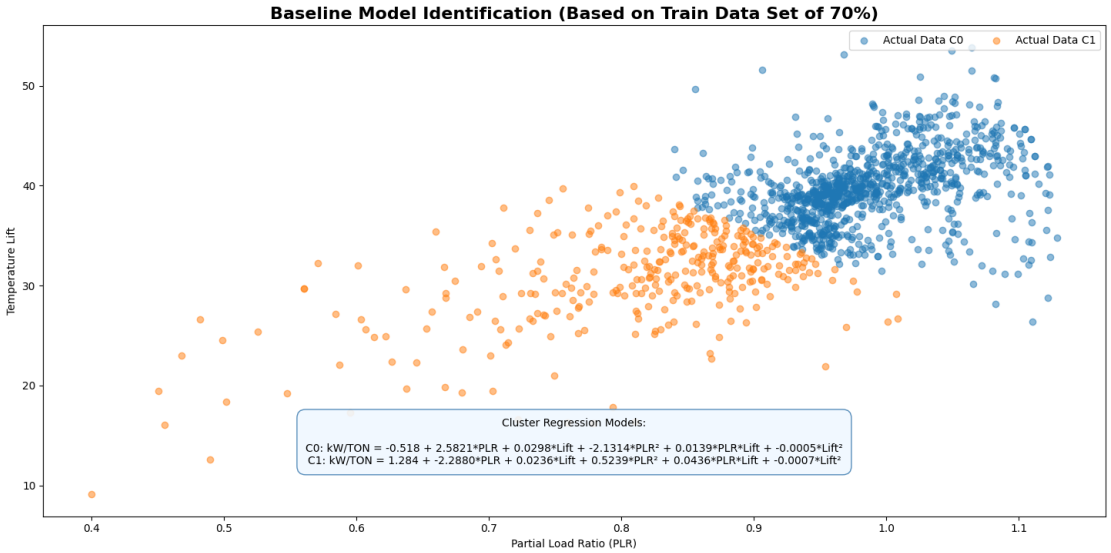
รูปที่ 4 กราฟแสดงค่าดัชนี Calinski-Harabasz (CH Index) ในแต่ละลำดับ Cluster ที่ทำการทดสอบ

2.2 การแบ่งกลุ่มสภาวะการทำงานของเครื่องทำความเย็น (Chiller Operating State Classification)

ภายหลังจากที่ได้ระบุจำนวนกลุ่มที่เหมาะสมที่สุดคือ 2 กลุ่ม (k=2) ในขั้นตอนถัดมาผู้วิจัยจึงดำเนินการจำแนกข้อมูลสภาวะการทำงานจริง โดยอ้างอิงรูปแบบสมการพื้นฐานตามแบบจำลองของ (Zhu et al., 2019) ซึ่งเป็นโมเดลที่ได้รับการยอมรับในการประเมินประสิทธิภาพเครื่องทำความเย็นเชิงกึ่งทฤษฎี (Semi-empirical model) แบบจำลองดังกล่าวใช้ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้า (Power Input), ค่าความต่างของอุณหภูมิ (Temperature Difference) และภาระการทำความเย็น (Cooling Load) เป็นหลัก ดังสมการที่ 6

$$kW/TON = a_0 + (a_1 \times PLR) + (a_2 \times PLR^2) + (a_3 \times (t_{cws} - t_{chws})) + (a_4 \times (t_{cws} - t_{chws})^2) + (a_5 \times PLR \times (t_{cws} - t_{chws})) \quad (6)$$

โดยในการวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้ประยุกต์ใช้หลักการ K-means Clustering (Lloyd., 1982) ผ่านการพัฒนาชุดคำสั่งด้วยโปรแกรมวิชวล สตูดิโอ โค้ด (Visual Studio Code) เพื่อทำการจำแนกชุดข้อมูลออกตามสภาวะภาระโหลดที่ได้ระบุไว้ กระบวนการดังกล่าวช่วยให้สามารถแยกชุดข้อมูลที่มีพฤติกรรมทางกายภาพที่แตกต่างกันออกจากกันได้อย่างชัดเจน ผลลัพธ์ที่ได้คือชุดสมการเชิงคณิตศาสตร์เฉพาะตัวสำหรับ Cluster 0 และ Cluster 1 ซึ่งสะท้อนถึงลักษณะสมรรถนะของเครื่องทำความเย็นในแต่ละสภาวะโหลดได้อย่างแม่นยำ แสดงดังรูปที่ 5 การแยกสมการตามรายกลุ่ม (Cluster-based Modeling) ในลักษณะนี้ ช่วยลดค่าความคลาดเคลื่อนสะสมที่มักเกิดขึ้นจากการใช้สมการชุดเดียวครอบคลุมทุกสภาวะการทำงาน และเป็นพื้นฐานสำคัญในการกำหนดขอบเขตสภาวะปกติ (Normal Baseline) ของแต่ละ Cluster แสดงดังตารางที่ 4 เพื่อใช้ในการตรวจจับความผิดปกติที่มีประสิทธิภาพ (Wu et al., 2025)



รูปที่ 5 กราฟแสดงการแบ่งกลุ่มสภาวะการทำงานของเครื่องทำความเย็น (Chiller Operating State Classification)

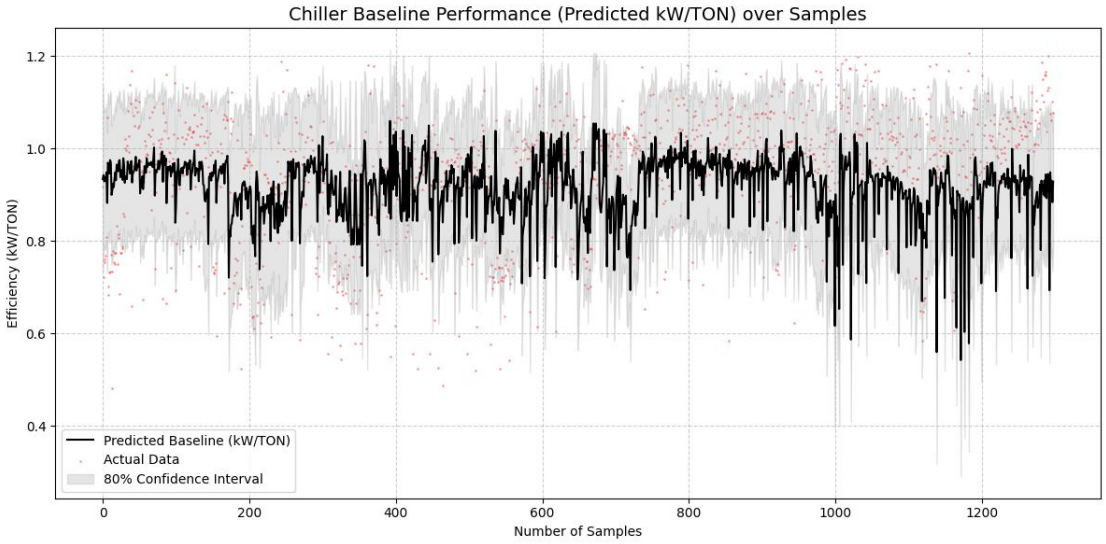
ตารางที่ 4 แสดงลักษณะสมรรถนะของเครื่องทำความเย็นในแต่ละสภาวะโหลดปกติของแต่ละ Cluster

Condition	Partial Load Ratio (PLR)	Temperature Lift	Size
Cluster 0	0.84-1.129	26.41-53.80	956
Cluster 1	0.40-1.009	9.17-39.97	342

3. พัฒนาและตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง (Model Development and Validation)

3.1 การตรวจสอบความหนาแน่นของข้อมูลจริงที่ปรากฏอยู่นอกขอบเขตความเชื่อมั่น

การดำเนินการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองโดยการเปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพพลังงาน (kW/TON) ที่ได้จากข้อมูลการตรวจวัดจริง (Actual Data) กับค่าที่ได้จากการคำนวณผ่านแบบจำลองฐานที่สร้างขึ้น โดยมีการกำหนดช่วงความเชื่อมั่น (Confidence Interval: CI) ที่ระดับร้อยละ 80 เพื่อสร้างขอบเขตมาตรฐานสภาวะปกติ (Normal Baseline Band) ทั้งนี้ เหตุผลที่งานวิจัยนี้เลือกใช้ระดับความเชื่อมั่นที่ร้อยละ 80 แทนระดับร้อยละ 95 หรือ 99 ซึ่งเป็นค่ามาตรฐานทั่วไปในงานสถิติ เนื่องจากการกำหนดขอบเขตที่กว้างเกินไป (เช่น 95% CI) จะทำให้ขอบเขต Baseline Band มีความหละหลวม และครอบคลุมความผันผวนมากเกินไป ส่งผลให้ระบบขาดความไว (Sensitivity) และไม่สามารถตรวจจับสัญญาณการเสื่อมสภาพในระยะเริ่มต้นได้ทันท่วงที ในทางกลับกันหากกำหนดขอบเขตที่แคบเกินไป (เช่นต่ำกว่า 80%) ข้อมูลสัญญาณรบกวนปกติของเครื่องทำความเย็นจะหลุดรอดออกนอกกรอบและทำให้เกิดการแจ้งเตือนผิดพลาดสูง ดังนั้น ระดับความเชื่อมั่นที่ร้อยละ 80 จึงเป็นค่าที่เหมาะสมที่สุดในการรักษาสมดุลระหว่างอัตราการตรวจจับสภาวะเสื่อมสภาพที่แท้จริง และการยอมรับสัญญาณรบกวนทางวิศวกรรมของระบบ โดยหัวใจสำคัญของการพิจารณาในขั้นตอนนี้คือการวิเคราะห์ "ความหนาแน่นของข้อมูล" ที่ปรากฏอยู่นอกขอบเขตความเชื่อมั่น แสดงดังรูปที่ 6 หากพบว่าจุดข้อมูลจริงหลุดออกจากขอบเขตช่วงความเชื่อมั่นอย่างต่อเนื่อง และมีความหนาแน่นสูงในช่วงเวลาหนึ่งจะเป็นดัชนีบ่งชี้ว่าเครื่องทำความเย็นกำลังทำงานในสภาวะผิดปกติ หรือเริ่มมีการเสื่อมสภาพที่แท้จริง ซึ่งวิธีการพิจารณาความหนาแน่นร่วมกับขอบเขตร้อยละ 80 นี้ ช่วยลดปัญหาการแจ้งเตือนผิดพลาด ที่อาจเกิดจากสัญญาณรบกวนของข้อมูล หรือความผันผวนชั่วคราวของระบบได้ดีกว่าการพิจารณาเพียงจุดใดจุดหนึ่ง



รูปที่ 6 กราฟแสดงขอบเขตมาตรฐานสภาวะปกติ (Normal Baseline Band) เปรียบเทียบกับค่าประสิทธิภาพพลังงาน (kW/TON) ที่ได้จากข้อมูลการตรวจวัดจริง (Actual Data)

3.2 การวิเคราะห์ข้อมูลผ่านตัวชี้วัดคู่ (Dual-KPI)

ผู้วิจัยได้ประยุกต์ใช้กลไกการวิเคราะห์เชิงลึกผ่านตัวชี้วัดคู่ (Dual-KPI) เพื่อจำแนกสภาวะความเสื่อมสภาพในมิติที่แตกต่างกัน โดยมีรายละเอียดและนิยามเชิงปฏิบัติการดังนี้

3.2.1 ดัชนีประสิทธิภาพเชิงพยากรณ์สะสม (Accumulated Characteristics Prediction Value: ACPV)

ดัชนีประสิทธิภาพเชิงพยากรณ์สะสม คือตัวบ่งชี้ประสิทธิภาพการดำเนินงานหลัก (Key Performance Indicator) ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นเพื่อการวิเคราะห์สมรรถนะในระดับภาพรวม ACPV จะดำเนินการประมวลผลค่าประสิทธิภาพเชิงพลังงานรายหน่วยผ่าน กระบวนการถ่วงน้ำหนักตามสภาวะการทำงานจริง (Operational State Weighting) แสดงดังสมการที่ 7 ซึ่งกระบวนการนี้มีคุณสมบัติสำคัญในการขจัดอิทธิพลความแปรปรวนที่เกิดจากปัจจัยภายนอก (Exogenous Variables) ส่งผลให้ ACPV สามารถสะท้อนถึงแนวโน้มประสิทธิภาพที่แท้จริงของเครื่องทำน้ำเย็นได้ชัดเจน และมีเสถียรกว่าการพิจารณาค่าประสิทธิภาพทั่วไป ช่วยให้ผู้ดูแลระบบสามารถวิเคราะห์สภาวะการทำงานโดยรวมได้อย่างแม่นยำ (Jia et al., 2023)

$$ACPV = \sum_{j=1}^{K} w_j \times Pertormance_j \qquad (7)$$

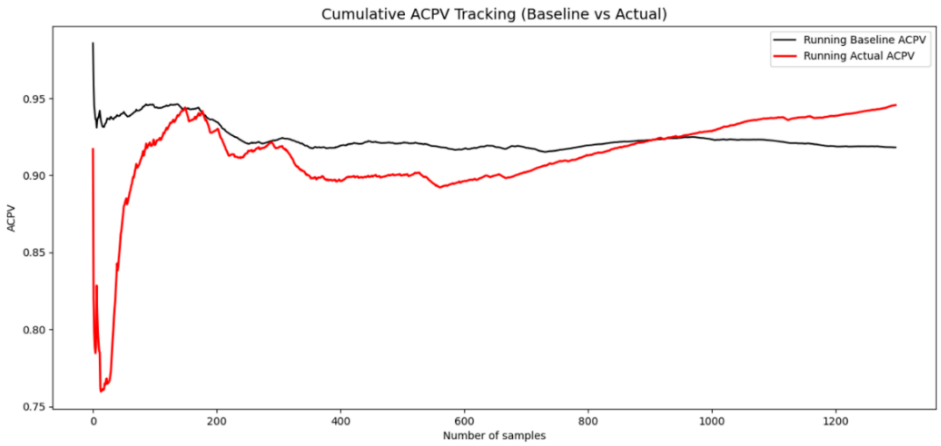
โดยที่ K คือ จำนวน Cluster ทั้งหมด

w_j คือ น้ำหนักของกลุ่ม j (คำนวณจากจำนวนข้อมูลในกลุ่ม j หารด้วยจำนวนข้อมูลทั้งหมด)

$Pertormance_j$ คือ ค่าประสิทธิภาพ (kW/TON) เฉลี่ยของกลุ่ม j

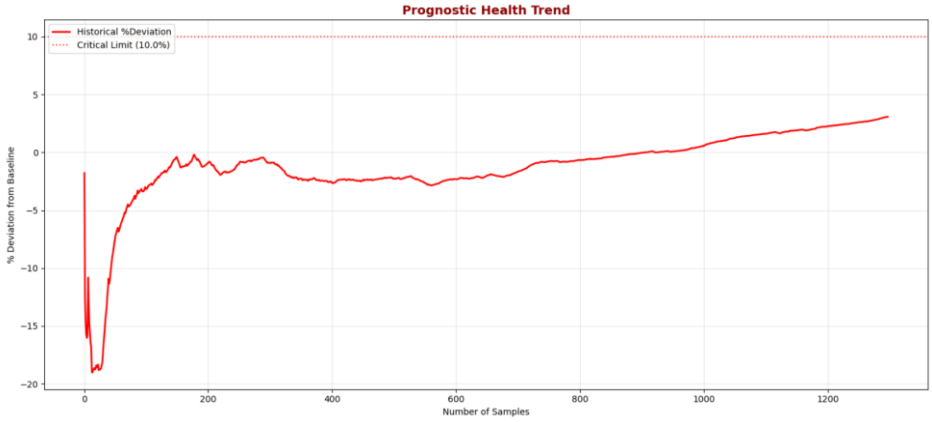
3.2.2 ค่าความเบี่ยงเบนประสิทธิภาพ (Percent Deviation: %Dev)

ค่าความเบี่ยงเบนประสิทธิภาพ คือดัชนีชี้วัดร้อยละของความแตกต่างระหว่างค่าประสิทธิภาพเชิงพยากรณ์สะสมจริง (Actual ACPV) เปรียบเทียบกับค่าประสิทธิภาพเชิงพยากรณ์สะสมจากแบบจำลองฐาน (Baseline ACPV) ณ สภาวะการทำงานเดียวกัน แสดงดังรูปที่ 7 ตัวชี้วัดนี้ทำหน้าที่เป็น "ดัชนีบ่งชี้สุขภาพเครื่องจักร" (Machine Health Indicator) ที่มีคุณสมบัติในการตอบสนองต่อความผิดปกติเฉพาะหน้าได้อย่างรวดเร็ว



รูปที่ 7 กราฟแสดงความแตกต่างระหว่างค่าประสิทธิภาพเชิงพยากรณ์สะสมจริง (Actual ACPV) เปรียบเทียบกับค่าประสิทธิภาพเชิงพยากรณ์สะสมจากแบบจำลองฐาน (Baseline ACPV) ณ สภาวะการทำงานเดียวกัน

หากค่า %Dev แสดงแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ แสดงดังรูปที่ 8 จะสะท้อนถึงการลดลงของประสิทธิภาพเชิงอุณหพลศาสตร์ภายในระบบ เช่น สภาวะการเกิดตะกรันในระบบแลกเปลี่ยนความร้อน (Fouling) หรือความบกพร่องของระบบหมุนเวียนน้ำหล่อเย็น



รูปที่ 8 กราฟแสดงแนวโน้มค่าความเบี่ยงเบนประสิทธิภาพ (Percent Deviation: %Dev)

4. การพยากรณ์ และจุดวิกฤตทางการเงิน (Prognostics and Financial Analysis)

การประยุกต์ใช้โมเดลทางสถิติเพื่อพยากรณ์แนวโน้มประสิทธิภาพของเครื่องทำน้ำเย็นในอนาคต โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อระบุระยะเวลาที่เครื่องจักรจะเข้าสู่สภาวะวิกฤต ทั้งในมิติทางวิศวกรรมและมิติทางเศรษฐศาสตร์

4.1 การพัฒนาแบบจำลองการพยากรณ์แนวโน้ม (Trend Forecasting Model)

จากการวิเคราะห์ลักษณะการกระจายตัวของข้อมูลตัวชี้วัด %Deviation และ ACPV พบว่ารูปแบบของกราฟมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงในลักษณะเชิงเส้น (Linear Trend) อย่างมีนัยสำคัญ ผู้วิจัยจึงเลือกใช้หลักการ การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression Forecasting) เป็นเครื่องมือหลักในการพยากรณ์ โดยดำเนินการเขียนชุดคำสั่ง และประมวลผลผ่านโปรแกรม Visual Studio Code ก่อนเริ่มการพยากรณ์จริง ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบความแม่นยำของแบบจำลอง (Model Validation) โดยใช้เทคนิคการทดสอบย้อนหลัง (Back testing) ด้วยการนำข้อมูลจำนวน 480 ตัวอย่างก่อนหน้า มาพยากรณ์ค่าใน 480 ตัวอย่างสุดท้ายของชุดข้อมูลปัจจุบัน เพื่อเปรียบเทียบกับค่าจริงที่เกิดขึ้น ผลการทดสอบประสิทธิภาพของแบบจำลองพิจารณาผ่านดัชนีชี้วัดความคลาดเคลื่อนทางสถิติ ได้แก่ ค่าความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์เฉลี่ย (Mean Absolute Error: MAE) และ ค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Error: RMSE) ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่ยอมรับได้ แสดงดังตารางที่ 5 ผู้วิจัยจึงมั่นใจในการนำแบบจำลองนี้ไปใช้พยากรณ์ผลลัพธ์ในอนาคต

ตารางที่ 5 ค่าความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์เฉลี่ย (MAE) และ ค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (RMSE)

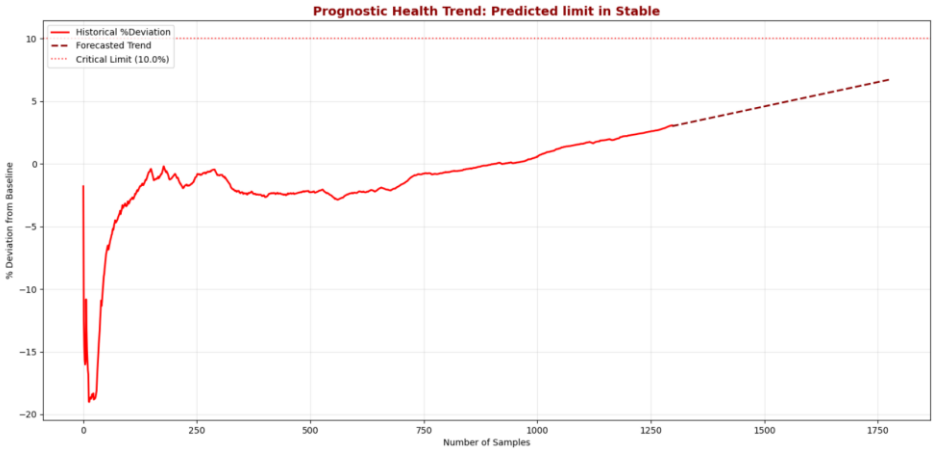
Index	%Deviation (%)	ACPV (kW/TON)
Mean Absolute Error: MAE	1.2979	0.019
Root Mean Square Error: RMSE	1.4154	0.0196

4.2 การวิเคราะห์แนวโน้มล่วงหน้า และการกำหนดขีดจำกัดวิกฤต

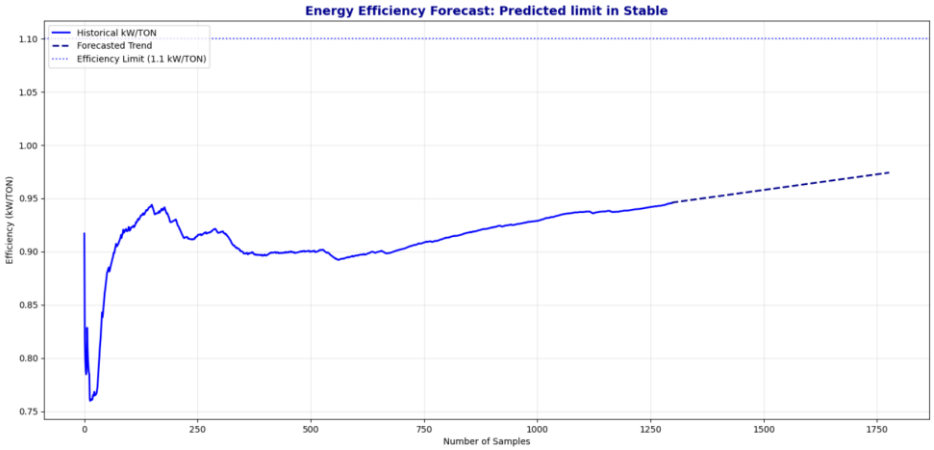
ผู้วิจัยได้ดำเนินการพยากรณ์ค่า %Deviation และ ACPV ล่วงหน้าต่อไปอีกจำนวน 480 ตัวอย่าง ซึ่งเทียบเท่ากับระยะเวลาการใช้งานจริงโดยประมาณ 4 เดือน เพื่อประเมินสภาวะของเครื่องทำน้ำเย็นในอนาคต โดยมีการกำหนดเกณฑ์การพิจารณาขีดจำกัดวิกฤต (Critical Threshold) ดังนี้

1) เกณฑ์ค่าความเบี่ยงเบนประสิทธิภาพ (%Deviation): กำหนดไว้ที่ไม่เกินร้อยละ 10
2) เกณฑ์ดัชนีประสิทธิภาพเชิงพยากรณ์สะสม (ACPV): กำหนดไว้ที่ไม่เกิน 1.1 kW/TON

ผลการพยากรณ์ล่วงหน้าจะถูกนำมาบูรณาการเพื่อประเมินความคุ้มค่าเชิงลึก โดยผู้วิจัยใช้ค่า %Deviation เป็นตัวบ่งชี้สภาวะสุขภาพของเครื่องจักร (Machine Health Indicator) เพื่อเฝ้าระวังระดับความเสื่อมสภาพทางกายภาพ ควบคู่กับการใช้ค่า ACPV (kW/TON) เป็นดัชนีชี้วัดความคุ้มค่าเชิงพลังงานในภาพรวมจากการวิเคราะห์ร่วมกันพบว่า เมื่อสมรรถนะที่พยากรณ์ได้จากทั้งสองตัวชี้วัดมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่อง แสดงดังรูปที่ 9 และ 10 ตามลำดับการใช้มิติมุมมองคู่ ทั้งด้านสุขภาพเครื่องจักร และความคุ้มค่าเชิงพลังงานนี้ ช่วยให้ระบบสนับสนุนการตัดสินใจก่อนที่เครื่องจักรจะเข้าสู่สภาวะที่ไม่คุ้มค่าในทางเศรษฐศาสตร์ ซึ่งรายละเอียดการคำนวณมูลค่าความคุ้มทุนเป็นตัวเงินจะถูกกล่าวถึงในหัวข้อถัดไป



กราฟที่ 9 กราฟแสดงการพยากรณ์ค่าความเบี่ยงเบนประสิทธิภาพ (%Deviation)



รูปที่ 10 กราฟแสดงการพยากรณ์ค่าประสิทธิภาพเชิงพยากรณ์สะสม (ACPV)

4.3 การประเมินจุดวิกฤตทางการเงินจากค่าพยากรณ์ดัชนีชี้วัดร่วม (Financial Critical Point Assessment via Dual-KPI Forecasting)

ในการประเมินความเสี่ยงทางการเงินจากการเสื่อมสภาพของประสิทธิภาพระบบทำความเย็น งานวิจัยนี้ได้กำหนดเกณฑ์การวิเคราะห์โดยใช้จุดตัดระหว่าง ค่าความสูญเสียสะสมที่คาดการณ์ (Forecasted Cumulative Loss) และงบประมาณสำหรับการซ่อมบำรุงที่ได้รับอนุมัติ (Approved Maintenance Budget) เพื่อระบุ "จุดวิกฤตทางการเงิน" (Financial Critical Point) สำหรับการวางแผนซ่อมบำรุงเชิงรุก (Proactive Maintenance)

4.3.1 กลไกการประเมินจุดวิกฤต (Critical Point Mechanism)

การระบุระยะเวลาที่เหมาะสมที่สุดในการเข้าซ่อมบำรุง คำนวณจากการบูรณาการค่าพยากรณ์จาก 2 ดัชนีหลัก ได้แก่

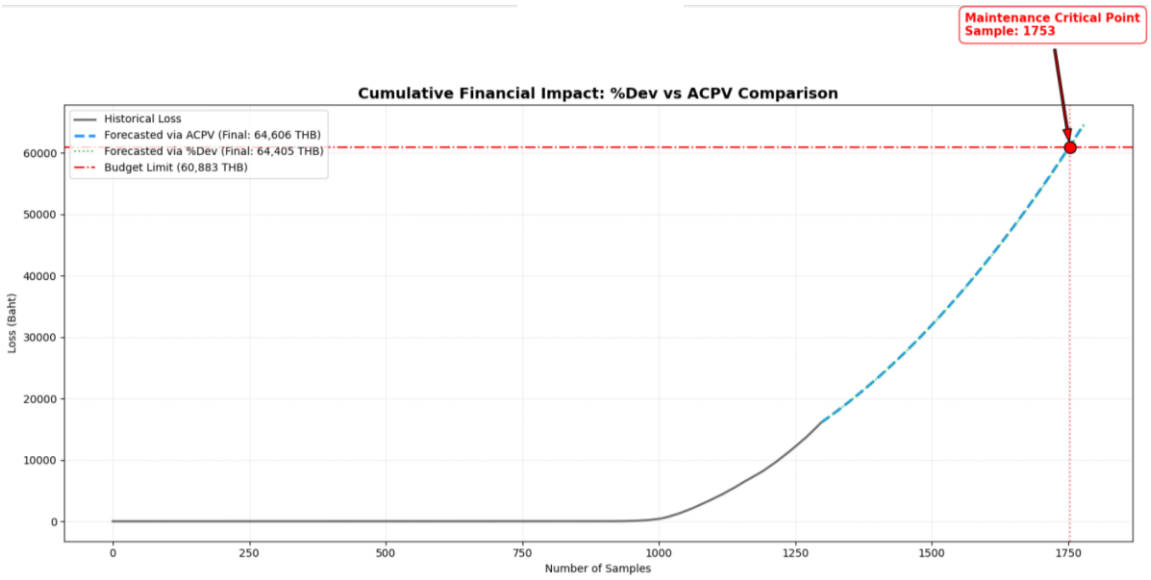
1) การวิเคราะห์ผ่านดัชนี %Deviation: เป็นการประเมินโดยเน้นที่ระดับการเสื่อมสภาพจากค่ามาตรฐาน (Baseline) ในเชิงสถิติ

2) การวิเคราะห์ผ่านดัชนี ACPV: เป็นการประเมินโดยใช้ความแตกต่างระหว่างประสิทธิภาพพยากรณ์จริงเทียบกับเส้นฐานพยากรณ์แบบพลวัต ซึ่งสะท้อนถึงต้นทุนพลังงานที่สูญเสียไปจริงตามสภาวะโหลดในอนาคต

4.3.2 ผลการวิเคราะห์เชิงเปรียบเทียบ (Comparative Analysis)

จากการทดลองพยากรณ์ล่วงหน้าจำนวน 480 หน่วยเวลา (ประมาณ 960 ชั่วโมงการทำงาน) ผลการประเมินจุดวิกฤต แสดงดังรูปที่ 11 สามารถสรุปได้ ดังนี้

ความสอดคล้องของแบบจำลอง: เมื่อเปรียบเทียบระหว่างเส้นพยากรณ์ (เส้นประสีเขียว) และ (เส้นประสีฟ้า) พบว่าค่าความสูญเสียสะสมมีแนวโน้มการเติบโตในทิศทางเดียวกัน แต่แบบจำลอง ACPV ให้ค่าที่แม่นยำกว่าในการสะท้อนค่าไฟจริง เนื่องจากมีการคำนวณร่วมกับค่าภาระการทำความเย็น (Cooling Load) ที่พยากรณ์ล่วงหน้า



รูปที่ 11 กราฟแสดงการประเมินจุดวิกฤตทางการเงินจากค่าพยากรณ์ดัชนีชี้วัดร่วม

การระบุเวลาเข้าซ่อมบำรุง: หากกำหนดงบประมาณจำกัดไว้ที่ 60,883 บาท (อ้างอิงจากค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาครั้งก่อนหน้า) ระบบพยากรณ์สามารถระบุจุดตัดที่ค่าความสูญเสียจะเกินงบประมาณได้ล่วงหน้า ซึ่งในกรณีศึกษานี้พบจุดวิกฤตที่หน่วยเวลา (Sample) ที่ 1,753 หรือคิดเป็นประมาณ 76 วันทำการก่อนถึงขีดจำกัดงบประมาณ การใช้จุดวิกฤตทางการเงินเป็นตัวกำหนด (Trigger) แทนการใช้เวลา (Time-based) หรือเกณฑ์ทางเทคนิคเพียงอย่างเดียว ช่วยให้ผู้บริหารอาคารมีหลักฐานเชิงตัวเลขที่ชัดเจนเพื่อขออนุมัติงบประมาณซ่อมบำรุง และหลีกเลี่ยงการปล่อยให้เครื่องจักรทำงานในสภาวะที่ค่าพลังงานส่วนเกิน (Extra Power) สูงเกินกว่าความคุ้มค่าของการซ่อมบำรุง

5. การบูรณาการระบบสนับสนุนการตัดสินใจผ่านผังงาน (Decision Support Integration)

โครงสร้างการทำงานของระบบสนับสนุนการตัดสินใจ ซึ่งเป็นการบูรณาการระหว่างแบบจำลองการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) และการวิเคราะห์เชิงคาดการณ์ (Prognostics) โดยแสดงกระบวนการทำงานผ่านผังงาน (System Flowchart) แสดงดังรูปที่ 3 เพื่อให้ผู้ควบคุมระบบ (Operator) และผู้บริหารพลังงานสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการตรวจสอบประสิทธิภาพเครื่องทำความเย็นได้อย่างเป็นระบบ

5.1 การเตรียมข้อมูลและการสอบเทียบแบบจำลอง (Data Management & Model Training)

กระบวนการเริ่มต้นจากการจัดเก็บข้อมูลดิบ (Raw Data) จากเซนเซอร์ที่ติดตั้ง ณ เครื่องทำความเย็น เข้าสู่ระบบการจัดการข้อมูล (Data Management) เพื่อทำความสะอาดและจัดรูปแบบข้อมูลให้พร้อมใช้งาน จากนั้นระบบจะดำเนินการอัพเดตหรือฝึกสอนแบบจำลอง (Update/Train Model) ด้วยข้อมูลชุดล่าสุด เพื่อให้มั่นใจว่าแบบจำลอง Baseline มีความทันสมัย และสอดคล้องกับสภาวะการทำงานจริงของเครื่องจักรในขณะนั้น

5.2 การตรวจสอบความเชื่อถือได้ และวิเคราะห์ความเบี่ยงเบนจากขอบเขตพยากรณ์ (Model Reliability and Out-of-Bound Density Analysis)

ในขั้นตอนการตัดสินใจเพื่อระบุการเปลี่ยนแปลงสภาวะของเครื่องทำความเย็น ระบบจะใช้กลไกการตรวจสอบความน่าเชื่อถือของแบบจำลองผ่านค่า PICP (Prediction Interval Coverage Probability) โดยพิจารณาจากสัดส่วนและ "ความหนาแน่น" ของข้อมูลจริงที่อยู่นอกเหนือขอบเขตความเชื่อมั่น (Confidence Interval) ดังนี้

การวิเคราะห์ความหนาแน่นของข้อมูล (Data Density Analysis) หากข้อมูลจริงมีการกระจายตัวอยู่นอกขอบเขตความเชื่อมั่นเพียงเล็กน้อยหรือเป็นจุดโดด (Outliers) อาจถือเป็นความคลาดเคลื่อนทางสถิติปกติ แต่หากตรวจพบกลุ่มข้อมูลจริงมีความหนาแน่นสูง (High Density) และต่อเนื่องอยู่นอกขอบเขตที่แบบจำลอง Baseline กำหนดไว้ จะเป็นข้อบ่งชี้สำคัญว่า สภาวะการทำงานของเครื่องทำความเย็นได้เปลี่ยนไปจากเดิมอย่างมีนัยสำคัญ เช่น เกิดการเสื่อมสภาพของอุปกรณ์ หรือประสิทธิภาพลดลงเกินกว่าระดับปกติที่เครื่องจักรเคยทำได้ในช่วง Baseline

เกณฑ์การตัดสินใจ (Decision Threshold) กรณี PICP ≥ 80% หมายถึงข้อมูลจริงส่วนใหญ่ยังคงสอดคล้องกับพฤติกรรมในอดีต (Baseline) ระบบจะดำเนินการวิเคราะห์เพื่อพยากรณ์ (Prognostics) ในอนาคตต่อไป กรณี PICP < 80% หมายถึงมีความหนาแน่นของข้อมูลที่หลุดออกจากขอบเขต Baseline มากเกินกว่าร้อยละ 20 ของข้อมูลทั้งหมด ระบบจะทำการแจ้งเตือนสภาวะวิกฤต (Alert/Critical Point Reached) ทันที เนื่องจากแบบจำลองปัจจุบันไม่สามารถอธิบายพฤติกรรมที่ผิดปกตินี้ได้อีกต่อไป ซึ่งถือเป็นจุดเปลี่ยนผ่านจากสภาวะปกติเข้าสู่สภาวะเสื่อมสภาพ (Degradation State)

5.3 การวิเคราะห์แนวโน้ม และการพยากรณ์ล่วงหน้า 4 เดือน (Prognostics & Forecasting)

ในขั้นตอนนี้ ระบบจะคำนวณค่า %Deviation และ ACPV ในปัจจุบัน จากนั้นจะใช้แบบจำลองการถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression) พยากรณ์ค่าล่วงหน้าต่อไปอีก 480 ตัวอย่าง (หรือประมาณ 4 เดือน) เพื่อประเมินทิศทางความเสื่อมสภาพของเครื่องทำความเย็นในอนาคต

5.4 เกณฑ์การตัดสินใจแบบลำดับขั้น (Multi-Stage Decision Criteria)

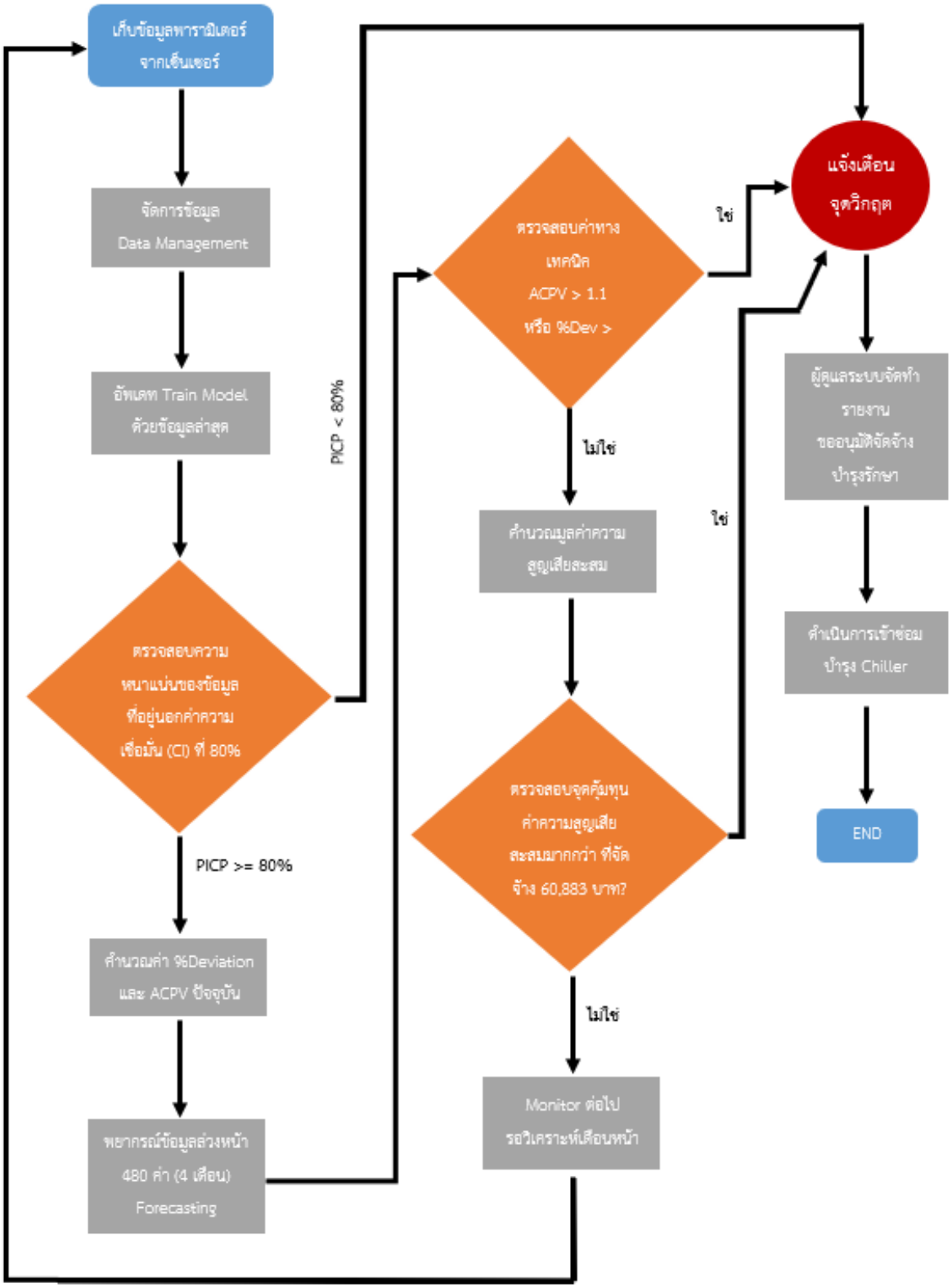
ระบบสนับสนุนการตัดสินใจจะใช้เกณฑ์การพิจารณาแบบ 2 ชั้น เพื่อความแม่นยำสูงสุด

ชั้นที่ 1 เกณฑ์ทางวิศวกรรม (Engineering Threshold): ระบบจะตรวจสอบว่าค่าพยากรณ์ ACPV > 1.1 kW/TON หรือ %Deviation > 10% หรือไม่ หากยังไม่เกินเกณฑ์ ระบบจะกลับไปทำหน้าที่ติดตามสถานะ (Monitor) ต่อไป

ชั้นที่ 2 เกณฑ์ทางการเงิน (Financial Threshold): หากค่าพยากรณ์ทางวิศวกรรมเกินเกณฑ์ ระบบจะนำข้อมูลไปคำนวณมูลค่าความสูญเสียสะสมและตรวจสอบว่า มูลค่าความสูญเสียนั้นสูงกว่างบประมาณบำรุงรักษา (60,883 บาท) หรือไม่

5.5 การรายงานผล และกระบวนการซ่อมบำรุง (Reporting & Maintenance)

เมื่อเงื่อนไขทั้งด้านวิศวกรรมและด้านการเงินถึงจุดวิกฤต (Critical Point Reached) ระบบจะสรุปข้อมูลและจัดทำรายงานเพื่อเสนอต่อผู้บริหารหรือผู้อำนวยการฝ่าย เพื่อขออนุมัติการดำเนินงานซ่อมบำรุงต่อไป ซึ่งกระบวนการนี้ช่วยให้ผู้ดูแลระบบ สามารถวางแผนการใช้จ่ายงบประมาณได้อย่างคุ้มค่าและลดการสูญเสียพลังงานโดยไม่จำเป็น



รูปที่ 12 แสดงกระบวนการทำงานผ่านผังงาน (System Flowchart)

การอภิปรายผล

จากการนำระบบสนับสนุนการตัดสินใจที่พัฒนาขึ้นมาประยุกต์ใช้กับเครื่องทำความเย็นของการท่าเรือแห่งประเทศไทย (PAT) สามารถอภิปรายผลการวิเคราะห์ในประเด็นสำคัญได้ดังนี้

1. การระบุสภาวะการทำงานผ่านการเรียนรู้ของเครื่อง

ผลการวิจัยพบว่าการจัดกลุ่มข้อมูลด้วย K-Means Clustering ร่วมกับการหาค่า K ที่เหมาะสมด้วย Calinski-Harabasz Index ช่วยให้สามารถแยกแยะสภาวะการทำงาน (Operating States) ของเครื่องทำความเย็นที่มีความซับซ้อนได้ชัดเจนกว่าการวิเคราะห์แบบดั้งเดิม (Simple Regression) สอดคล้องกับแนวคิดของ (Zhu et al., 2019) ที่ระบุว่าพฤติกรรมการใช้พลังงานของระบบทำความเย็นขนาดใหญ่ไม่ได้เป็นแบบเส้นตรง (Non-linear) การแยก Baseline ตาม Cluster (เช่น กลุ่มโหลดต่ำแต่ Lift สูง) จึงช่วยลดความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากปัจจัยภายนอกได้อย่างมีนัยสำคัญ

2. ความหนาแน่นของข้อมูลนอกขอบเขต และความเชื่อถือได้ของแบบจำลอง

ในส่วนของการตรวจสอบความน่าเชื่อถือผ่าน Prediction Interval Coverage Probability: PICP ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่า เมื่อสภาวะเครื่องทำความเย็นเริ่มเสื่อมสภาพ ข้อมูลจริงจะเริ่มมีความหนาแน่น (Density) อยู่นอกขอบเขตความเชื่อมั่นร้อยละ 80 อย่างต่อเนื่อง ประเด็นนี้อภิปรายได้ว่า "พื้นที่สีเทา" (Confidence Interval) ในแบบจำลองเปรียบเสมือนขอบเขตพฤติกรรมปกติ (Normal Behavior Profile) หากค่า PICP ลดลงต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด แสดงถึงการเกิด Concept Drift หรือการเปลี่ยนสภาวะ (State Shift) ของเครื่องจักร ซึ่งเป็นหลักฐานเชิงประจักษ์ที่หักล้างการใช้เกณฑ์การตัดสินใจแบบค่าคงที่ (Static Threshold) ในอดีต เนื่องจากแบบจำลองนี้สามารถตรวจพบความผิดปกติได้แม้ค่าประสิทธิภาพ (kW/TON) ยังไม่ถึงจุดอันตราย แต่ "พฤติกรรม" ของข้อมูลได้เปลี่ยนไปแล้ว

3. การวิเคราะห์จุดวิกฤตทางการเงิน (Financial Critical Point)

งานวิจัยนี้ได้มีการเปลี่ยนผ่านจากการวิเคราะห์ทางวิศวกรรมเพียงอย่างเดียว ไปสู่การประเมินความคุ้มค่าทางการเงิน การพยากรณ์ล่วงหน้า 4 เดือนผ่านดัชนี ACPV (Accumulated Condition Performance Value) พบว่ามูลค่าความสูญเสียสะสม (Integrated Loss) มีความสัมพันธ์โดยตรงกับเวลาพยากรณ์ เมื่อเปรียบเทียบกับทฤษฎี Life Cycle Cost (LCC) การระบุจุดวิกฤตที่งบประมาณ 60,883 บาท ช่วยตอบโจทย์การบริหารจัดการทรัพย์สินได้อย่างเป็นรูปธรรม ซึ่งผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่าการตัดสินใจซ่อมบำรุง ณ จุดที่เส้นพยากรณ์ตัดกับงบประมาณ จะช่วยลดโอกาสเกิด "ค่าใช้จ่ายส่วนเกินที่สูญเปล่า" ได้มากกว่าการรอให้เครื่องจักรชำรุดเสียหาย หรือการซ่อมตามรอบเวลา (Preventive Maintenance)

บทสรุป

งานวิจัยนี้พัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการบริหารจัดการพลังงานและงบประมาณบำรุงรักษาเครื่องทำความเย็นของการท่าเรือแห่งประเทศไทย โดยผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่าการบูรณาการเทคนิคการเรียนรู้ของเครื่องผ่านอัลกอริทึม K-Means Clustering ร่วมกับการสร้างแบบจำลอง Baseline แบบพหุนามแยกตามสภาวะการทำงาน (Cluster-based Baseline) สาระสำคัญที่ค้นพบคือการใช้ดัชนี PICP เป็นเครื่องมือตรวจวัดความหนาแน่นของข้อมูลที่เบี่ยงเบนออกจากขอบเขตความเชื่อมั่น ซึ่งเป็นกลไกที่มีประสิทธิภาพในการระบุจุดเปลี่ยนสภาวะการทำงานของเครื่องจักร จากสภาวะปกติเข้าสู่สภาวะเสื่อมสภาพได้อย่างชัดเจน เมื่อนำข้อมูลดังกล่าวมาคำนวณร่วมกับมูลค่าความสูญเสียสะสมผ่านดัชนี ACPV และทำการพยากรณ์ล่วงหน้า 4 เดือน ระบบสามารถระบุจุดวิกฤตทางการเงินที่สอดคล้องกับงบประมาณบำรุงรักษาจริง ทำให้การ

วางแผนซ่อมบำรุงไม่ได้ขึ้นอยู่กับเพียงเกณฑ์ทางวิศวกรรมหรือระยะเวลาเพียงอย่างเดียว แต่เป็นการตัดสินใจที่อยู่บนพื้นฐานของความคุ้มค่าทางการเงินอย่างแท้จริง

สำหรับข้อเสนอแนะในการพัฒนาต่อยอด ควรมีการขยายผลโดยการเชื่อมโยงระบบพยากรณ์นี้เข้ากับฐานข้อมูลราคาสะท้อนค่าไฟฟ้าผันแปร (Ft) แบบ Real-time เพื่อให้การประเมินมูลค่าความสูญเสียสะสมมีความแม่นยำสูงสุดตามสภาวะเศรษฐกิจปัจจุบัน นอกจากนี้ควรมีการทดลองปรับเปลี่ยนหน้าต่างการเรียนรู้ (Learning Window) ให้มีความยืดหยุ่นตามฤดูกาลที่เปลี่ยนแปลงไป เพื่อลดผลกระทบจากปัจจัยภายนอกที่อาจส่งผลต่อการพยากรณ์ในระยะยาว และการพัฒนาหน้าจอแสดงผล (Dashboard) ที่สรุปผลในรูปแบบของระดับความเสี่ยงทางการเงินจะช่วยให้ผู้บริหารสามารถตัดสินใจจัดลำดับความสำคัญในการบำรุงรักษาเครื่องทำความเย็นที่มีจำนวนมากได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด อันจะนำไปสู่ความยั่งยืนด้านการจัดการพลังงานในระดับองค์กรต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีด้วยความสนับสนุนและความช่วยเหลือจากหลายภาคส่วน ผู้วิจัยขอขอบพระคุณการท่าเรือแห่งประเทศไทย ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลทางเทคนิคของเครื่องทำความเย็นและอำนวยความสะดวกในการเข้าศึกษาหน้างานจริง ซึ่งเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้การทดสอบแบบจำลองมีความสมบูรณ์ ขอขอบคุณคณะที่ปรึกษาและผู้เชี่ยวชาญทุกท่านที่ได้มอบคำแนะนำเชิงเทคนิค ตลอดจนหลักเกณฑ์ด้านการบริหารจัดการพลังงานที่เป็นประโยชน์ต่อการกำหนดทิศทางของงานวิจัย สุดท้ายนี้ขอขอบคุณครอบครัวและเพื่อนร่วมงานที่คอยเป็นกำลังใจและสนับสนุนในทุกขั้นตอนของการดำเนินการวิจัยจนสำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์ทุกประการ

เอกสารอ้างอิง

สำนักพัฒนาทรัพยากรบุคคลด้านพลังงาน กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษพลังงาน. (2553). คู่มือผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน (อาคาร).

Calinski´ T, Harabasz J. (1974). A dendrite method for cluster analysis. Communications in Statistics 1974: 3:1–27.

Davies DL, Bouldin DW. (1979). A cluster separation measure. IEEE Trans Pattern Anal Mach Intell 1979; PAMI-1:224–7.

Goel, S., Rosenberg, M., Karpman, M., LaPerle, C., & Eley, C. (2024). ANSI/ASHRAE/IES Standard 90.1-2022 Performance Rating Method Reference Manual (PNNL-36136).

Jia Z, Jin X, Lyu Y, Xue Q, Du Z. (2023). A robust capacity configuration selection method of multiple-chiller system concerned with the uncertainty of annual hourly load profile. Energy, 282:129000

Khosravi A, Nahavandi S, Creighton D, Atiya AF. (2011). Lower upper bound estimation method for construction of neural network-based prediction intervals. IEEE Trans Neural Netw, 22:337–46.

Lloyd S. (1982). Least squares quantization in PCM. IEEE transactions on information theory 28:129–37.

Wu, S., P. Yang., G. Chen, Z. Wang (2025). Evaluating seasonal chiller performance using operational data. Applied Energy 377 (2025) 124377.

Zhu Y., Zhang Q., Zeng L., Wang J, Zou S. (2024). An advanced control strategy of hybrid cooling system with cold water storage system in data center. Energy 291: 130304.

Ergonomic Redesign of Foot-Pedal Silk Weaving Workstations Using a Patent-Protected Pedal-Assist Mechanism: Biomechanical and Subjective Evaluation

Manote Rithinyo[1], Poranee Loatong[2], Kamonthip Parichatnon[2], Surakiat Parichatnon[2], Sombut Noyming[1]*, Amornsak Mayai[1], Patcharawan Ardharn[2], Alissara Thammabutr[2], Peeradaech Suwittayaruk[1] and Chinjirat Charunsiripaisan[2]

[1] Faculty of Engineering and Architecture, Rajamangala University of Technology Isan, Nakhonratchasima.

[2] Faculty of Management Technology, Rajamangala University of Technology Isan, Surin.

Corresponding Author E-mail Address : sombut.no@rmuti.ac.th

Abstract

Thailand's transition toward a super-aged society has intensified ergonomic challenges in labor-intensive craft industries, particularly silk weaving, where aging workers perform repetitive foot-pedal tasks under sustained non-neutral postures. This study evaluated the ergonomic effectiveness of a patent-protected pedal-assist mechanism (Utility Model Patent No. 17410) designed to reduce pedal-force demands and improve working posture in traditional silk weaving workstations.

A repeated-measures experimental design was conducted under community-based weaving conditions to compare traditional and redesigned workstations. Objective measures included pedal force, postural risk assessed using the Rapid Upper Limb Assessment (RULA), and weaving cycle time. Subjective workload and comfort were also evaluated.

The redesigned workstation significantly reduced pedal force and postural risk while improving weaving performance across all experience groups. Cycle time decreased by approximately 37%, and performance gains were maintained during later work sessions, indicating improved resistance to fatigue-related decline. Participants also reported lower perceived workload and improved lower-limb and trunk comfort.

Overall, the findings demonstrate that low-cost mechanically assisted ergonomic redesigns can improve occupational health, work efficiency, and sustainability among aging craft workers in low-resource production settings.

Keywords: ergonomic workstation design; pedal-assist mechanism; aging workforce; silk weaving; biomechanical load; low-resource craft systems

Introduction

Thailand's transition toward a super-aged society has intensified ergonomic challenges in labor-intensive craft industries, particularly silk weaving, where aging workers perform repetitive foot-pedal tasks under sustained non-neutral postures. Age-related declines in muscular strength and endurance increase susceptibility to musculoskeletal strain during repetitive lower-limb exertion and prolonged seated work (Gualtieri et al., 2020; Li et al., 2023). Despite the cultural and economic importance of silk weaving in Northeastern Thailand, ergonomics research addressing the working conditions of aging weavers remains limited.

1.1 Problem Statement

Traditional silk weaving workstations require repetitive downward pedal forces combined with sustained trunk and neck flexion. These demands impose substantial biomechanical loading on aging weavers and contribute to fatigue, discomfort, and reduced productivity. Although previous studies have reported elevated musculoskeletal risks in repetitive craft-based work, experimental evidence on low-cost mechanically assisted workstation interventions under real production conditions remains limited (Suthar et al., 2019; Gualtieri et al., 2022).

1.2 Research Gap

Existing studies on silk production in Thailand have focused primarily on social and economic dimensions rather than the biomechanical and postural demands associated with foot-operated weaving tasks. Although recent ergonomic research has emphasized redesign of lower-limb operated systems to reduce repetitive force demands and improve postural alignment among aging workers (Hsu et al., 2023), no prior studies have experimentally evaluated a pedal-assist mechanism for traditional silk weaving under community-based production conditions.

1.3 Aim of the Study

This study evaluated the ergonomic effectiveness of a newly developed pedal-assist mechanism (Utility Model Patent No. 17410) for traditional silk weaving workstations. A repeated-measures experimental design was used to compare biomechanical outcomes, weaving performance, workload, and comfort between traditional and redesigned workstations. The study aimed to provide ergonomic guidance for improving occupational safety and work sustainability among aging craft workers in low-resource production settings.

1.4 Hypotheses

Based on the expected ergonomic benefits of the redesigned pedal-assist mechanism, the following hypotheses were tested:

H1: The redesigned workstation significantly reduces peak and average pedal forces compared with the traditional workstation.

H2: RULA postural risk scores are significantly lower under the redesigned workstation.

H3: Weaving performance, measured by cycle time, is significantly improved under the redesigned workstation.

H4: Perceived workload is significantly lower under the redesigned workstation.

H5: Comfort ratings are significantly improved under the redesigned workstation.

Materials and Methods

2.1 Study Design

This study employed a repeated-measures experimental design to evaluate the ergonomic effectiveness of a redesigned pedal-assist weaving workstation under two conditions: a traditional foot-pedal loom and a redesigned pedal-assist loom.

Condition order was counterbalanced across participants. Before testing, participants completed a familiarization session to minimize learning effects and ensure consistent task execution. Testing was conducted under standardized community-based weaving conditions.

The repeated-measures design enabled within-subject comparison of pedal force, posture, weaving performance, and perceived workload between workstation conditions.

2.2 Participants

Participants were recruited from community-based silk weaving enterprises in Northeastern Thailand, the country’s primary silk-producing region and an area characterized by an aging weaving workforce. Two independent participant groups were included to evaluate objective biomechanical outcomes and subjective responses to the workstation conditions.

The first group consisted of fifty weavers aged 32-70 years with 1-20 years of weaving experience. These participants completed the biomechanical and performance assessments, including pedal-force and cycle-time measurements. For subgroup analysis, participants were stratified into four experience categories: 1-5 years, 6-10 years, 11-15 years, and >15 years.

The second group consisted of fifty additional weavers who completed the subjective workload and comfort evaluations.

All participants were experienced traditional silk weavers accustomed to foot-pedal operation and free from acute musculoskeletal injury at the time of testing. Written informed consent was obtained prior to data collection, and all procedures complied with institutional and national ethical standards for human-participant research.

2.3 Traditional Workstation Characteristics

The traditional foot-operated loom requires repetitive downward pedal force to activate the heddles, a task associated with elevated musculoskeletal loading in repetitive craft-based work (Punnett & Wegman, 2004). Preliminary observations and field measurements identified several ergonomic concerns, including:

1) mean pedal force of approximately 32.63 lb;

2) more than 600 pedal cycles per hour;

3) sustained forward trunk inclination and neck flexion with elevated shoulders; and

4) Rapid Upper Limb Assessment (RULA) scores of 6-7, indicating high postural risk (McAtamney & Corlett, 1993).

These findings indicate substantial mechanical and postural demands during prolonged weaving tasks. A representative working posture during operation of the traditional loom is shown in Figure 1.

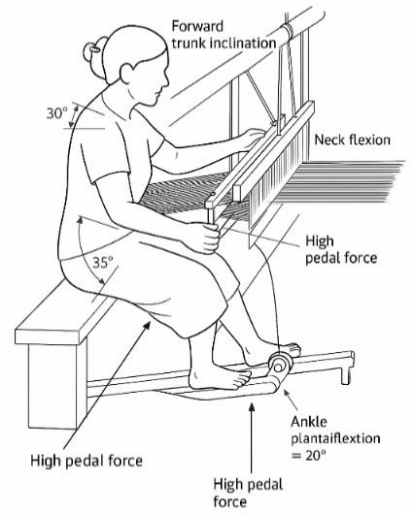


Figure 1 Traditional foot-operated silk weaving workstation illustrating high pedal-force demand, forward trunk inclination (~30°), neck flexion (~35°), and ankle plantarflexion (~20°), associated with elevated postural and muscular loading during repetitive weaving.

2.4 Ergonomic Redesign: Pedal-Assist Mechanism

The ergonomic redesign was developed to address the excessive pedal force and non-neutral lower-limb and trunk postures associated with the traditional weaving workstation. Figure 2(a) illustrates the pedal-assist mechanism engineered to reduce mechanical workload during repetitive weaving tasks.

The pedal-assist mechanism (Utility Model Patent No. 17410) incorporates a bearing-supported linkage system designed to reduce friction and improve force-transmission efficiency. The system converts downward foot motion into assisted rotational movement, thereby reducing peak pedal force during each weaving cycle. Key design features include:

1) a dual-sided pedal plate inclined approximately 15°;

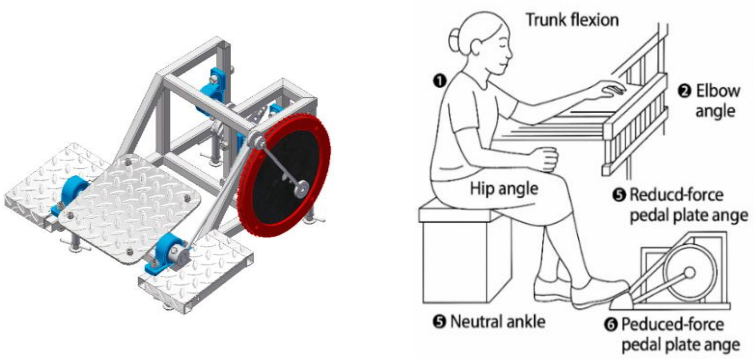
2) a low-friction linkage arm that minimizes resistive torque; and

3) an adjustable-height steel frame to accommodate user anthropometric variation.

These features align with ergonomic design principles emphasizing neutral joint alignment, reduced repetitive force exposure, and mechanical assistance for lower-limb tasks (ISO 11226:2018; ISO 6385:2016).

From a biomechanical perspective, the redesign was intended to reduce ankle plantarflexion, maintain the knee near 90°, and decrease forward trunk inclination during weaving. Figure 2(b) illustrates the optimized postural configuration enabled by the redesigned workstation.

Overall, the pedal-assist mechanism integrates mechanical-assistance principles with ergonomic workstation design to reduce force demands and improve postural alignment among aging silk weavers.



(a) (b)

Figure 2 Pedal-assist mechanism and optimized ergonomic posture during silk weaving.

(a) Pedal-assist mechanism developed to reduce foot-pedal force during silk weaving (Utility Model Patent No. 17410).

(b) Ergonomically optimized posture during operation of the redesigned workstation.

Labels indicate:

(1) reduced trunk flexion (~15°);

(2) elbow angle 90–100°;

(3) hip angle 90–100°;

(4) knee angle ~90°;

(5) neutral ankle position (0–5°); and

(6) pedal plate inclination (~15°).

2.5 Measurement Instruments

A combination of biomechanical, performance, and subjective instruments was used to assess the effects of the traditional and redesigned weaving workstations. All devices were calibrated prior to data collection to ensure accuracy and consistency across measurements.

1) Pedal Force Measurement

Pedal force was recorded using a load-cell system with an accuracy of ±0.5 percent of full scale. The sensor was mounted beneath the pedal plate to capture peak and average force during each weaving cycle. Force data were sampled at 100 Hz, which is sufficient for detecting rapid changes in lower-limb force during repetitive foot-operated tasks.

2) Task Time Measurement

Weaving performance was evaluated using a digital timer with a precision of 0.01 seconds. Each participant completed thirty weaving cycles per condition, with each cycle corresponding to a five-centimeter woven segment. Measurements were collected during both morning and afternoon sessions to account for possible diurnal variations in performance.

3) Warp-Tension Deviation Measurement

Warp-tension uniformity was assessed by measuring the lateral displacement difference between the left and right warp beams. A digital caliper with an accuracy of ±0.02 millimeters was used to quantify deviations. Lower deviation values indicated more stable tension control and improved fabric consistency.

4) Postural Assessment (RULA)

Upper-body posture was evaluated using the Rapid Upper Limb Assessment (RULA) method (McAtamney and Corlett, 1993). High-definition video footage (1080p resolution at 30 frames per second) was recorded during representative weaving cycles. Two trained ergonomists independently scored the postures, and inter-rater reliability was checked using the intraclass correlation coefficient to ensure scoring consistency.

5) Perceived Workload (NASA-TLX)

Perceived workload was measured using the NASA Task Load Index. Participants rated six workload dimensions, including mental demand, physical demand, temporal demand, performance, effort, and frustration, on a 20-point scale immediately after completing each workstation condition.

6) Comfort and Fatigue Assessment (CRS)

The Comfort Rating Scale (CRS) was used to evaluate perceived comfort and fatigue in key body regions such as the neck, shoulders, back, arms, wrists, and legs. Participants completed the ratings immediately after each condition, and lower scores reflected higher comfort levels.

2.6 Experimental Procedure

All participants completed the experimental protocol individually in a controlled community-weaving environment. Before data collection, participants underwent a familiarization session with both workstation conditions until stable task performance was achieved, thereby minimizing learning effects.

Participants performed standardized weaving tasks under two conditions:

1) the traditional foot-pedal loom, and

2) the redesigned pedal-assist loom.

Condition order was counterbalanced across participants to reduce sequence effects. Each participant completed thirty weaving cycles per condition, with each cycle representing a five-centimeter woven segment. A minimum three-minute seated rest period was provided between conditions to minimize fatigue carry-over effects.

To ensure experimental consistency and reduce measurement bias, loom configuration, seat height, lighting, ambient temperature, and weaving sequences were standardized across conditions. Seat height was adjusted to maintain an approximate ninety-degree knee angle before each trial, and participants were instructed to maintain their natural weaving rhythm throughout testing.

Pedal-force and cycle-time data were recorded continuously, while video recordings for postural assessment were obtained during representative weaving phases. Repeated measurements were averaged at the participant level before statistical analysis to improve measurement stability and reduce transient variability. Subjective evaluations were administered immediately after each condition to minimize recall bias.

No missing data were observed because all experimental sessions were completed under supervised conditions. Only complete repeated observations were included in subgroup summaries and statistical analyses.

2.7 Statistical Analysis

Statistical analyses were performed using IBM SPSS Statistics Version 29.0 (IBM Corp., Armonk, NY, USA). Statistical significance was set at $p < 0.05$.

1) Linear Mixed-Effects Modeling of Weaving Performance

Weaving performance, quantified using cycle time, was analyzed using linear mixed-effects models (LMMs) to account for repeated observations nested within participants and inter-individual variability. Fixed effects included workstation condition (traditional vs. redesigned), session (morning vs. afternoon), and experience group, while participant was specified as a random intercept.

The model was specified as:

$$\mathrm{CycleTime}_{ij} = \beta_0 + \beta_1(\mathrm{Workstation}) + \beta_2(\mathrm{Session}) + \beta_3(\mathrm{ExperienceGroup}) + u_i + \varepsilon_{ij}$$

where u_i represents participant-specific random effects and ε_{ij} represents residual error. An interaction term between workstation condition and session was additionally included to evaluate fatigue-related performance changes across the workday.

Model parameters were estimated using restricted maximum likelihood (REML). Fixed effects were evaluated using F-tests with Satterthwaite approximation. Intraclass correlation coefficients (ICCs) were calculated to quantify between-participant variability.

2) Supplementary Population-Averaged and Bayesian Analyses

Generalized estimating equations (GEE) and Bayesian hierarchical estimation were applied as supplementary robustness analyses to confirm the stability of the mixed-effects findings for repeated cycle-time observations.

3) Analysis of Biomechanical and Subjective Outcomes

Paired-samples *t*-tests were used to compare biomechanical outcomes between workstation conditions. When normality assumptions were violated, non-parametric alternatives were applied. Postural and subjective outcomes were analyzed using repeated-measures procedures where appropriate. Effect sizes were reported using Cohen’s *d*, Hedges’ *g*, or partial eta squared, with 95% confidence intervals reported for primary outcomes.

4) Reliability and Variability Metrics

Inter-rater reliability for postural assessment was evaluated using intraclass correlation coefficients. Performance variability and temporal stability were assessed using coefficients of variation and within-session performance drift metrics.

2.8 Sample Size Justification

Sample size was determined using an a priori power analysis for within-subject ergonomic intervention research involving paired comparisons between traditional and redesigned workstation conditions.

Fifty participants were recruited for the biomechanical and performance assessments, and an additional fifty participants completed the subjective evaluations. Because no prior effect-size estimates were available for pedal-assist mechanisms in traditional silk weaving, a conservative medium-to-large effect size (Cohen’s $dz = 0.60$) was assumed. Using a two-tailed paired-samples design with an alpha level of 0.05 and statistical power of 0.95, the minimum required sample size was estimated at approximately 32 participants.

The final sample exceeded the minimum requirement and provided adequate statistical power to detect meaningful differences in pedal force, posture, cycle time, workload, and comfort outcomes.

Results

3.1 Pedal Force

Operation of the redesigned pedal-assist workstation substantially reduced pedal-force requirements compared with the traditional foot-operated loom. Mean pedal force decreased from 32.46 lb to 16.43 lb, representing a 49.31% reduction. Participant-level paired-samples analysis confirmed that this reduction was statistically significant ($t(49) = 34.11$, $p < 0.001$) with an extremely large effect size (Cohen’s $dz = 4.82$) (Table 1).

Peak pedal force was similarly reduced from 37.59 lb to 26.86 lb (28.53% reduction; $t(49) = 21.22$, $p < 0.001$; Cohen’s $dz = 3.00$). Minimum pedal force also decreased markedly, from 29.09 lb to 8.56 lb ($t(49) = 29.85$, $p < 0.001$; Cohen’s $dz = 4.22$), indicating continuous mechanical support throughout the pedal cycle.

These reductions are attributable to the bearing-supported linkage and optimized pedal geometry, which reduced resistive torque and lowered force transmission demands across the ankle, knee, and hip

joints. Because pedal force was measured objectively using calibrated load-cell instrumentation, the large effect sizes likely reflect genuine biomechanical unloading.

Collectively, these findings support Hypothesis 1 and demonstrate that the redesigned workstation substantially reduces lower-limb mechanical demands during weaving tasks.

Table 1 Participant-Level Comparison of Pedal Force Metrics Between Traditional and Redesigned Workstations (n = 50)

Measure	Traditional Mean	Redesigned Mean	Percent Reduction	Statistical Evidence
Mean pedal force (lb)	32.46	16.43	49.31%	$t(49) = 34.11$, $p < 0.001$; Cohen's dz = 4.82
Peak pedal force (lb)	37.59	26.86	28.53%	$t(49) = 21.22$, $p < 0.001$; Cohen's dz = 3.00
Minimum pedal force (lb)	29.09	8.56	70.57%	$t(49) = 29.85$, $p < 0.001$; Cohen's dz = 4.22

Note. Pedal-force values represent participant-level means averaged across repeated weaving cycles under each workstation condition.

3.2 Postural Assessment

Postural risk assessment using the Rapid Upper Limb Assessment (RULA) demonstrated substantial improvements in working posture with the redesigned pedal-assist workstation. The mean RULA grand score decreased from 6.63 ± 0.57 under the traditional workstation to 3.41 ± 0.63 under the redesigned condition, indicating a shift from high-risk postures requiring immediate investigation and change (action levels 3–4) to moderate-risk postures requiring further monitoring (action level 2). This reduction was statistically significant ($t(49) = 28.12$, $p < 0.001$) with a very large effect size (Cohen's dz = 3.98) (Table 2).

Analysis of individual RULA components showed consistent postural improvements across body regions. Trunk posture scores decreased from 4.02 ± 0.41 to 2.11 ± 0.37 ($Z = -6.21$, $p < 0.001$, $r = 0.62$), indicating reduced spinal flexion and improved trunk alignment. Upper-limb posture scores decreased from 3.87 ± 0.46 to 2.38 ± 0.44 ($Z = -5.89$, $p < 0.001$, $r = 0.59$), reflecting reduced shoulder elevation and arm deviation during weaving. Lower-limb posture scores also declined from 3.74 ± 0.52 to 2.06 ± 0.39 ($Z = -6.03$, $p < 0.001$, $r = 0.61$), indicating reduced postural stress during pedal operation.

Collectively, these findings support Hypothesis 2 and demonstrate that the redesigned pedal-assist workstation substantially improves postural ergonomics during prolonged seated weaving tasks.

Table 2 RULA Postural Risk Scores for Traditional and Redesigned Workstations (n = 50)

Measure	Traditional Mean (SD)	Redesigned Mean (SD)	Statistical Test	Statistic	p-value	Effect Size
RULA Grand Score	6.63 (0.57)	3.41 (0.63)	Paired t-test	t(49) = 28.12	< 0.001	Cohen's dz = 3.98
Trunk posture score	4.02 (0.41)	2.11 (0.37)	Wilcoxon signed-rank	Z = −6.21	< 0.001	r = 0.62
Upper-limb posture score	3.87 (0.46)	2.38 (0.44)	Wilcoxon signed-rank	Z = −5.89	< 0.001	r = 0.59
Lower-limb posture score	3.74 (0.52)	2.06 (0.39)	Wilcoxon signed-rank	Z = −6.03	< 0.001	r = 0.61
Overall RULA Action Level	Level 3-4	Level 2	-	-	-	-

Note. action levels were derived according to McAtamney and Corlett (1993), where scores of 6-7 indicate action levels 3-4 and scores of 3-4 correspond to action level 2.

3.3 Weaving Performance

Weaving performance was assessed using cycle time, defined as the time required to complete a standardized weaving sequence. Linear mixed-effects modeling revealed a strong main effect of workstation condition on weaving performance, with significantly shorter cycle times observed under the redesigned pedal-assist workstation compared with the traditional workstation (β = −229.60 s, SE = 3.9, $p < 0.001$). Across participants, mean cycle time decreased from 622.21 ± 10.51 s to 394.06 ± 22.45 s, corresponding to an overall reduction of approximately 36.64% (Table 3).

Comparable effect magnitudes were observed using generalized estimating equations and Bayesian hierarchical estimation, supporting the robustness of the performance improvement across analytical approaches. In addition, the workstation-by-session interaction was statistically significant, indicating that the redesigned workstation maintained improved performance during afternoon sessions, when fatigue-related slowing would typically be expected.

Although between-participant variability increased slightly under the redesigned condition, overall cycle time remained substantially improved, suggesting adaptive rather than detrimental variability in weaving strategies. Subgroup summaries further demonstrated consistent reductions in cycle time across experience levels and testing periods, with descriptive improvements ranging from approximately 34% to 39% (Table 4). Inferential conclusions regarding subgroup and fatigue-related effects were derived from the mixed-effects modeling framework rather than from independent subgroup testing.

Collectively, these findings support Hypothesis 3 and demonstrate that the redesigned pedal-assist workstation substantially improves weaving efficiency while reducing fatigue-related performance decline during prolonged weaving tasks.

Table 3 Advanced Multi-Model Analysis of Weaving Performance (n = 50; repeated measures)

Outcome	Traditional (Mean ± SD)	Redesigned (Mean ± SD)	Percent Change	Linear Mixed-Effects Model (β, p)	GEE Wald χ^2	Bayesian Posterior Mean (95% CI)
Cycle time (s)	622.21 ± 10.51	394.06 ± 22.45	36.64% reduction	β = -229.60, p < 0.001	152.40, p < 0.001	-229.70 (-245.40, -214.20)
Performance drift (s/cycle)	+0.42 ± 0.07	+0.11 ± 0.05	73.81% reduction	β = -0.31, p < 0.01	18.60, p < 0.001	-0.30 (-0.41, -0.20)
Between-weaver variability (SD)	13.06	22.93	75.57% increase	Not significant	NS	95% CI overlaps
Cycle variability (CV, %)	2.09%	5.82%	Higher variability	Not tested	NS	-

Note. Linear mixed-effects models (LMMs) included workstation condition, session, and experience group as fixed effects, with participant specified as a random intercept. Bayesian estimates are reported as posterior means with 95% credible intervals.

Table 4 Subgroup Analysis of Weaving Cycle Time by Experience Level and Time of Day

Experience Group	Time of Day	Traditional Workstation Mean (SD), s	Redesigned Workstation Mean (SD), s	% Improvement
1-5 years	Morning	621.11 (12.85)	405.81 (14.17)	34.67%
1-5 years	Afternoon	632.09 (11.16)	400.74 (15.32)	36.60%
6-10 years	Morning	613.51 (7.52)	395.18 (28.05)	35.59%
6-10 years	Afternoon	634.29 (9.53)	395.13 (23.78)	37.70%
11-15 years	Morning	613.84 (9.27)	392.83 (27.21)	36.01%
11-15 years	Afternoon	633.69 (8.09)	388.89 (20.93)	38.63%
>15 years	Morning	612.42 (6.17)	381.43 (19.96)	37.72%
>15 years	Afternoon	631.09 (8.87)	390.84 (23.12)	38.07%

Note. Values represent aggregated repeated cycle-time observations within each experience category and testing session. Inferential statistical testing was conducted using the overall mixed-effects modeling framework reported in Table 3.

3.4 Perceived Workload and Comfort

Subjective workload and comfort were evaluated using the NASA Task Load Index (NASA-TLX) and the Comfort Rating Scale (CRS). Overall workload scores were substantially lower under the redesigned pedal-assist workstation than under the traditional workstation. Linear mixed-effects modeling confirmed a statistically significant reduction in perceived workload with the redesigned condition (Table 5).

Reductions in workload were primarily associated with lower physical demand and effort, consistent with the reductions in pedal force and postural risk observed in Sections 3.1 and 3.2. Mental and temporal demand scores also decreased, indicating that the redesigned workstation reduced physical strain without increasing cognitive or pacing burden. In parallel, comfort ratings improved markedly, particularly in the lower limbs and trunk regions directly involved in pedal operation and postural stabilization during weaving.

Improved comfort was maintained across working sessions, suggesting that the redesigned workstation supports sustained usability rather than only transient relief. Although fatigue was not measured directly, the observed reductions in workload together with improved comfort ratings suggest a lower subjective experience of physical fatigue during prolonged weaving tasks.

Collectively, these findings support Hypotheses 4 and 5 and demonstrate that the redesigned pedal-assist workstation reduces perceived workload while improving comfort and usability during repetitive weaving tasks.

Table 5 Subjective Workload and Comfort Outcomes Based on NASA-TLX and Comfort Rating Scale

Outcome Domain	Traditional Mean (SD)	Redesigned Mean (SD)	Percent Change	Mixed-Effects Model (β, p)	Bayesian Estimate (95% CI)	Hedges' g
NASA-TLX Overall Score	63.47 (6.83)	38.91 (7.24)	−38.71%	−24.56, $p < 0.001$	−24.31 (−27.94, −20.82)	2.94
Mental Demand	12.42 (1.83)	7.64 (1.71)	−38.48%	−4.78, $p < 0.001$	−4.69 (−5.82, −3.61)	2.53

Table 5. *(Con.)*

Outcome Domain	Traditional Mean (SD)	Redesigned Mean (SD)	Percent Change	Mixed-Effects Model (β, p)	Bayesian Estimate (95% CI)	Hedges' g
Physical Demand	14.87 (1.94)	8.32 (2.11)	−44.02%	−6.55, $p < 0.001$	−6.48 (−7.92, −5.21)	3.01
Temporal Demand	11.26 (1.62)	7.91 (1.53)	−29.75%	−3.35, $p < 0.01$	−3.28 (−4.41, −2.09)	2.07
Effort	13.09 (1.88)	8.15 (1.76)	−37.73%	−4.94, $p < 0.001$	−4.83 (−6.01, −3.79)	2.62
Frustration	11.83 (1.57)	6.89 (1.41)	−41.76%	−4.94, $p < 0.001$	−4.88 (−5.97, −3.92)	2.88
Comfort Rating Scale (Overall)	2.41 (0.46)	4.13 (0.52)	71.37%	+1.72, $p < 0.001$	+1.69 (+1.42, +1.98)	3.34
Lower-limb comfort	2.18 (0.51)	4.32 (0.48)	98.17%	+2.14, $p < 0.001$	+2.11 (+1.78, +2.46)	3.89
Trunk and back comfort	2.33 (0.47)	4.01 (0.55)	72.10%	+1.68, $p < 0.001$	+1.66 (+1.38, +1.97)	3.05

Note. Lower NASA-TLX scores indicate lower perceived workload, whereas higher comfort scores indicate greater perceived comfort. Mixed-effects models included workstation condition as a fixed effect and participant as a random intercept.

Discussion

This study provides robust empirical evidence that the redesigned pedal-assist workstation effectively reduces biomechanical load, improves postural alignment, and enhances weaving performance among aging craft workers. By integrating mechanical assistance into a traditional foot-operated weaving system, the intervention addresses key ergonomic risk factors associated with repetitive lower-limb exertion and sustained non-neutral postures, which are commonly reported in craft-based occupations.

Although repeated-measures ANOVA was applied to selected outcomes to facilitate comparison with prior ergonomic studies, linear mixed-effects modeling was considered the primary analytical framework for weaving performance. The LMM approach allowed explicit modeling of inter-individual variability and fatigue-related effects across sessions, thereby providing more robust and ecologically valid estimates of workstation effects. This analytical strategy is particularly appropriate in community-based production settings, where differences in experience, anthropometry, and work rhythm are intrinsic characteristics of the workforce (Marras, 2021).

4.1 Biomechanical and Postural Implications

The marked reduction in pedal force observed with the redesigned workstation indicates substantially lower mechanical loading on the ankle, knee, and hip joints. Given the repetitive nature of silk weaving, reduced force demands per cycle may considerably decrease cumulative musculoskeletal stress during prolonged work periods. These findings are consistent with ergonomic principles emphasizing mechanical assistance and load redistribution to minimize fatigue and injury risk, particularly among aging workers (Li et al., 2023; Park and Lee, 2024).

Improvements in RULA postural risk scores further demonstrate the effectiveness of the pedal-assist mechanism in promoting more neutral working postures. Reduced trunk flexion, upper-limb deviation, and lower-limb postural stress align with established recommendations for seated pedal-intensive tasks, where neutral joint alignment is essential for minimizing spinal loading and musculoskeletal strain (ISO 11226:2018; Vieira and Kumar, 2004). Together, these findings suggest that the redesigned workstation supports safer and more sustainable weaving practices.

Although the observed biomechanical effect sizes were large, such magnitudes are plausible in mechanically assisted systems where force transmission is directly reduced at the source of task loading. Comparable findings have been reported in studies involving powered or mechanically assisted lower-limb work systems (Hsu et al., 2023).

4.2 Performance Enhancement and Fatigue Resistance

Beyond the biomechanical benefits, the redesigned workstation produced consistent improvements in weaving efficiency. Linear mixed-effects modeling demonstrated significant reductions in cycle time across all experience groups and testing periods. Importantly, these gains were maintained during afternoon sessions, when fatigue-related slowing is typically more pronounced. This finding suggests that the pedal-assist mechanism enhances resistance to fatigue-related decline, consistent with previous research on mechanically assisted lower-limb tasks (Hsu et al., 2023).

The reduction in within-session performance drift further indicates improved pacing stability under the redesigned condition. Although between-weaver variability increased slightly, this pattern likely reflects adaptive motor strategies enabled by mechanical assistance rather than reduced task control. In heterogeneous craft workforces, such adaptive variability may indicate flexible and efficient motor behavior provided that overall task efficiency remains stable or improved (Marras, 2021).

4.3 Subjective Workload, Comfort, and Usability

Subjective responses were consistent with the objective biomechanical findings, showing significant reductions in perceived workload and notable improvements in comfort and fatigue ratings. Lower physical demand and effort scores closely paralleled the observed reductions in pedal force and postural risk. These findings are consistent with previous studies demonstrating strong associations between reduced physical workload, improved comfort, and enhanced usability in repetitive manual tasks (Hart and Staveland, 1988; Zhang et al., 1996).

Participants also reported greater lower-limb and trunk comfort during operation of the redesigned workstation, highlighting its practical suitability for prolonged use. In craft-based production systems, perceived comfort and ease of operation are important determinants of long-term adoption and sustained productivity, particularly among aging workers who may otherwise reduce working participation due to discomfort or fatigue.

4.4 Implications for Ergonomic Design in Low-Resource Craft Settings

Collectively, the findings underscore the importance of accounting for workforce heterogeneity and temporal performance dynamics when evaluating ergonomic interventions in real-world production environments. The redesigned pedal-assist workstation illustrates how relatively simple and low-cost mechanical modifications, grounded in ergonomic principles, can yield meaningful improvements in both worker well-being and task performance without reliance on complex or capital-intensive technologies. This perspective is consistent with evidence from craft-based and informal-sector ergonomics research, which demonstrates that context-sensitive and low-resource interventions can effectively reduce physical strain and musculoskeletal risk among traditional weaving workers in developing regions (Saha & Nag, 2017).

Limitations of the Study

Several limitations should be acknowledged. First, although the experimental protocol was conducted in authentic community weaving environments, data were collected during standardized task periods rather than full work shifts. Long-term exposure effects and cumulative fatigue across entire working days were therefore not directly assessed. Second, biomechanical measurements focused on pedal force and postural risk scores. Electromyographic data were not collected and could provide additional insight into muscle activation patterns and localized fatigue.

Third, the separation of objective and subjective samples, while methodologically justified to reduce response bias, limits direct within-subject comparison between biomechanical outcomes and perceived responses. Finally, participants were drawn from a specific regional context, which may limit generalizability to other weaving traditions or craft-based industries with different task demands.

Future Research Directions

Future studies should examine the long-term effects of pedal-assist mechanisms during full-shift weaving and over extended periods of regular use to better understand cumulative fatigue reduction and musculoskeletal health outcomes. Incorporating electromyographic and kinematic analyses would enable more detailed assessment of muscular load redistribution and movement strategies associated with assisted pedal operation.

Further research should also explore learning and adaptation effects over time, particularly among highly experienced and older weavers, to determine how performance variability evolves with prolonged exposure to mechanical assistance. Comparative studies across different craft-based pedal-operated systems could help establish the broader applicability of the design principles demonstrated in this study. Finally, participatory design approaches that integrate user feedback into iterative refinement may further

enhance adoption, usability, and long-term sustainability of ergonomic interventions in community-based production settings.

Conclusion

This study provides empirical evidence that a patent-protected pedal-assist mechanism can substantially improve the ergonomic and functional performance of traditional silk weaving workstations used by aging craft workers. The redesigned workstation significantly reduced pedal-force requirements, improved postural alignment, enhanced weaving efficiency, and lowered perceived workload and fatigue.

Biomechanical improvements were reflected in reductions in average and peak pedal forces, lower RULA postural risk scores, and faster weaving cycle times across experience levels and testing sessions. Mixed-effects modeling further confirmed that these improvements remained robust despite inter-individual variability and fatigue-related temporal effects. Subjective evaluations also demonstrated lower physical demand, reduced effort, and improved comfort, particularly in the lower limbs and trunk regions.

The findings demonstrate that meaningful ergonomic improvements can be achieved through low-cost and culturally compatible mechanical redesigns. The pedal-assist workstation therefore represents a practical and scalable intervention for supporting occupational health, productivity, and long-term work participation among aging weavers in community-based production systems.

More broadly, this study highlights the potential of evidence-based ergonomic design to address workforce-aging challenges in traditional industries and may inform future interventions for other pedal-operated and craft-based work systems.

Funding: This research was funded by the National Research Council of Thailand (NRCT), Thailand.

Institutional Review Board Statement: The study protocol was approved by the Human Research Ethics Committee of Rajamangala University of Technology Isan (Approval No. RMUTI-HEC-01-68-118; approved 9 December 2025). Written informed consent was obtained from all participants prior to data collection. All procedures were conducted in accordance with the Declaration of Helsinki (2013 revision) and the ethical standards of the National Research Council of Thailand for research involving human participants.

Acknowledgements

He authors gratefully acknowledge the support of the Agricultural Research Development Agency (Public Organization), Thailand, whose funding made this research possible. The authors also extend their appreciation to the community-based silk enterprises and all participating silk workers for their collaboration

and invaluable contributions during field implementation. Special thanks are given to the staff and research personnel of Rajamangala University of Technology Isan for their technical assistance and coordination throughout the study. During the preparation of this manuscript, the authors used ChatGPT (GPT-5, OpenAI, 2025) to support tasks related to language editing and formatting.

References

Burgess-Limerick R. and Lynas D. (2016). Design principles for lower limb pedal controls in seated work. Applied Ergonomics. 55: 1–8. DOI: 10.1016/j.apergo.2015.12.006

Department of Industrial Promotion. (2024). Silk industry development report. Ministry of Industry: Bangkok.

Department of Older Persons. (2023). Thailand aging society report. Ministry of Social Development and Human Security: Bangkok.

Gualtieri L., Palomba I., Merati F.A., Rauch E. and Vidoni R. (2022). Design of human-centered collaborative workstations for aging workers. Applied Ergonomics. 100: 103665. DOI: 10.1016/j.apergo.2021.103665

Gualtieri L., Rauch E., Vidoni R. and Matt D.T. (2020). A systematic review of human factors and ergonomics in aging workforce. Applied Ergonomics. 82: 102889. DOI: 10.1016/j.apergo.2019.102889

Hart S.G. and Staveland L.E. (1988). Development of NASA-TLX (Task Load Index): Results of empirical and theoretical research. In Hancock P.A. and Meshkati N., Editors. Human Mental Workload. Elsevier: Amsterdam. 139–183. DOI: 10.1016/S0166-4115(08)62386-9

Hsu W.L., Chiu Y.H. and Lin C.J. (2023). Effects of lower-limb mechanical assistance on fatigue development and task performance during repetitive seated work. Applied Ergonomics. 109: 103967. DOI: 10.1016/j.apergo.2023.103967

International Organization for Standardization. (2016). ISO 6385:2016 Ergonomics principles in the design of work systems. ISO: Geneva.

International Organization for Standardization. (2018). ISO 11226:2018 Ergonomics-Evaluation of static working postures. ISO: Geneva.

Li X., Zhang Y. and Wang J. (2023). Ergonomic interventions for aging workers: A systematic review of biomechanical load reduction strategies. Applied Ergonomics. 106: 103857. DOI: 10.1016/j.apergo.2022.103857

Marras W.S. (2021). The Working Back: A Systems View. 2nd Edition. Wiley: Hoboken. DOI: 10.1002/9781119512982

McAtamney L. and Corlett E.N. (1993). RULA: A survey method for the investigation of work-related upper limb disorders. Applied Ergonomics. 24(2): 91–99. DOI: 10.1016/0003-6870(93)90080-S

Park S.Y. and Lee K.S. (2024). Mechanical assistance and musculoskeletal load reduction in pedal-operated industrial tasks. International Journal of Industrial Ergonomics. 98: 103512. DOI: 10.1016/j.ergon.2023.103512

Punnett L. and Wegman D.H. (2004). Work-related musculoskeletal disorders: The epidemiologic evidence and the debate. Journal of Electromyography and Kinesiology. 14(1): 13–23. DOI: 10.1016/j.jelekin.2003.09.015

Suthar J., Chakrabarti D. and Dutta T. (2019). Ergonomic evaluation of traditional handloom weaving tasks and musculoskeletal problems among artisans. Applied Ergonomics. 74: 77–91. DOI: 10.1016/j.apergo.2018.08.007

United Nations. (2023). World population ageing 2023. United Nations Department of Economic and Social Affairs: New York.

Vieira E.R. and Kumar S. (2004). Working postures: A literature review. Journal of Occupational Rehabilitation. 14(2): 143–159. DOI: 10.1023/B:JOOR.0000018330.46029.05

Zhang Y., Luximon A. and Putz-Anderson V. (1996). A psychophysical model of discomfort and exertion in repetitive manual tasks. Human Factors. 38(3): 404–417. DOI: 10.1518/001872096778701944

โอกาสและแนวทางการพัฒนากล้วยเล็บมือนางในพื้นที่ปราจีนบุรี : กรณีศึกษาศูนย์การเรียนรู้เกษตรปลอดภัยและสุขภาวะ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต

Opportunities and development approaches of Kluai Leb Mue Nang cultivation in Prachinburi province: A case study of the safe agriculture and well-being learning center, Suan Dusit University

ดุสิต อังธารารักษ์[1*] ศิวิทย์ บัวสุวรรณ[1] และรุ่งเกียรติ แก้วเพชร[1,2]
Dusit Angthararuk[1*], Siwawit Buasuwan[1] and Rungkiat Kawpet[1,2]

[1]คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต
[2]สำนักนวัตกรรมชุมชน มหาวิทยาลัยสวนดุสิต
[*]Corresponding Author E-mail Address : ajdusit@gmail.com

บทคัดย่อ

กล้วยเล็บมือนางเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีศักยภาพสูงด้านการบริโภคสดและการแปรรูป เนื่องจากมีเอกลักษณ์ด้านรสชาติ กลิ่นหอม และลักษณะผลที่เป็นที่นิยมของผู้บริโภค การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาศักยภาพพื้นที่ปลูก วิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและทางเคมีของกล้วยเล็บมือนางที่ปลูกในพื้นที่ศูนย์การเรียนรู้เกษตรปลอดภัยและสุขภาวะ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต จังหวัดปราจีนบุรี รวมถึงเสนอแนวทางการพัฒนาเชิงเศรษฐกิจและเกษตรปลอดภัย การศึกษาพบว่า พื้นที่ตำบลดงขี้เหล็ก อำเภอเมือง จังหวัดปราจีนบุรี มีลักษณะภูมิประเทศ ดิน น้ำ และสภาพภูมิอากาศที่เหมาะสมต่อการปลูกกล้วยเล็บมือนาง โดยดินมีค่าความเป็นกรด–ด่างอยู่ระหว่าง 6.1–6.4 มีอินทรียวัตถุและฟอสฟอรัสในระดับเหมาะสมต่อการเพาะปลูก ผลการวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพของกล้วย พบว่ามีความกว้างเฉลี่ย 2.10 ± 0.47 เซนติเมตร ความยาวเฉลี่ย 10.90 ± 0.81 เซนติเมตร และมีเส้นรอบวงเฉลี่ย 8.80 ± 0.66 เซนติเมตร โดยมีน้ำหนักเฉลี่ยอยู่ที่ 43.58 ± 7.44 กรัมต่อผล และมีค่าความเป็นสีเหลือง (b*) สูงถึง 58.10 ซึ่งสะท้อนคุณภาพผลผลิตที่ดี ขณะที่ผลการวิเคราะห์ทางเคมีพบว่ากล้วยมีคาร์โบไฮเดรต โปรตีน และแร่ธาตุที่มีคุณค่าทางโภชนาการใกล้เคียงกับมาตรฐานทั่วไปของกล้วยเล็บมือนางในท้องตลาด ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าพื้นที่ดังกล่าวมีศักยภาพในการพัฒนาเป็นแหล่งผลิตกล้วยเล็บมือนางคุณภาพสูง และสามารถต่อยอดสู่การสร้างมูลค่าเพิ่มทางเศรษฐกิจและการพัฒนาเกษตรปลอดภัยอย่างยั่งยืนได้ในอนาคต

คำสำคัญ: กล้วยเล็บมือนาง ปราจีนบุรี, เกษตรปลอดภัย

Abstract

Kluai Leb Mue Nang is an economic crop with high potential for both fresh consumption and product processing due to its distinctive flavor, pleasant aroma, and fruit characteristics favored by consumers. This study aimed to investigate the potential of cultivation areas and analyze the physical and chemical properties of Kluai Leb Mue Nang grown at the Safe and Well-being Agriculture Learning Center, Suan Dusit

University, Prachinburi Province and propose guidelines for economic and safe agricultural development. Physical analysis of the Kluai Leb Mue Nang revealed that the average width, length and circumference were 2.10 ± 0.47, 10.90 ± 0.81 and 8.80 ± 0.66 centimeters, respectively. The average weight was 43.58 ± 7.44 grams per fruit. It has a high yellowness value (b*) of up to 58.10, reflecting good product quality. Chemical analysis revealed that the Kluai Leb Mue Nang contain carbohydrates, proteins, and minerals with nutritional value similar to the general standards of commercially available Kluai Leb Mue Nang. This study indicates that the area has the potential to develop into a source of high-quality Kluai Leb Mue Nang, and can be further developed to create added economic value and promote sustainable, safe agricultural practices in the future.

Keywords: Kluai Leb Mu Nang, Prachinburi, Safe Agricultural

บทนำ

กล้วยเล็บมือนาง “Kluai Leb Mu Nang” มีชื่อ ทางวิทยาศาสตร์ว่า *Musa sapientum* Linn เป็นพืชจัดอยู่ในวงศ์ MUSACEAE (Kulketwong, al et., 2017) เป็นกล้วยพื้นเมืองที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทย โดยเฉพาะในพื้นที่ภาคใต้ เนื่องจากมีลักษณะเด่นด้านรูปร่างผลที่เรียวยาว เปลือกบาง เนื้อแน่นละเอียด รสหวาน และมีกลิ่นหอมเฉพาะตัว จึงได้รับความนิยมทั้งในรูปแบบการบริโภคสดและการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ เช่น กล้วยอบ กล้วยฉาบ และกล้วยตาก นอกจากนี้ กล้วยเล็บมือนางยังเป็นพืชที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง อุดมด้วยคาร์โบไฮเดรต ใยอาหาร วิตามิน และแร่ธาตุที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ (กลุ่มวิจัยอาหารเพื่อโภชนาการ สำนักโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข, 2025) แหล่งกำเนิดของกล้วยเล็บมือนางเชื่อว่ามีต้นกำเนิดในเขตร้อนของเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ และมีการปลูกแพร่หลายในหลายประเทศ สำหรับประเทศไทย กล้วยเล็บมือนางถือเป็นพืชท้องถิ่นที่มีชื่อเสียง โดยเฉพาะจังหวัดชุมพรซึ่งได้รับการขึ้นทะเบียนสิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์ (GI) (สำนักงานเกษตรและสหกรณ์จังหวัดชุมพร, 2562) เนื่องจากคุณภาพผลผลิตและรสชาติที่โดดเด่นของกล้วยเล็บมือ ในด้านเศรษฐกิจกล้วยเล็บมือนางเป็นพืชที่สร้างรายได้ให้แก่เกษตรกรทั้งในระดับครัวเรือนและระดับชุมชน เนื่องจากสามารถจำหน่ายได้ทั้งในรูปผลสดและผลิตภัณฑ์แปรรูป เช่น กล้วยอบ กล้วยฉาบ กล้วยตาก และขนมพื้นบ้าน (องค์การบริหารส่วนจังหวัดชุมพร, 2568) อีกทั้งยังเป็นวัตถุดิบที่มีศักยภาพในการพัฒนาเป็นสินค้าเกษตรมูลค่าสูง ส่งผลให้เกิดการจ้างงานและกระตุ้นเศรษฐกิจในชุมชน นอกจากนี้กล้วยเล็บมือนางยังมีคุณค่าทางโภชนาการสูง ประกอบด้วยวิตามิน แร่ธาตุ และใยอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อสุขภาพ ปัจจุบันหน่วยงานด้านการเกษตรได้มีการส่งเสริมการปลูกกล้วยเล็บมือนางอย่างต่อเนื่อง โดยมุ่งเน้นการพัฒนาคุณภาพผลผลิต การจัดการสวนอย่างเหมาะสม และการใช้ระบบเกษตรปลอดภัย เพื่อเพิ่มศักยภาพการแข่งขันทางการตลาด รวมถึงสนับสนุนให้เกษตรกรรวมกลุ่มเป็นวิสาหกิจชุมชนในการผลิตและแปรรูปสินค้า ซึ่งจะช่วยสร้างความมั่นคงทางเศรษฐกิจและพัฒนาคุณภาพชีวิตของเกษตรกรในระยะยาว

การพัฒนาพืชเศรษฐกิจท้องถิ่นให้มีคุณภาพและมาตรฐานความปลอดภัยทางอาหาร เป็นแนวทางสำคัญในการยกระดับเศรษฐกิจฐานรากและเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของภาคการเกษตร จังหวัดปราจีนบุรี นับเป็นพื้นที่ที่มีศักยภาพด้านการเกษตรสูง เนื่องจากมีสภาพภูมิประเทศและภูมิอากาศเหมาะสมต่อการเพาะปลูกพืชเขตร้อนหลายชนิด (สำนักงานปลัดกระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2568) โดยเฉพาะพื้นที่ตำบลดงขี้เหล็ก อำเภอเมือง จังหวัดปราจีนบุรี ซึ่งมีลักษณะเป็นพื้นที่

ราบลุ่มสลับพื้นที่เชิงเขา มีระบบน้ำธรรมชาติและคลองชลประทานที่เอื้อต่อการเพาะปลูกตลอดปี จากการสำรวจคุณภาพดินและสภาพแวดล้อมทางการเกษตรของพื้นที่ พบว่าดินส่วนใหญ่เป็นดินร่วนปนดินเหนียว มีค่าความเป็นกรด–ด่างเหมาะสม และมีการระบายน้ำได้ดี (องค์การบริหารส่วนตำบลดงขี้เหล็ก, 2566) ซึ่งสอดคล้องกับความต้องการทางสรีรวิทยาของกล้วยเล็บมือนาง นอกจากนี้ สภาพภูมิอากาศแบบร้อนชื้นของจังหวัดปราจีนบุรียังช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโต การพัฒนาผลผลิต และคุณภาพของกล้วยได้อย่างเหมาะสม

ดังนั้น การศึกษาศักยภาพพื้นที่และการวิเคราะห์คุณภาพของกล้วยเล็บมือนางที่ปลูกในจังหวัดปราจีนบุรี จึงมีความสำคัญต่อการพัฒนาองค์ความรู้ด้านการผลิตพืชเศรษฐกิจคุณภาพ รวมถึงเป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการส่งเสริมเกษตรปลอดภัย การสร้างมูลค่าเพิ่มทางการเกษตร และการพัฒนาเศรษฐกิจชุมชนอย่างยั่งยืน

วัตถุประสงค์การศึกษา

1. เพื่อศึกษาศักยภาพพื้นที่ปลูกกล้วยเล็บมือนางในตำบลดงขี้เหล็ก จังหวัดปราจีนบุรี
2. เพื่อวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและสมบัติทางเคมีของกล้วยเล็บมือนาง
3. เพื่อเสนอแนวทางการพัฒนากล้วยเล็บมือนางเชิงเศรษฐกิจและเกษตรปลอดภัยอย่างยั่งยืน

วิธีดำเนินการศึกษา

1. การศึกษาสภาพพื้นที่และคุณภาพดิน

ดำเนินการพัฒนาแปลงปลูกล้วยเล็บมือนาง ณ ศูนย์การเรียนรู้เกษตรปลอดภัยและสุขภาวะ จังหวัดปราจีนบุรี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต ในช่วงเวลา ตุลาคม 2567 - ธันวาคม 2568 แปลงขนาดกว้าง 8 เมตร ยาว 80 เมตร (14°07'56.3"N 101°27'34.1"E) ปลูกกล้วยเล็บมือนางพันธุ์ชุมพร 1 จำนวน 78 ต้น ต้นพันธุ์กล้วยเล็บมือนาง พันธุ์ชุมพร 001 จากวิสาหกิจชุมชนกลุ่มสตรีเพื่อการแปรรูป โดยคุณปราณี ภุมรินทร์ (10°29'42.9"N 99°08'39.8"E) เก็บตัวอย่างดินในพื้นที่แปลงเกษตรของศูนย์การเรียนรู้เกษตรปลอดภัยและสุขภาวะ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต จังหวัดปราจีนบุรี เพื่อการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีบางประการของดิน ก่อนการเก็บตัวอย่างดินให้นำเศษหญ้า เศษใบไม้ที่คลุมดินออก แล้วทำการเก็บตัวอย่างดินโดยใช้ พลั่ว/จอบ ขุดดินเป็นรูปลิ่มลึก 15 เซนติเมตร หลังจากนั้นเก็บดิน ใช้พลั่วแซะข้างหลุมที่เรียบหนา 2 – 3 เซนติเมตร จนถึงก้นหลุม จำนวน 6 หลุม นำดินที่เก็บได้ใส่ถังพลาสติกคลุกเคล้าให้เข้ากัน นำตัวอย่างดินมาวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี ได้แก่ ค่าความเป็นกรด–ด่าง อินทรียวัตถุ ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และค่าการนำไฟฟ้า

2. การเตรียมแปลงปลูก

เตรียมแปลงก่อนปลูกกล้วยด้วย พืชปุ๋ยสด (Green Manure Crops) คือพืชที่ปลูกเพื่อไถกลบลงดินในช่วงที่ยังมีความเขียวสด โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มอินทรีย์วัตถุและธาตุอาหารในดิน โดยเฉพาะไนโตรเจน ซึ่งเป็นธาตุสำคัญต่อการเจริญของกล้วย การปลูกพืชปุ๋ยสดจึงเป็นวิธีการปรับปรุงดินที่ประหยัดและยั่งยืนที่สุดวิธีหนึ่ง โดยเฉพาะในพื้นที่ตำบลดงขี้เหล็ก จังหวัดปราจีนบุรี ที่มีดินลูกรังและอินทรีย์วัตถุต่ำ ได้นำระบบ “การปลูกปอเทืองก่อนปลูกกล้วยเล็บมือนาง” มาใช้เป็นแนวทางหลักในการปรับปรุงดินให้มีความร่วนซุย อุ้มน้ำดี และมีจุลินทรีย์เพิ่มขึ้น ก่อนการลงหน่อพันธุ์กล้วย

2.1 การเตรียมพื้นที่: ไถพรวนดินลึกประมาณ 20–30 เซนติเมตร เพื่อพลิกหน้าดินและกำจัดวัชพืช หว่านเมล็ดปอเทืองอัตรา 10–12 กิโลกรัมต่อไร่ กลบดินบาง ๆ ประมาณ 2–3 เซนติเมตร แล้วรดน้ำให้ชุ่ม

2.2 การดูแลรักษา: รดน้ำทุก 2–3 วัน

2.3 การไถกลบเป็นปุ๋ยสด: หลังจากปลูก ประมาณ 45–60 วัน หรือเมื่อปอเทืองเริ่มออกดอก (ช่วงที่มีปริมาณไนโตรเจนสูงสุด) ตัดต้นสูงจากพื้นดิน 100 เซนติเมตร แล้วไถกลบลงดิน รดน้ำให้ชุ่มและปล่อยทิ้งไว้ 2–3 สัปดาห์ เพื่อให้พืชสลายตัวก่อนปลูกกล้วย

3. ดำเนินการปลูกกล้วยเล็บมือนาง

3.1 ขุดหลุมขนาด 50 * 50 * 50 เซนติเมตร จำนวน 3 แถว แต่ละแถวห่างกัน 2 เมตร แต่ละหลุมห่างกัน 2 เมตร ทิ้งหลุม 1 สัปดาห์

3.2 นำมูลไก่ผสมแกลบใส่ลงในหลุม 3 กำมือ รดน้ำทุกวัน ๆ ครั้ง

3.3 นำหน่อกล้วยเล็บมือนาง สูง 50-75 เซนติเมตรลงปลูกในหลุม กลบหลุมโดยยกขอบรอบโคนหลุม

3.4 นำมูลโคบรรจุในกระสอบปุ๋ย วางห่างจากหน่อกล้วย 50 เซนติเมตร ในแนวเดียวกัน

3.5 ลดน้ำทุกวัน ๆ ละ 20 ลิตร (ลงบนมูลโค)

3.6 ตัดหญ้าเมื่อหญ้าสูง 50 เซนติเมตร และดูแลใบกล้วยที่สมบูรณ์ 4 ใบต่อต้น

3.7 กล้วยเริ่มออกดอก (ปลี) และออกผล ให้รักษากล้วยให้คงอยู่ 4-5 หวีต่อเครือ และทำการห่อผลกล้วย และค้ำยัน

3. การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของกล้วย

สุ่มตัวอย่างกล้วยเล็บมือนางจากทุกเครือ ใช้ผลในหวีลำดับที่ 2 และ 3 ตำแหน่งผลกลางขอหวี ๆ ละ 2 ผล เพื่อตรวจวัดน้ำหนัก ความกว้าง ความยาว เส้นรอบวง และวิเคราะห์ค่าสีในระบบ CIELAB ได้แก่ ค่า L*, a*, b*, Chroma และ Hue angle

4. การวิเคราะห์สมบัติทางเคมี

นำตัวอย่างกล้วยมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางโภชนาการ ได้แก่ ความชื้น โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต เถ้า และเส้นใย รวมถึงวิเคราะห์ปริมาณแร่ธาตุสำคัญ ได้แก่ โพแทสเซียม แมกนีเซียม แคลเซียม เหล็ก และฟอสฟอรัส

ผลการศึกษาและอภิปรายผล

1. ศักยภาพพื้นที่ปลูกกล้วยเล็บมือนาง

ผลการศึกษาพบว่า พื้นที่ตำบลดงขี้เหล็กมีความเหมาะสมต่อการปลูกกล้วยเล็บมือนาง เนื่องจากมีลักษณะภูมิประเทศเป็นพื้นที่ราบลุ่มสลับพื้นที่เชิงเขา มีการระบายน้ำดี ลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรครากเน่าและโรคตายพราย อีกทั้งยังมีแหล่งน้ำธรรมชาติและระบบชลประทานที่สามารถจัดการน้ำได้ตลอดปี ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญต่อการเจริญเติบโตของกล้วย ผลการวิเคราะห์ดินในแปลงปลูก ศูนย์การเรียนรู้เกษตรปลอดภัยและสุขภาวะ แสดงดังตารางที่ 1 ดินในพื้นที่ศูนย์การเรียนรู้เกษตรปลอดภัยและสุขภาวะ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต ค่าความเป็นกรด–ด่างอยู่ระหว่าง 6.1–6.4 ซึ่งเหมาะสมต่อการดูดใช้ธาตุอาหารของพืช อินทรียวัตถุอยู่ในระดับปานกลาง และฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับสูง ขณะที่โพแทสเซียมอยู่ในระดับปานกลาง และค่าการนำไฟฟ้าอยู่ในระดับไม่เค็ม แสดงถึงคุณภาพดินที่เหมาะสมต่อการเพาะปลูกกล้วยเล็บมือนาง ซึ่งจากการสำรวจชุดดินของสำนักสำรวจดินและวางแผนการใช้ที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน (2554) พบว่า เป็นชุดดินกบินทร์บุรี (Kb Series; Clayey-skeletal; kaolinitic; isohyperthermic Typic Kandiustults) ที่มีลักษณะ เป็นดินตื้นถึงชั้นลูกรังหนาแน่น ดินบนเป็นดินร่วนปนดินเหนียว หรือดินร่วนเหนียวปนลูกรัง สีน้ำตาล ปฏิกิริยาดินเป็นกรดจัดถึงเป็นกลาง (pH 5.5-7.0) ดินล่างเป็นดินร่วนปนดินเหนียว หรือดินเหนียวและมีลูกรังหนาแน่น สีน้ำตาลปนแดง ปฏิกิริยาดินเป็นกรดจัดมากถึงเป็นกรดจัด (pH 4.5-5.5) ข้อจำกัด เป็นดินตื้นถึงชั้นลูกรังหนาแน่น ความอุดมสมบูรณ์ต่ำ พื้นที่ที่มีความลาดชันสูง ดินจะถูกชะล้างพังทลายได้ง่าย

ตารางที่ 1 วิเคราะห์คุณภาพและองค์ประกอบทางเคมีของดิน

รายการทดสอบ	หน่วย	ค่าทดสอบ
ค่าความเป็น กรด-ด่าง		6.1-6.4 (กรดอ่อน)
ความต้องการปูน	กก $CaCO_3$/ไร่	403
การแจกกระจายขนาดอนุภาคดิน		
- ดินทราย	%	40
- ทรายแป้ง	%	18
- ดินเหนียว	%	42
เนื้อดิน		C
อินทรีย์วัตถุ	ก./กก.	17.2 (ปานกลาง)
ฟอสฟอรัส ที่เป็นประโยชน์	มก./กก.	40.3 (สูง)
โพแทสเซียม ที่เป็นประโยชน์	มก./กก.	154 (ปานกลาง)
แคลเซียม ที่เป็นประโยชน์	มก./กก.	788 (ต่ำ)
แมกนีเซียม ที่เป็นประโยชน์	มก./กก.	91.0 (ต่ำ)
สภาพการนำไฟฟ้าขณะดินอิ่มตัวด้วยน้ำ	เดซิซีเมนต์/เมตร	0.29 (ไม่เค็ม)

2. สมบัติทางกายภาพของกล้วยเล็บมือนาง

จากการศึกษาสมบัติทางกายภาพของกล้วยเล็บมือนางที่เพาะปลูกในพื้นที่แปลงเกษตร ศูนย์การเรียนรู้เกษตรปลอดภัยและสุขภาวะ จังหวัดปราจีนบุรี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต แสดงดังรูป 1 พบข้อมูลดังนี้ พบผลกล้วย 14-18 ผลต่อหวี น้ำหนักเฉลี่ยจากการสุ่มตัวอย่างกล้วยทุกเครือ จำนวน 156 ตัวอย่าง พบว่ากล้วยเล็บมือนางมีลักษณะทางกายภาพเฉลี่ยประกอบด้วยความกว้าง 2.10 ± 0.47 เซนติเมตร ความยาว 10.90 ± 0.81 เซนติเมตร และมีเส้นรอบวงเฉลี่ย 8.80 ± 0.66 เซนติเมตร โดยมีน้ำหนักเฉลี่ยอยู่ที่ 43.58 ± 7.44 กรัมต่อผล เมื่อเปรียบเทียบกับกล้วยเล็บมือนางที่ได้จากรายงานวิจัยและพัฒนาพันธุ์และเทคโนโลยีการผลิตกล้วยเล็บมือนาง ในพื้นที่ภาคใต้ตอนบน น้ำหนักผลเฉลี่ย 32.9 กรัม (อุดมพร เสือมาก, 2564) แสดงให้เห็นว่ากล้วยเล็บมือนางจากแปลงปลูกมีขนาดใหญ่กว่ามากกว่าร้อยละ 30 ในส่วนของการวิเคราะห์ค่าสี (Color Measurement) ในระบบ CIELAB เพื่อระบุลักษณะสีภายนอกของผลกล้วยแสดงดังตารางที่ 2 พบว่าค่าความสว่าง (L*) มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 66.55 ซึ่งแสดงถึงความสว่างของสีผิวที่ค่อนข้างสูงสอดคล้องกับลักษณะของกล้วยสุก สำหรับค่าความเป็นสีแดง (a*) มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 10.89 และค่าความเป็นสีเหลือง (b*) มีค่าเฉลี่ยสูงถึง 58.10 ซึ่งบ่งชี้ว่ากล้วยมีรงควัตถุสีเหลืองเป็นหลักอย่างชัดเจน นอกจากนี้ เมื่อพิจารณาค่าความสดของสี (Chroma, C*) พบค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 58.41 และค่ามุมสี (Hue angle, h°) มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 66.55 ซึ่งข้อมูลทางกายภาพและค่าสีที่วัดได้ทั้งหมดนี้ จากผลการทดลองการวัดสมบัติทางกายภาพของกล้วยเล็บมือนางเมื่อเปรียบเทียบกับสิ้นค้าเกษตรตามท้องตลาดจะพบว่า สะท้อนถึงความสมบูรณ์ของพื้นที่ปลูกในจังหวัดปราจีนบุรี เมื่อพิจารณาความยาวของผลกล้วยที่ปลูกได้จัดอยู่ในเกณฑ์ "ชั้นพิเศษ" (Extra Class) หรือ "ชั้นหนึ่ง" (Class I) ตามมาตรฐานสินค้าเกษตร ซึ่งกำหนดความยาวขั้นต่ำไว้ที่ไม่น้อยกว่า 9 เซนติเมตร ค่าสีค่าเหลือง (b*) ที่สูงถึง 58.10 แสดงถึงความเข้มของสีเหลืองที่ชัดเจนและสม่ำเสมอ ซึ่งเป็นปัจจัยหลักในการตัดสินใจเลือกซื้อของผู้บริโภค (Consumer Acceptance) ในตลาดผลไม้สด เป็นเครื่องบ่งชี้ถึงคุณภาพและระยะการสุกแก่ของกล้วยเล็บมือนางในพื้นที่แปลงเกษตรปลอดภัย จังหวัดปราจีนบุรี ที่มีความสม่ำเสมอและเป็นไปตามลักษณะประจำพันธุ์



รูปที่ 1 การวัดขนาดกล้วยเล็บมือนางจากพื้นที่แปลงเกษตรของศูนย์การเรียนรู้ ฯ

ตารางที่ 2 แสดงลักษณะทางกายภาพของกล้วยเล็บมือนาง

กว้าง	ยาว	เส้นรอบวง	น้ำหนัก	ค่าสี				
				L*	a*	b*	C*	H
2.10±0.47	10.90±0.81	8.80±0.66	43.58±7.44	66.55	10.89	58.10	58.41	66.55

3. การวิเคราะห์สมบัติทางเคมี

จากการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีเพื่ออธิบายคุณค่าทางโภชนาการของกล้วยเล็บมือนางที่ปลูกได้จากพื้นที่แปลงเกษตรของศูนย์การเรียนรู้เกษตรปลอดภัยและสุขภาวะ โดยสุ่มตัวอย่างเป็นตัวแทนของกลุ่มตัวอย่างมา 2 ผล จากกล้วย 1 หวี นำมาคละและเลือกสุ่ม 6 ตัวอย่าง ได้ผลดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของกล้วยเล็กมือนาง

รายการทดสอบ	ปริมาณ (g/100g)	ข้อมูลอ้างอิง *
เถ้า	1.30±0.23	0.91
คาร์โบไฮเดรต	25.53±0.56	26.59
ไขมัน	0.68±0.09	0.32
ความชื้น	71.03±2.57	66
โปรตีน (%N x 6.25)	1.46±0.14	1.39
ปริมาณเส้นใยรวม	2.29±0.61	4.8

* ข้อมูลอ้างอิงจากกลุ่มวิจัยอาหารเพื่อโภชนาการ สำนักโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของกล้วยเล็บมือนาง พบว่ามีคาร์โบไฮเดรตประมาณ 25 กรัมต่อ 100 กรัม โปรตีนประมาณ 1.5 กรัมต่อ 100 กรัม และมีความชื้นสูงกว่า 70% ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะของผลไม้เขตร้อนที่มีความชุ่มน้ำและให้พลังงานสูง นอกจากนี้ผลการวิเคราะห์ปริมาณแร่ธาตุที่มีอยู่ในกล้วยเล็บมือนาง โดยวิเคราะห์แร่ธาตุที่สำคัญทั้งหมด 5 แร่ธาตุ คือ โพแทสเซียม แมกนีเซียม แคลเซียม เหล็ก และฟอสฟอรัส พบว่ามีปริมาณต่อ 100 กรัม อยู่ในปริมาณที่ไม่แตกต่างจากกล้วยเล็บมือนางตามท้องตลาดทั่วไป ซึ่งสามารถสรุปผลการวิเคราะห์ตัวอย่างแสดงดังตารางที่ 4 พบว่ากล้วยเล็บมือนางมีโพแทสเซียมสูงถึง 358.4 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ซึ่งเป็นแร่ธาตุสำคัญต่อระบบประสาทและกล้ามเนื้อ รวมทั้งยังมีแมกนีเซียม ฟอสฟอรัส และธาตุเหล็กในระดับที่เหมาะสมต่อการบริโภคเพื่อสุขภาพ

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์ปริมาณแร่ธาตุในตัวอย่างกล้วยเล็บมือนาง

แร่ธาตุ	ปริมาณแร่ธาตุ (ต่อ 100 กรัม)
โพแทสเซียม	358.4 มิลลิกรัม
แมกนีเซียม	31.9 มิลลิกรัม
แคลเซียม	5.7 มิลลิกรัม
เหล็ก	0.29 มิลลิกรัม
ฟอสฟอรัส	25.3 มิลลิกรัม



รูปที่ 2 เส้นทางกระบวนการปลูกกล้วยเล็บมือนาง

แนวทางการพัฒนาเชิงเศรษฐกิจและเกษตรปลอดภัย

1. การพัฒนามาตรฐานการผลิต: ควรส่งเสริมการผลิตตามแนวทางเกษตรปลอดภัยและมาตรฐาน GAP เพื่อเพิ่มความเชื่อมั่นของผู้บริโภคและเพิ่มโอกาสทางการตลาด

2. การแปรรูปเพิ่มมูลค่า: การพัฒนาผลิตภัณฑ์แปรรูป เช่น กล้วยอบ กล้วยฉาบ หรือผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพ จะช่วยยืดอายุการเก็บรักษาและเพิ่มรายได้แก่ชุมชน

3. การพัฒนาแหล่งเรียนรู้และท่องเที่ยวเชิงเกษตร: พื้นที่ศูนย์การเรียนรู้เกษตรปลอดภัยสามารถพัฒนาเป็นแหล่งเรียนรู้ด้านเกษตรปลอดภัยและการท่องเที่ยวเชิงเกษตร เพื่อสร้างรายได้เสริมแก่ชุมชนและมหาวิทยาลัย แสดงดังรูป 2

4. การสร้างอัตลักษณ์สินค้าเกษตรท้องถิ่น: ควรผลักดันการสร้างตราสินค้าและอัตลักษณ์ “กล้วยเล็บมือนางปราจีนบุรี” เพื่อยกระดับสู่สินค้าเกษตรคุณภาพและเพิ่มศักยภาพการแข่งขันในอนาคต

บทสรุป

พื้นที่ตำบลดงขี้เหล็ก จังหวัดปราจีนบุรี มีศักยภาพเหมาะสมต่อการปลูกกล้วยเล็บมือนางทั้งในด้านดิน น้ำ และสภาพภูมิอากาศ ผลผลิตที่ได้มีคุณภาพทางกายภาพและคุณค่าทางโภชนาการอยู่ในเกณฑ์ที่ดีและใกล้เคียงกับมาตรฐานทั่วไปในท้องตลาด สะท้อนถึงศักยภาพของพื้นที่ในการพัฒนาเป็นแหล่งผลิตกล้วยคุณภาพสูง หากมีการส่งเสริมด้านมาตรฐานการผลิต การแปรรูป และการสร้างมูลค่าเพิ่มอย่างเป็นระบบ จะสามารถยกระดับกล้วยเล็บมือนางให้เป็นพืชเศรษฐกิจสำคัญของจังหวัดปราจีนบุรี และสร้างความมั่นคงทางเศรษฐกิจแก่ชุมชนได้อย่างยั่งยืน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณโครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริ สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต (อพ.สธ.-มสด.) และ สำนักนวัตกรรมชุมชน มหาวิทยาลัยสวนดุสิต ที่สนับสนุนงบประมาณ และสถานที่ในการดำเนินงาน และขอขอบคุณ ศูนย์เครื่องมือปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต ที่ให้ความอนุเคราะห์ อุปกรณ์ สารเคมี และเครื่องมือวิเคราะห์

เอกสารอ้างอิง

กลุ่มวิจัยอาหารเพื่อโภชนาการ สำนักโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข. (2025). กล้วยเล็บมือนาง ค้นเมื่อ 30 เมษายน 2569. https://thaifcd.anamai.moph.go.th/nss/view.php?fID=05020

กรมพัฒนาที่ดิน. (2554). ชุดดินกบินทรบุรี ค้นเมื่อ 30 เมษายน 2569 https://iddindee.ldd.go.th/SoilSeries/K_1_01062020/8_Series_(Kb)_01062020.pdf

สำนักงานเกษตรและสหกรณ์จังหวัดชุมพร. (2562). สินค้า GI จังหวัดชุมพร 3 ชนิด ค้นเมื่อ 30 เมษายน 2569. https://www.opsmoac.go.th/chumphon-article_prov-preview-411591791792

สำนักงานปลัดกระทรวงเกษตรและสหกรณ์. (2568). ข้อมูลพื้นฐานของจังหวัดปราจีนบุรี ค้นเมื่อ 30 เมษายน 2568. https://www.opsmoac.go.th/prachinburi-dwl-files-471691791809

องค์การบริหารส่วนจังหวัดชุมพร. (2568). OTOP ค้นเมื่อ 30 เมษายน 2569. https://www.chppao.go.th/otop/detail/115

องค์การบริหารส่วนตำบล ดงขี้เหล็ก. (2566). ข้อมูลพื้นฐาน ค้นเมื่อ 30 เมษายน 2569. https://dongkeleksao.go.th/public/list/data/index/menu/1144

อุดมพร เสือมาก. (2564). รายงานโครงการวิจัย วิจัยและพัฒนาพันธุ์และเทคโนโลยีการผลิตกล้วยเล็บมือนาง ในพื้นที่ภาคใต้ตอนบน ค้นเมื่อ 30 เมษายน 2569 https://info.doa.go.th/research/pdf/2564/323_2564.pdf

Kulketwong, C., Thungsotanon, D. and Suwanpayak, N. (2017). Drying characteristics of whole Musa AA group ‘Kluai Leb Mu Nang’ using hot air and infrared vacuum IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 211, 012030

การศึกษาสุขภาพพืช ภายใต้โครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริฯ สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ (อพ.สธ.) มหาวิทยาลัยสวนดุสิต วิทยาเขตสุพรรณบุรี

Study of Plant Health under the Plant Genetic Conservation Project in the Royal Initiative of Her Royal Highness Princess Maha Chakri Sirindhorn (RSPG), Suan Dusit University, Suphan Buri Campus

พฤตินันท์ ดาราพันธ์[1] รุ่งเกียรติ แก้วเพชร[2,3] มณชัย เดชสังกรานนท์[2] กฤษณา สุทธิชัยยา[1] และวีระพันธุ์ สรีดอกจันทร์[1*]

Pruetinan Daraphan[1], Rungkiat Kawpet,[2,3] Monchai Dejsungkranont,[2] Kritsana Suttichaiya[1] and Weeraphan Sridokchan[1]

[1]ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร กำแพงแสน · มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

[1]Department of Agronomy, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University

[2]หลักสูตรอุตสาหกรรมชีวภาพเพื่อธุรกิจ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต

[2]Bioindustry for Business Program, Faculty of Science and Technology, Suan Dusit University

[3]สำนักนวัตกรรมชุมชน มหาวิทยาลัยสวนดุสิต

[3]Office of the Community Innovation

**Corresponding Author E-mail Address : agrwps@ku.ac.th*

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินการเจริญเติบโตและสุขภาพพืชของพรรณไม้จำนวน 24 ชนิด ในสวนพฤกษศาสตร์โรงเรียน โครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริฯ (อพ.สธ.) วิทยาเขตสุพรรณบุรี โดยเก็บข้อมูล ความสูงของต้น เส้นรอบวงลำต้น ความกว้างทรงพุ่ม จำนวนกิ่ง และค่าความเขียวของใบ (SPAD) เพื่อใช้เป็นตัวชี้วัดสุขภาพพืชและความสามารถในการสังเคราะห์แสง พบว่าพืชมีการเจริญเติบโตแบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่มีการเจริญเติบโตดี ได้แก่ มะพูด มะดัน มะกอกป่า ตะคร้อ มะเกลือ และกวัก ซึ่งมีการเพิ่มขึ้นของความสูงมากกว่า 30 เซนติเมตร กลุ่มที่มีการเจริญเติบโตปานกลาง ได้แก่ ขนุน กระโดน มะขวิด มะพลับ ตะคร้ำ มะขาม และกร่าง กลุ่มที่มีการเจริญเติบโตช้า ได้แก่ มะกัก มะม่วงอกร่อง มะสัง ตะโกนา หว้า แจง ขี้เหล็ก และยอ และกลุ่มที่ชะงักการเจริญเติบโต ได้แก่ ไข่เน่า สะเดา และสาเก คาดว่าเกิดจากการตอบสนองต่อดินเค็มในพื้นที่ของพืชแต่ละชนิดแตกต่างกัน จากการวัดค่าการนำไฟฟ้าของน้ำในบ่อที่ใช้ในการรดน้ำ พบว่ามีค่าการนำไฟฟ้า เท่ากับ 4.1 dS/m จัดเป็นความเค็มระดับปานกลาง ซึ่งส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตอย่างรุนแรงในพืชที่ไม่ทนเค็ม เช่น ต้นสาเก ผลการศึกษานี้สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการคัดเลือกชนิดพืชที่เหมาะสมสำหรับพื้นที่ดินเค็ม และการจัดการสวนพฤกษศาสตร์ในสภาพแวดล้อมที่คล้ายคลึงกัน

คำสำคัญ: การเจริญเติบโตของพืช ดินเค็ม สวนพฤกษศาสตร์ สุขภาพพืช

Abstract

This study aimed to evaluate the growth and plant health of 24 plant species in the school botanical garden under the Plant Genetic Conservation Project under the Royal Initiative of Her Royal Highness Princess Maha Chakri Sirindhorn (RSPG) at Suphan Buri Campus. Data on plant height, stem circumference, canopy width, number of branches, and leaf greenness (SPAD value) were collected as indicators of plant health and photosynthetic capacity. The results showed that plant growth could be classified into four groups. The well-grown group included *Garcinia dulcis*, *Garcinia schomburgkiana*, *Elaeocarpus hygrophilus, Schleichera oleosa*, *Diospyros mollis*, and *Crateva adansonii*, which exhibited height increases of more than 30 cm. The moderate-growth group consisted of jackfruit, *Careya sphaerica*, bael fruit, *Diospyros malabarica*, *Albizia lebbeck*, tamarind, and banyan tree. The slow-growth group included *Spondias pinnata*, mango cv. Okrong, *Feroniella lucida*, *Diospyros rhodocalyx*, java plum, *Maerua siamensis*, *Senna siamea*, and noni. The stunted-growth group consisted of *Kibatalia laurifolia*, neem, and breadfruit. These differences were likely related to the varying responses of each plant species to saline soil conditions in the area. Measurement of irrigation pond water revealed an electrical conductivity (EC) value of 4.1 dS/m, which is considered moderately saline and severely affected the growth of salt-sensitive species such as breadfruit. The findings of this study can be applied as guidelines for selecting suitable plant species for saline soil areas and for botanical garden management under similar environmental conditions.

Keywords: Plant growth, Saline soil, Botanical garden, Plant health

บทนำ

การอนุรักษ์ความหลากหลายทางชีวภาพ มีความสำคัญในการสร้างความยั่งยืนของระบบนิเวศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งพืชท้องถิ่นซึ่งมีบทบาททั้งในเชิงนิเวศ เศรษฐกิจ และวัฒนธรรม การสูญเสียความหลากหลายของชนิดพืชอาจส่งผลกระทบต่อเสถียรภาพของระบบนิเวศ รวมถึงการใช้ประโยชน์ทรัพยากรชีวภาพในอนาคต (Convention on Biological Diversity, 2020) การเก็บรักษาและศึกษาสุขภาพพืชในพื้นที่เฉพาะจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งเพื่อปกป้องทรัพยากรธรรมชาติไม่ให้สูญหาย จังหวัดสุพรรณบุรีเป็นหนึ่งในพื้นที่ที่มีความหลากหลายของพืชพรรณท้องถิ่น ซึ่งมีความสำคัญทั้งในด้านการใช้ประโยชน์โดยชุมชน และการเป็นส่วนหนึ่งของระบบนิเวศที่สมดุล (สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2562) สวนพฤกษศาสตร์ อพ.สธ. วิทยาเขตสุพรรณบุรี ได้รับการพัฒนาขึ้นเพื่อเป็นศูนย์กลางการอนุรักษ์ในท้องถิ่น โดยมีเป้าหมายเพื่อการอนุรักษ์พืชท้องถิ่นจำนวน 24 ชนิด ซึ่งได้รับการคัดเลือกจากความสำคัญในเชิงอนุรักษ์และศักยภาพในการฟื้นฟูระบบนิเวศ เป็นการสร้างฐานข้อมูลที่มีคุณค่าเพื่อการฟื้นฟูและพัฒนาทรัพยากรพืชท้องถิ่นในอนาคต นอกจากนี้ยังช่วยส่งเสริมความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับบทบาทของพืชท้องถิ่นในระบบนิเวศ และสร้างความตระหนักถึงความสำคัญของการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติในระดับชุมชนและประเทศชาติ

วัตถุประสงค์

เพื่อประเมินสุขภาพและการเจริญเติบโตของพืชในโครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชฯ

อุปกรณ์

1. พรรณพืชท้องถิ่นของจังหวัดสุพรรณบุรี จำนวน 24 ชนิด ได้แก่ ขนุน มะกอกป่า มะกัก มะพูด มะดัน กระโดน มะม่วงอกร่อง มะขวิด มะสัง มะพลับ ตะโกนา หว้า มะเกลือ ไข่เน่า สะเดา ตะคร้อ ตะคร้ำ มะขาม กร่าง สาเก แจง ขี้เหล็ก กวักและ ยอ
2. สายวัด สำหรับวัดเส้นรอบวงต้นไม้
3. เครื่องวัดความสูงต้นไม้ clinometer (ยี่ห้อ Suunto รุ่น PM-5)
4. เครื่องวัดความเข้มสีใบ chlorophyll meter (ยี่ห้อ Konica Minolta รุ่น SPAD-502 plus)

วิธีการศึกษา

เก็บและบันทึกข้อมูลการเจริญเติบโตของพืช ในโครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริฯ สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ (อพ.สธ.) จำนวน 24 ชนิด (ชนิดละ 1 ต้น) ในเดือนกุมภาพันธ์ และ เดือนกรกฎาคม ปี พ.ศ. 2568 โดยบันทึกความกว้างพุ่มไม้ตามแกน X,Y (มุมฉาก 90°) เพื่อคำนวณความกว้างทรงพุ่ม สูตร (x + y)/2 วัดความยาวขนาดเส้นรอบวงของต้นไม้ที่ระดับความสูง 1.30 เมตรจากพื้นดิน วัดความสูงของต้นไม้ด้วยเครื่อง clinometer โดยวัดที่ระยะห่าง 2, 4 หรือ 6 เมตร ตามความสูงที่เหมาะสมของพืชแต่ละชนิด นับจำนวนกิ่งใบ และค่าบันทึกความเข้มสีเขียวของใบด้วยเครื่อง chlorophyll meter เพื่อประเมินปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบของพืชแต่ละชนิด และมีการเก็บตัวอย่างดิน และน้ำในบริเวณพื้นที่เพื่อทำการวิเคราะห์ค่าการนำไฟฟ้า เพื่อประเมินค่าความเค็มในพื้นที่ โดยใช้เครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้า (EC meter) ที่ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ค่าดิน ที่ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน

ผลการวิจัย

พรรณพืชจำนวน 24 ชนิด ถูกบันทึกข้อมูลการเจริญเติบโตและสุขภาพพืชในเดือนกุมภาพันธ์ และเดือนกรกฎาคม ปี พ.ศ. 2568 พบว่า มีพรรณพืชจำนวน 21 ชนิด ที่สามารถเจริญเติบโตที่คงที่จนถึงเจริญเติบโตได้ดี อย่างไรก็ตามมี พืช 3 ชนิดที่ชะงักการเจริญเติบโต ได้แก่ ไข่เน่า ที่มีการทิ้งใบทั้งต้น (ในเดือนกรกฎาคม) และ สะเดา กับ สาเก ที่ยืนต้นตาย (ในเดือนกรกฎาคม เช่นกัน) ซึ่งเป็นลักษณะอาการที่อ่อนไหว (sensitive) ต่อความเค็ม (Tomar and Gupta, 1985) เนื่องจากดินและน้ำในบริเวณที่ปลูกมีค่าความเค็มอยู่ในระดับปานกลาง 4.1 dS/m จากข้อมูลการเจริญเติบโต ของพืชที่ได้ นำมาเรียงจัดกลุ่ม ได้เป็น 4 กลุ่มด้วยกัน ได้แก่ กลุ่มที่มีการเจริญเติบโตที่ดี ปานกลาง เล็กน้อย และ ไม่มีการเจริญเติบโตเกิดขึ้น (ทิ้งใบยืนต้นตาย) โดยมีรายละเอียด ดังนี้

กลุ่มที่มีการเจริญเติบโตที่ดี

พืชในกลุ่มนี้มีจำนวน 6 ชนิด ได้แก่ มะพูด มะดัน มะกอกป่า ตะคร้อ มะเกลือ และกวัก ซึ่งแสดงการเพิ่มขึ้นของความสูงและ มีขนาดทรงพุ่มที่เพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน ยกตัวอย่างเช่น ต้นมะดันมีความสูงเพิ่มขึ้น 71 ซม. เส้นรอบวงเพิ่มขึ้น และจำนวนกิ่งเพิ่มจาก 4 กิ่ง เป็น 7 กิ่ง ต้นมะกอกป่า มีความสูงเพิ่มจาก 3.28 เป็น 3.40 เมตร แม้กิ่งลดลงเล็กน้อย แต่เส้นรอบวง

และทรงพุ่มขยาย ต้นตะคร้อมีความสูงเพิ่มขึ้น 34 ซม. ต้นมะเกลือ มีความสูงเพิ่ม 59 ซม. สะท้อนการเจริญเติบโตที่ต่อเนื่องและต้นกวัก มีความสูงเพิ่มขึ้น 42 ซม. และมีเส้นรอบวงและทรงพุ่มขยายตัวเพิ่มขึ้น แม้พืช ในกลุ่มนี้จะมีการเจริญเติบโตที่ดีแต่ขนาดเส้นรอบวงมีการเปลี่ยนแปลงไม่มาก เนื่องจากเป็นไม้ยืนต้นที่ต้องใช้ระยะเวลานานเป็นปีในการขยายขนาดลำต้น (ตารางที่ 1)

กลุ่มที่มีการเจริญเติบโตปานกลาง

มีจำนวน 7 ชนิดได้แก่ ขนุน กระโดน มะขวิด มะพลับ ตะคร้ำ มะขาม และกร่าง โดยพืชในกลุ่มนี้มีความสูงเพิ่มขึ้นอยู่ในช่วง 10-30 ซม. มีการเพิ่มขึ้นของจำนวนกิ่ง และทรงพุ่มเล็กน้อย (ตารางที่ 1)

กลุ่มที่มีการเจริญเติบโตช้า

มีพืชจำนวน 8 ชนิด ได้แก่ มะกัก มะม่วงอกร่อง มะสัง ตะโกนา หว้า แจง ขี้เหล็ก และยอ พืชในกลุ่มนี้จะมีความสูงเพิ่มขึ้นน้อยมาก (น้อยกว่า 10 ซม.) จำนวนกิ่งใบคงที่ และบางชนิดอาจมีขนาดทรงพุ่มที่น้อยลง ซึ่งอาจมีสาเหตุมาจากฤดูกาลหรือการผลัดใบของต้นไม้แต่ละชนิด

กลุ่มที่ชะงักการเจริญเติบโตและยืนต้นตาย

มีจำนวน 3 ชนิด ได้แก่ ไข่เน่า โดยไม่พบใบเลย (ต้นมีการทิ้งใบ 100%) เนื่องจากต้นไข่เน่า เป็นไม้ไม่ผลัดใบและอ่อนแอต่อความเค็ม ดินในพื้นที่มีค่าความเค็มในระดับปานกลาง (4.1 dS/m) จึงเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้ไข่เน่าทิ้งใบทั้งหมด อันเนื่องมาจากความเป็นพิษของความเค็มนั้นเอง (Intarasam et al., 2020) และมีพืชอีก 2 ชนิดยืนต้นตาย ได้แก่ สะเดา และสาเก ในเดือนกรกฎาคม ในกรณีของต้นสะเดา จัดเป็นไม้ที่ทนเค็มระดับปานกลาง และในดินของพื้นที่ก็มีค่าความเค็มในระดับปานกลางเช่นกัน ดังนั้นสาเหตุการตายของต้นสะเดา อาจมีสาเหตุมาจากปัจจัยอื่นร่วมด้วย เช่น โรค แมลง เป็นต้น (Tomar and Gupta, 1985) (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 การเจริญเติบโตของพรรณพืชจำนวน 24 ชนิดในสวนอนุรักษ์พรรณพืชฯ

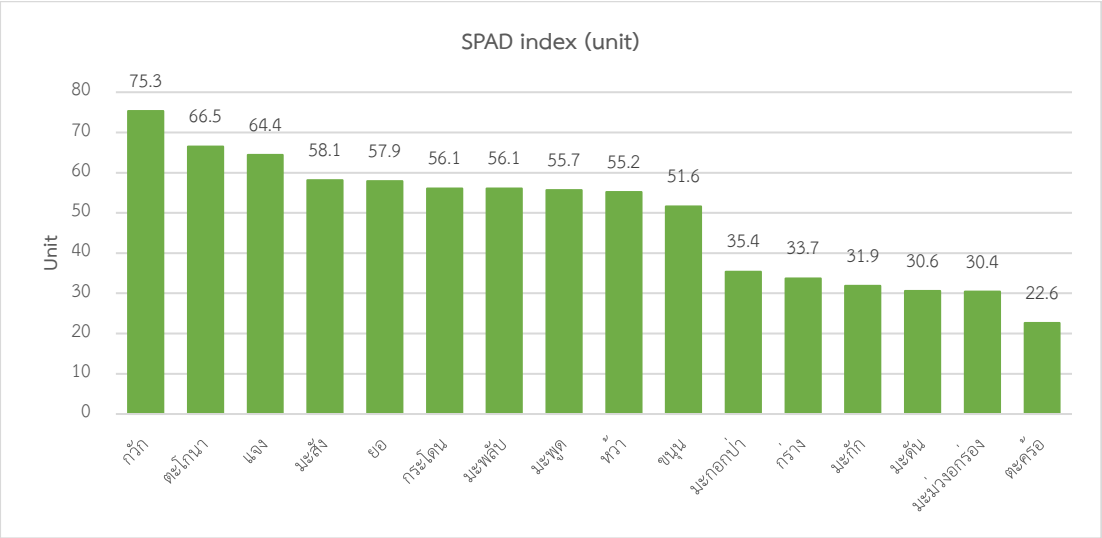
ลำดับ	ชื่อพืช	ความสูง (เมตร)		เส้นรอบวง (ซ.ม.)		ความกว้างทรงพุ่ม (ซ.ม.)		จำนวนกิ่ง (n)	
		ก.พ.	ก.ค.	ก.พ.	ก.ค.	ก.พ.	ก.ค.	ก.พ.	ก.ค.
1	ขนุน	3.10	3.30	28	28	196	185	4	7
2	มะกอกป่า	3.28	3.40	13	14	118	120	6	5
3	มะกัก	4.02	4.03	28	26	155	185	9	9
4	มะพูด	1.85	2.60	22	24	320	325	24	24
5	มะดัน	4.29	5.00	45	48	373	355	4	7
6	กระโดน	2.70	3.00	21	21	198	225	8	4
7	มะม่วงอกร่อง	2.70	3.00	27	27	230	225	8	8
8	มะขวิด	5.94	6.07	48	50	350	345	8	8
9	มะสัง	2.56	2.60	24	24	150	145	36	36
10	มะพลับ	5.48	5.50	40	40	295	285	13	13
11	ตะโกนา	2.56	2.60	36	39	165	220	8	9
12	หว้า	6.85	6.90	70	73	660	640	6	9

ตารางที่ 1 (ต่อ)

ลำดับ	ชื่อพืช	ความสูง (เมตร)		เส้นรอบวง (ซ.ม.)		ความกว้างทรงพุ่ม (ซ.ม.)		จำนวนกิ่ง (n)	
		ก.พ.	ก.ค.	ก.พ.	ก.ค.	ก.พ.	ก.ค.	ก.พ.	ก.ค.
13	มะเกลือ	8.41	9.00	126	126	320	325	6	6
14	ไข่เน่า	3.10	ไม่มีใบ	20	ไม่มีใบ	160	ไม่มีใบ	6	ไม่มีใบ
15	สะเดา	6.03	ต้นตาย	44	ต้นตาย	335	ต้นตาย	9	ต้นตาย
16	ตะคร้อ	5.76	6.10	55	55	340	340	8	8
17	ตะคร้ำ	6.76	6.80	66	66	355	365	12	9
18	มะขาม	5.94	6.10	53	54	460	455	14	12
19	กร่าง	7.04	7.10	66	66	485	490	14	14
20	สาเก	2.46	ต้นตาย	26	ต้นตาย	87.5	ต้นตาย	12	ต้นตาย
21	แจง	2.83	2.90	19	22	170	175	8	7
22	ขี้เหล็ก	4.29	4.50	23	22	235	230	5	4
23	กวัก	8.68	9.10	203	208	320	330	13	13
24	ยอ	2.19	2.30	13	13	135	110	14	12

2. สุขภาพพืช (ค่าความเขียวของใบ)

ค่าดัชนีความเขียวใบ (SPAD index) เป็นค่าที่ใช้บ่งชี้ปริมาณคลอโรฟิลล์และไนโตรเจนในใบพืช ซึ่งสัมพันธ์กับสุขภาพ การสังเคราะห์แสง และศักยภาพการเจริญเติบโตของต้นไม้ (Wei et al., 2024) ในการปลูกไม้ยืนต้นเพื่ออนุรักษ์พันธุกรรม การประเมินค่า SPAD ควบคู่กับการสังเกตลักษณะใบ สามารถสะท้อนความสามารถในการปรับตัวของแต่ละชนิดต่อสภาพแวดล้อมในพื้นที่ ในการเก็บข้อมูลครั้งนี้ สามารถแบ่งกลุ่มสุขภาพพืชตามค่าความเขียวใบออกเป็น 3 กลุ่มด้วยกัน ได้แก่ กลุ่มสุขภาพดี มีใบปกติ สมบูรณ์ ไม่เป็นโรค และมีค่าดัชนีความเขียวที่สูงกว่า 60 หน่วย (รูปที่ 1) พบว่ามีพืช 3 ชนิด ได้แก่ กวัก ตะโกนา และ แจง ส่วนกลุ่มค่าความเขียวปานกลาง มีจำนวน 7 ชนิด ได้แก่ มะสัง ยอ กระโดน มะพลับ มะพูดหว้า และ ขนุน โดยมีค่าดัชนีความเขียวใบอยู่ในช่วง 45 - 60 หน่วย (รูปที่ 1) ใบค่อนข้างสมบูรณ์ พบอาการใบไหม้ตามปลายและขอบใบเล็กน้อย อันเนื่องจากอาการเป็นพิษของดินเค็ม ส่วนกลุ่มสุดท้ายได้แก่กลุ่มที่มีค่าความเขียวใบต่ำถึงต่ำมาก โดยมีค่า SPAD index น้อยกว่า 45 และมีอาการใบเหลืองที่เพิ่มมากขึ้นเมื่อเทียบกับข้อมูลช่วงเดือนกุมภาพันธ์ พบว่ามีพืชอยู่ 6 ชนิด ได้แก่ มะกอกป่า กร่าง มะกัก มะดัน มะม่วงอกร่อง และตะคร้อ (รูปที่ 1) ส่วนพืชอีก 8 ชนิด ได้แก่ มะขวิด มะเกลือ ไข่เน่า สะเดา ตะคร้ำ มะขาม สาเก และ ขี้เหล็ก ที่ไม่สามารถตรวจวัดค่าความเขียวของใบได้ เนื่องจาก ใบที่ไม่สมบูรณ์ หรือใบเล็กมีขนาดเล็กมากจนไม่สามารถใช้เครื่องวัดได้ (เช่น มะขาม เป็นต้น) บางต้นมีทรงพุ่มใบที่สูงมากจนไม่สามารถเก็บตัวอย่างใบได้ (เช่น ตะคร้ำ เป็นต้น) และมีบางต้นที่ตายหรือทิ้งใบหมดทั้งต้น (เช่น ไข่เน่า สาเก เป็นต้น) จึงไม่แสดงข้อมูลในรูปที่ 1 ได้เนื่องจากไม่มีการเก็บข้อมูลค่าความเขียวของใบ



รูปที่ 1 ค่าดัชนีความเขียวใบ (SPAD index) ของพืชแต่ละชนิด

สรุปผลการทดลอง

พรรณไม้จำนวน 24 ชนิดในสวนพฤกษศาสตร์ โครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริฯ (อพ.สธ.) ส่วนใหญ่สามารถเจริญเติบโตและปรับตัวได้ภายใต้สภาพพื้นที่ที่มีความเค็มระดับปานกลาง อย่างไรก็ตามความสามารถในการทนเค็มแตกต่างกันในแต่ละชนิด โดยกวัก ตะโกนา แจง มะพูด มะดัน และมะเกลือ จัดเป็นชนิดที่มีศักยภาพดีในการเจริญเติบโตและรักษาสุขภาพพืชในสภาพพื้นที่ดังกล่าว ขณะที่ไข่เน่าและสาเกมีความอ่อนไหวต่อความเค็มสูง จึงอาจไม่เหมาะสมสำหรับการปลูกในพื้นที่ที่มีปัญหาดินเค็มระดับปานกลางถึงสูง หรือควรมีการปรับปรุงสภาพดินก่อนปลูกเพื่อเพิ่มอัตราการรอดชีวิต ข้อมูลการเจริญเติบโตของพืชมีความสอดคล้องกับค่าความเขียวของใบ (SPAD index) ซึ่งเป็นดัชนีที่สามารถบ่งชี้ถึงประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสง และสุขภาพของพืชได้เป็นอย่างดี อย่างไรก็ตามพบว่ามีบางต้นที่มีค่า SPAD index ที่สูง แต่กลับมีการเจริญเติบโตเพียงเล็กน้อย เช่น ต้นตะโกนา และ แจง อย่างไรก็ตามผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าการคัดเลือกชนิดพรรณไม้โดยคำนึงถึงความสามารถในการทนเค็มเป็นปัจจัยสำคัญ ต่อความสำเร็จของการอนุรักษ์และฟื้นฟูทรัพยากรพันธุกรรมพืชในพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากความเค็มของดิน

อภิปรายผลการทดลอง

ผลการประเมินสุขภาพพืชด้วยค่าดัชนีความเขียวใบ (SPAD index) ส่วนใหญ่ให้ผลสอดคล้องกับการเจริญเติบโตของพืช เช่นต้นกวักที่มีค่า SPAD index สูง (มากกว่า 60 unit) ก็มีการเจริญเติบโต (ความสูง และความกว้างทรงพุ่ม) ที่สูง เช่นกัน ต้น กระโดน มะพลับ มะพูด และขนุน ที่มีค่า SPAD index ระดับปานกลาง (45 – 60 unit) ก็มีการเจริญเติบโตทางความสูงและความกว้างทรงพุ่มในระดับกลาง เช่นกัน ดังนั้นค่าของ SPAD index อย่างไรก็ตาม พบว่ามีพืชบางชนิดที่มีค่า SPAD index และ ค่าการเจริญเติบโตที่ไม่สอดคล้องกัน เช่น ต้นตะโกนา และ แจง ที่มีค่า SPAD index สูง แต่กลับมีการเจริญเติบโตเพียงเล็กน้อยเท่านั้น นั้นเป็นเพราะค่าความเขียวของใบจะมีช่วงตัวเลขที่มีลักษณะเฉพาะในพืชแต่ละชนิด (species) หรือแต่ละสกุล (genus) การนำค่า SPAD มาเปรียบเทียบข้ามกลุ่มพืช อาจไม่สามารถประเมินผลได้อย่างแม่นยำ เพราะพืชบางชนิด

ถึงแม้จะมีความเข้มข้นของ Chlorophyll ที่สูง แต่อาจเป็นพืชไม้โตช้าก็ได้ เช่น ต้นตะโกนา ที่มีการเจริญเติบโตที่ช้า และนิยมนำมาทำเป็นไม้ดัดเพื่อประดับสวน เป็นต้น เช่นเดียวกันกับต้นมะกอกป่า และ ตะคร้อ ที่มีค่า SPAD index ที่ต่ำมาก แต่กลับมีการเจริญเติบโตในด้านความสูงที่มาก

จากผลการทดลองกล่าวได้ว่า ค่า SPAD เป็นดัชนีที่สะท้อนสถานะของคลอโรฟิลล์ในใบ ณ ช่วงเวลาที่ตรวจวัด มากกว่าการแสดงศักยภาพการเจริญเติบโตโดยตรง โดยเฉพาะข้อจำกัดสำคัญของการใช้ค่า SPAD เปรียบเทียบระหว่างชนิดพืช (interspecific comparison) ซึ่งพืชต่างชนิด หรือ ต่างสกุลกัน จะมีสรีรวิทยาภายในและรูปแบบการเจริญเติบโตที่แตกต่างกันด้วย ดังนั้นค่า SPAD index มีประโยชน์ในการเปรียบเทียบสุขภาพพืชภายในชนิดเดียวกันหรือใช้ติดตามการเปลี่ยนแปลงตามเวลา แต่มีข้อจำกัดในการเปรียบเทียบระหว่างชนิดพืชที่แตกต่างกัน

กิตติกรรมประกาศ

ได้รับการสนับสนุนจากโครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต (อพ.สธ.-มสด.)

เอกสารอ้างอิง

สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. (2562). รายงานสถานภาพความหลากหลายทางชีวภาพของประเทศไทย. กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม: กรุงเทพฯ.

Convention on Biological Diversity. (2020). Global Biodiversity Outlook 5. Secretariat of the Convention on Biological Diversity: Montreal.

Intarasam, S., Meemin, T., Kongsema, M. and Pradermwong, K. (2023). Cell viability enhancing and cellular protection activity of Vitex glabrata R.Br. crude fruits extract on TK6 and L929 cell lines. The Thai Journal of Pharmaceutical Sciences, 44(4), 220-228.

Tomar, O.S. and Gupta, R.K. (1985). Performance of forest tree species in saline soils under arid conditions. Plant and Soil. 87: 329–335.

Wei, L., Zhang, Y., Chen, H. and Liu, X. (2024). Can SPAD Values and CIE Lab Scales Predict Chlorophyll Concentrations and Growth Potential in Plants? Horticulturae. 10(6): 548.

กลุ่มที่ 3: วิทยาศาสตร์สุขภาพและสิ่งแวดล้อม

Effects of Coconut Fiber-Immobilized *Micrococcus* sp. MU1 on Heavy Metal Phytoremediation by *Chrysanthemum morifolium* in Landfill-Derived Soil

Manida Phojai[1*], Benjaphorn Prapagdee[1], Naphatsarnan Phasukarratchai[1], Wanwisa Pansak[1] and Witchaya Rongsayamanont[1]

[1]Faculty of Environment and Resource Studies, Mahidol University, Phutthamonthon, Nakhon Pathom 73170
**Corresponding Author E-mail address: manida.pho@student.mahidol.ac.th*

Abstract

This study aimed to evaluate the effects of coconut fiber-immobilized *Micrococcus* sp. MU1 (CF-MU1), a bacterium capable of producing indole-3-acetic acid (IAA) to enhance heavy metal phytoremediation by *Chrysanthemum morifolium* in heavy metal contaminated landfill-derived soils (LDS). *Micrococcus* sp. MU1 cells were immobilized in coconut fiber and stored at 4°C and at room temperature. Five-week-old *C. morifolium* seedlings with and without CF-MU1 inoculation were individually transplanted in LDS for one month. The viability percentages of CF-MU1 stored at 4°C and at room temperature for one month were 94.38% and 89.34%, respectively. A greenhouse pot experiment was conducted with three treatments: (T1) uninoculated control, (T2) plants amended with coconut fiber (CF), and (T3) plants inoculated with coconut fiber–immobilized *Micrococcus* sp. MU1 (CF-MU1). The results showed that *C. morifolium* inoculated with CF-MU1 exhibited increased root length, shoot length, and dry biomass. The plants accumulated higher concentrations of Cu and Pb in the roots than in the shoots, whereas Cd was preferentially accumulated in the shoots. Application of CF-MU1 increased Cd, Cu, and Pb concentrations in shoot tissues compared with the uninoculated control, while no significant enhancement of metal accumulation was observed in root tissues. In addition, CF-MU1 inoculation increased the phytoextraction coefficient (PEC) for Cd, but not for Cu or Pb. Notably, bacterial inoculation enhanced the translocation factor (TF) of Cd, Cu, and Pb, with TF-Cd exceeding 1.0, indicating that *C. morifolium* is suitable for Cd phytoextraction. These findings demonstrate that CF-MU1 can serve as a ready-to-use bioinoculant to improve the efficiency of heavy metal phytoextraction in LDS.

Keywords: Coconut fiber, Landfill, Heavy metal, Phytoremediation, Plant growth-promoting bacteria

Introduction

Heavy metal contamination resulting from leachate produced from the disposal of Municipal Solid Waste (MSW) in landfills is a major worldwide environmental issue. Heavy metals are toxic to ecosystems and humans because they do not biodegrade and they can be accumulated throughout the food chain, resulting in serious threats to both human health and ecosystems (Kumar et al., 2024). Due to the cost associated with these methods and the potential damage that can result to soil ecosystems, there is growing interest in developing sustainable alternatives for the removal of contaminants from the environment using phytoremediation techniques. Phytoremediation is the use of plants to remove contaminants from the environment either by removing them from the environment or by immobilizing them in plant tissues (Kafle et al., 2022). One ornamental species that can accumulate large quantities of heavy metals and its lack of edible parts that could potentially expose consumers to toxic levels of pollutants include *Chrysanthemum morifolium*. Cadmium (Cd) enrichment coefficients have ranged from 2.98-9.84 for this species while it also accumulates copper (Cu) and arsenic (As), considering a potent heavy metal phytoremediator (Amjad et al., 2023). While phytoremediation can effectively reduce the concentrations of heavy metals in contaminated environments, the overall effectiveness of phytoremediation may be significantly impacted by factors such as poor plant survival rates and reduced microbial populations in soils contaminated with high concentrations of toxic substances (Kafle et al., 2022).

The presence of plant growth-promoting bacteria (PGPB) that are able to produce indole acetic acid (IAA) can stimulate plant growth under stressful conditions. IAA-producing bacteria can promote healthy root systems and increase nutrient uptake which can improve the rate of contaminant translocation into the shoots of plants where they can be removed from the environment (Etesami and Glick, 2024). The study of Chuaphasuk and Prapagdee (2019) found that IAA-producing bacteria were able to increase cadmium (Cd) accumulation and enhance the rate of Cd phytoextraction in *Chlorophytum laxum* R.Br. compared to the uninoculated control. However, many studies involving free cell applications of beneficial microorganisms have shown that they are unable to sustainably colonize contaminated soils over long periods of time. A potential solution to this problem includes the use of carriers such as coconut fiber which offer several advantages including high porosity, good water retention characteristics and provide excellent structural support for microbial colonization (Chromkaew et al., 2023). The objectives of this study were to formulate and evaluate the viability of coconut fiber–immobilized *Micrococcus* sp. MU1 (CF-MU1), and to investigate its effects on plant growth and the phytoremediation of Cd, Cu, and Pb by *C. morifolium* under greenhouse conditions. The possible mechanisms of CF-MU1 to enhance heavy metal phytoremediation include: (1) protection of bacterial cells within the coconut fiber matrix, sustaining root-associated bacterial activity under heavy metal stress; (2) IAA-mediated promotion of root growth and development, which increases the root surface area available for heavy metal uptake; (3) heavy metal

absorption on bacterial cell wall, which increases heavy metal bioavailability in soil; and (4) possible microbially driven changes in rhizosphere pH and organic acid secretion that affect metal speciation and solubility (Montreemuk et al., 2024; Etesami & Glick, 2024). Therefore, soil inoculation with CF-MU1 can be applied in heavy metal–contaminated landfill soils, providing a potential approach to stimulate the efficiency of heavy metal phytoremediation.

Materials and Methods

Preparation of Coconut Fiber-Immobilized *Micrococcus* sp. MU1 (CF-MU1)

Micrococcus sp. MU1, and plant growth-promoting bacterium that produces high levels of IAA and exhibits multi-heavy metal resistance (Ketaubon et al., 2024), was cultured in Luria-Bertani (LB) broth. *Micrococcus* sp. MU1 immobilized on coconut fiber was formulated using the methods as described previously Chuaphasuk & Prapagdee (2019) with slight modifications. Briefly, pieces of coconut fiber (5 × 5 cm) were sterilized and added to 0.25x LB broth containing cell suspension of *Micrococcus* sp. MU1. The culture broth was adjusted to an optical density of approximately 0.2 and subsequently incubated at 30 °C for 3 days under continuous agitation at 150 rpm. It was then filtered and rinsed with sterile 0.85% NaCl to remove unattached bacterial cells, followed by air-drying in a biosafety cabinet. The external morphology of CF-MU1 was observed using Scanning Electron Microscope (SEM). In addition, Surface area, pore size, and pore volume of CF were determined using Brunauer–Emmett–Teller (BET).

The viable cells of *Micrococcus* sp. MU1 in CF-MU1 before storage were enumerated using standard plate count technique on LB agar plates. CF-MU1 was separately kept at 4°C and at room temperature (30 ± 2°C). After one month of storage, the viable cells in CF-MU1 were counted and the percentage of bacterial viability was calculated using the following equation (1).

$$\text{Viability (\%)} = \frac{\text{Number of viable cells after storage}}{\text{Number of viable cells before storage}} \times 100 \quad (1)$$

Preparation of Landfill-Derived Soil

The landfill derived soil (LDS) was collected from the Comprehensive Waste Management Center, Rayong Province, Thailand. Soil was air-dried and sieved using a 2-mm grid sieve chamber. The concentrations of Cd, Cu, and Pb in LDS were assessed using an Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry (ICP-MS). The soil texture, soil pH, electrical conductivity (EC), cation exchange capacity (CEC), organic matter, and total nitrogen were also analysed.

Phytoremediation Experiments

The average root length, shoot length and fresh weight of five-week-old *C. morifolium* seedlings were 8.73 cm, 13.32 cm, and 5.50 g, respectively. *C. morifolium* seedlings was individually transplanted in plastic pot containing 1 kg of LDS. Pot experiments were divided into 3 treatments with 4 replicates, including, (T1) the uninoculated control, (T2) only coconut fiber (CF), and (T3) inoculated with CF-MU1. Plastic planting pots were randomly placed in a greenhouse, watered daily, and exposed to natural sunlight for one month. The chlorophyll contents were determined every week using SPAD-502. After one month of plantation, root length, shoot length, and dry biomass were measured. Cd, Cu, and Pb concentrations in each plant tissues (root and shoot) were analysed using ICP-MS (Senila, 2024). Additionally, pH levels and concentrations of Cd, Cu, and Pb in soil were also evaluated. To evaluate phytoremediation efficiency, the phytoextraction coefficient (PEC) Huang et al., 2019) and translocation factor (TF) (Mattina et al., 2003) were calculated according to these following equations (2) and (3). Data were statistical analysed using One-way ANOVA test with a Tukeys HSD analysis (α = 0.05).

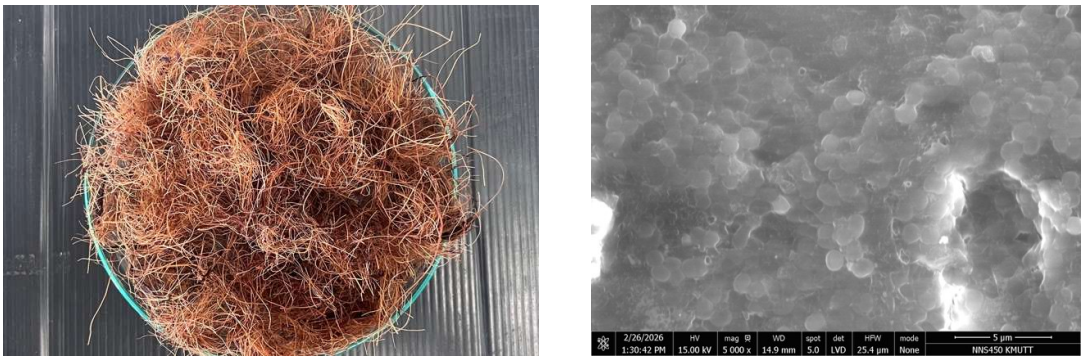
$$\text{Phytoextraction coefficient (PEC)} = \frac{\text{Heavy metal conc. in plant}}{\text{Heavy metal conc. in soil}} \quad (2)$$

$$\text{Translocation factor (TF)} = \frac{\text{Heavy metal conc. in the shoot}}{\text{Heavy metal conc. in the root}} \quad (3)$$

Results and Discussion

Characteristics of CF-MU1

The external morphology of CF-MU1 observed under SEM is presented in Figure 1. The results found that *Micrococcus* sp. MU1 cells were successfully colonized on the surface and within the fibrous matrix of coconut fiber, as evidenced by the presence of bacterial cells adhering to the fiber surface. The results from BET analysis revealed that the surface area, pore volume, and average pore diameter were 2.659 m^2/g, 0.005 cm^3/g, and 1.494 nm, respectively. According to the IUPAC classification, pores with a diameter of less than 2 nm are categorized as microporous (Sing et al., 1985). Therefore, the results suggest that CF is a microporous material, which provides a high surface-to-volume ratio and may enhance bacterial retention and protection against environmental stress in contaminated soils.



(a) (b)

Figure 1 (a) Digital photograph and (b) SEM micrograph of CF-MU1 at 5,000x magnifications

Viability of bacterial cells in CF-MU1 after storage

The initial viable cells of *Micrococcus* sp. MU1 in CF-MU1 before storage was 8.03 ± 0.35 $\log_{10}$ CFU/g, indicating successful bacterial colonization on CF. After one month of storage, the viable cell counts in CF-MU1 stored at 4°C increased slightly to 8.06 $\log_{10}$ CFU/g, with a viability of 94.38%, indicating that viable cell numbers were maintained or slightly increased during cold storage. CF-MU1 stored at room temperature (30 ± 2°C) showed a slightly greater decline, recording 7.63 $\log_{10}$ CFU/g and a viability of 89.27%. The percentages of viability at 4°C and room temperature are presented in Figure 2. CF-MU1 stored at 4°C maintained higher viability than that stored at room temperature, demonstrating better preservation of bacterial cells at lower temperatures. The higher viability at 4°C compared to room temperature can be attributed to the reduction in metabolic activity and oxidative stress experienced by bacteria at lower temperatures, which extends cell survival during storage (Ketaubon et al., 2024). These results confirm that CF-MU1 can be stored at both 4°C and room temperature with acceptable viability, making it a practical, ready-to-use inoculum suitable for field applications in heavy metal-contaminated landfill-derived soils. These findings are consistent with a previous study from our laboratory, in which *Micrococcus* sp. MU1 formulated as bacterial tablets retained 97.9% viability after storage at 4°C for two months, whereas viability dropped sharply to 29.2% at room temperature (Ketaubon et al., 2024). The superior viability at 4°C observed in both formulations suggests that cold storage is the preferred condition for preserving the bacterial viability by reducing bacterial activity, regardless of carrier material.

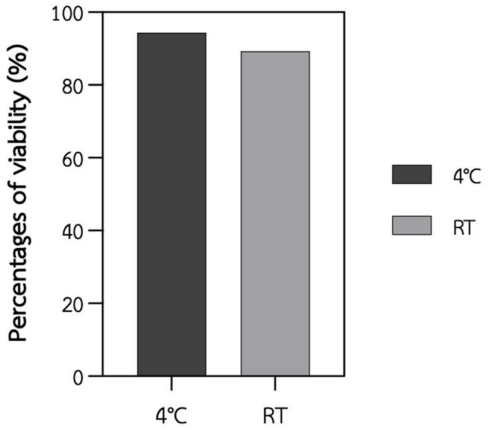


Figure 2 The percentages of viability (%) of CF-MU1 and after one month of storage at 4°C and room temperature

Effects of CF-MU1 on Plant Growth and Chlorophyll Contents

C. morifolium seedlings were cultivated in LDS for one month. The soil properties and heavy metal concentrations are shown in Table 1. LDS contained high organic matter and total nitrogen, supporting plant growth.

Table 1 Physical, chemical properties, and heavy metal concentrations of LDS

Parameter	Value
Soil texture	Sandy clay loam
pH (H_2O : Soil, 1:1)	7.2
EC (dS/cm)	2.96
Organic matter (g/kg)	73.9
Cation Exchange Capacity (cmol/kg)	29.1
Total nitrogen (g/kg)	3.82
Available calcium (mg/kg)	9431
Available magnesium (mg/kg)	950
Cd (mg/kg)	7.11
Cu (mg/kg)	179.53
Pb (mg/kg)	51.98

The growth parameters of *C. morifolium* after planting in LDS are presented in Table 2. Plants inoculated with CF-MU1 (T3) exhibited the greatest root length (12.90 ± 0.71 cm), which was 1.57-fold higher than that of the uninoculated control (T1). The root length, shoot length, and dry biomass of plants with CF application (T2) were not significantly different from T1, indicating that coconut fiber alone had no significant effect on root and shoot development. The stimulation of root growth observed in T3 may be attributable to the role of IAA-producing bacteria in promoting lateral root initiation and root elongation, which enhances the plant's capacity for nutrient and water uptake under heavy metal stress conditions (Etesami & Glick, 2024). In addition, T3 also exhibited greater shoot length and dry biomass than T1 and T2. Plants inoculated with CF-MU1 exhibited a 1.34-fold increase in dry biomass compared with T1, suggesting a possible contribution of IAA to plant growth promotion. It could be implied that the IAA secreted by *Micrococcus* sp. MU1 stimulated cell elongation and division in both roots and shoots, as previously reported in a study of Ketaubon et al. (2024), who found that *Micrococcus* sp. MU1 increased the dry biomass of *Chlorophytum comosum* by 1.4-fold. However, since IAA levels were not directly measured in the present study, this interpretation remains speculative and warrants further investigation. In addition, chlorophyll content of *C. morifolium* leaves during plantation is shown in Figure 3. Chlorophyll contents showed no significant differences among treatments at any weekly timepoint ($p > 0.05$). This is consistent with the known inhibitory effect of accumulated heavy metals in plant tissues on chlorophyll biosynthesis (Kafle et al., 2022).

Table 2 Growth performance of *C. morifolium* after planting in LDS

Treatment	Root length (cm)	Shoot length (cm)	Biomass dry weight (g)
T1: Control	8.20 ± 1.01^{b}	17.60 ± 1.48^{b}	0.59 ± 0.08^{b}
T2: CF	8.27 ± 0.98^{b}	17.83 ± 1.56^{b}	0.60 ± 0.03^{b}
T3: CF-MU1	12.90 ± 0.71^{a}	21.40 ± 1.70^{a}	0.79 ± 0.08^{a}

Values are mean ± SD (n = 4). Different superscript letters (a, b) within the same column indicate significant differences ($p < 0.05$, Tukey's HSD).

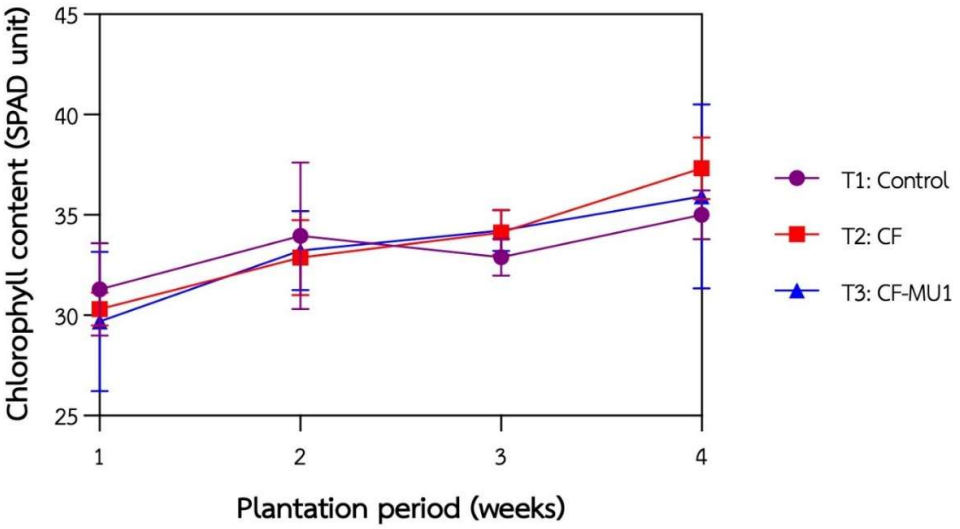


Figure 3 Chlorophyll contents of *C. morifolium* leaves during plantation in LDS

Effects of CF-MU1 on Heavy Metal Accumulation in *C. morifolium*

The concentrations of Cd, Cu, and Pb in roots and shoots of *C. morifolium* after one month of plantation are presented in Table 3.

Table 3 Heavy metal concentrations (mg/kg) in roots and shoots of *C. morifolium* after plantation in LDS

Treatment	Root*			Shoot		
	Cd	Cu	Pb	Cd	Cu	Pb
T1: Control	1.16	22.46	14.53	1.16 ± 0.04^{b}	8.52 ± 0.04^{b}	3.87 ± 0.10^{b}
T2: CF	1.28	26.92	13.46	1.00 ± 0.01^{c}	8.34 ± 0.07^{b}	3.34 ± 0.07^{c}
T3: CF-MU1	1.00	18.00	7.00	1.30 ± 0.02^{a}	9.05 ± 0.07^{a}	5.11 ± 0.20^{a}

* = Combined root sample of all replicates due to low amount of root for analysis. Values are mean ± SD (n = 4). Different superscript letters (a, b, c) within the same column indicate significant differences ($p < 0.05$, Tukey's HSD).

The results showed that Cd, Cu, and Pb concentrations in the shoots of *C. morifolium* inoculated with CF-MU1 (T3) were higher than those of the uninoculated control (T1) by 1.09-, 1.06-, and 1.32-fold, respectively. In contrast, plants treated with CF alone (T2) exhibited lower shoot concentrations of these metals compared with T1. However, Cd and Cu concentrations in the roots of T2 were higher than those in the other treatments, suggesting that CF alone may influence heavy metal translocation in plants. Furthermore, the concentrations of all heavy metals in the root tissues of T3 were lower than those in T1

and T2. The lower root heavy metal concentrations in T3 coupled with higher or comparable shoot metal concentrations suggest that CF-MU1 promoted metal translocation from roots to shoots, a key mechanism for effective phytoextraction (Etesami & Glick, 2024). The soil pH values in T1, T2, and T3 after one month were 7.15, 7.25, and 7.33, respectively, showing slight increases from the initial pH value (7.2). It can be observed that the cultivation of *C. morifolium*, with or without CF and CF-MU1 application, did not affect soil pH.

Phytoremediation efficiency of *C. morifolium*

The PEC and TF values of *C. morifolium* at one month after planting are presented in Table 4.

Table 4 PEC and TF of *C. morifolium* at one month after plantation in LDS

Treatment	PEC			TF		
	Cd	Cu	Pb	Cd	Cu	Pb
T1: Control	0.37 ± 0.02^{b}	0.17 ± 0.02^{a}	0.14 ± 0.02^{b}	1.01 ± 0.02^{b}	0.21 ± 0.01^{c}	0.27 ± 0.01^{b}
T2: CF	0.36 ± 0.03^{b}	0.14 ± 0.02^{ab}	0.20 ± 0.01^{a}	0.78 ± 0.00^{c}	0.31 ± 0.01^{b}	0.12 ± 0.01^{c}
T3: CF-MU1	0.41 ± 0.02^{a}	0.12 ± 0.01^{b}	0.11 ± 0.01^{b}	1.30 ± 0.02^{a}	0.49 ± 0.01^{a}	0.57 ± 0.18^{a}

Values are mean ± SD (n = 4). Different superscript letters (a, b, c) within the same column indicate significant differences ($p < 0.05$, Tukey's HSD).

The results revealed that plants inoculated with CF-MU1 exhibited the highest PEC-Cd values, which were 1.11-fold higher than those of the uninoculated control (T1). In contrast, the highest PEC-Cu and PEC-Pb values were observed in T1 and T2, respectively. Plants treated with CF alone (T2) showed the highest PEC-Pb (0.20 ± 0.01), suggesting that coconut fiber enhanced Pb extraction from the soil. These results indicate that CF-MU1 effectively improves Cd phytoremediation efficiency. It should be noted that the increased PEC-Cd in ornamental plants may be attributed to IAA-mediated root growth and enhanced Cd translocation (Alves et al., 2022; Ketaubon et al., 2024; Montreemuk et al., 2024). Interestingly, the highest TF values for Cd, Cu, and Pb were observed in plants inoculated with CF-MU1 (T3). In particular, TF-Cd values in T1 and T3 exceeded 1.0, suggesting that *C. morifolium* has strong potential as a Cd phytoextractor. In contrast, TF-Cu and TF-Pb values in all treatments remained below 1.0, indicating that Cu and Pb were predominantly retained in the roots (Egendorf et al., 2020). The enhanced heavy metal translocation observed in T3 may be attributed to the IAA-producing activity of *Micrococcus* sp. MU1, which promotes root development and facilitates metal transport via the xylem to harvestable shoot tissues (Etesami & Glick, 2024; Ketaubon et al., 2024; Rolón-Cárdenas et al., 2022).

Conclusion

These findings indicate that CF-MU1 maintained high bacterial viability, with viable cell counts slightly increasing at 4°C (94.38%) and decreasing at room temperature (89.34%), after one month of storage at both 4 °C and room temperature. In greenhouse experiments, *C. morifolium* inoculated with CF-MU1 exhibited the greatest root length, shoot length, and dry biomass. However, bacterial inoculation did not affect chlorophyll production in plants grown in LDS. *C. morifolium* predominantly accumulated Cu and Pb in the roots rather than in the shoots, whereas Cd concentrations were comparable between root and shoot tissues. Inoculation with CF-MU1 significantly enhanced Cd, Cu, and Pb accumulation in the shoots. Moreover, CF-MU1–inoculated plants showed the highest PEC-Cd, but relatively low PEC-Cu and PEC-Pb values. In addition, these plants exhibited the highest translocation factor (TF) values for all heavy metals, with TF-Cd exceeding 1.0, indicating strong Cd phytoextraction potential. These findings suggest that the IAA-producing capability of *Micrococcus* sp. MU1 enhances plant growth and promotes the translocation of heavy metals to aboveground tissues. Therefore, CF-MU1 can be considered an effective ready-to-use bioinoculant for enhancing phytoremediation of heavy metals in LDS. Future studies should investigate: (1) the long-term stability of CF-MU1 beyond one month of storage to establish its practical shelf life for commercial applications; (2) the direct measurement of IAA levels in the rhizosphere to confirm the proposed growth-promoting mechanism; (3) the combined use of CF-MU1 with other phytoremediation-enhancing strategies, such as agronomic practices and organic acid amendments; and (4) the application of CF-MU1 under field-scale conditions at landfill sites.

Acknowledgements

The authors gratefully acknowledge the Faculty of Environment and Resource Studies, Mahidol University for providing laboratory and greenhouse facilities for this research.

References

Alves A.R.A., Yin Q., Oliveira R.S., Silva E.F. and Novo L.A.B. (2022). Plant growth-promoting bacteria in phytoremediation of metal-polluted soils: Current knowledge and future directions. Science of the Total Environment. 838: 156435.

Amjad N., Akhtar I., Hameed A., Ahmad F., Ali F., Ahmad M., Ullah I., Bibi U., Altaf N. and Ahmad U.I. (2023). Phytoremediation of copper and arsenic contaminated soil using Gladiolus (*Gladiolus grandifloras*) and Chrysanthemum (*Chrysanthemum morifolium*) plants. Asian Journal of Soil Science and Plant Nutrition. 9(2): 36–42.

Chromkaew Y., Kaeomuangmoon T., Mawan N., Mukjang N. and Khongdee N. (2023). Is coconut coir dust an efficient biofertilizer carrier for promoting coffee seedling growth and nutrient uptake?. PeerJ. 11: e15530.

Chuaphasuk C. and Prapagdee B. (2019). Effects of biochar-immobilized bacteria on phytoremediation of cadmium-polluted soil. Environmental Science and Pollution Research. 26: 23679–23688.

Egendorf S.P., Groffman P., Moore G. and Cheng Z. (2020). The limits of lead (Pb) phytoextraction and possibilities of phytostabilization in contaminated soil: A critical review. International Journal of Phytoremediation. 22(9): 916–930.

Etesami H. and Glick B.R. (2024). Bacterial indole-3-acetic acid: A key regulator for plant growth, plant-microbe interactions, and agricultural adaptive resilience. Microbiological Research. 281: 127602.

Huang Y., Xi Y., Gan L., Johnson D., Wu Y., Ren D. and Liu H. (2019). Effects of lead and cadmium on photosynthesis in Amaranthus spinosus and assessment of phytoremediation potential. International Journal of Phytoremediation. 21(10): 1041–1049.

Kafle A., Timilsina A., Gautam A., Adhikari K., Bhattarai A. and Aryal N. (2022). Phytoremediation: Mechanisms, plant selection and enhancement by natural and synthetic agents. Environmental Advances. 8: 100203.

Ketaubon P., Ritthikasem N., Tanheng P. and Prapagdee B. (2024). Enhancing heavy metal phytoremediation in landfill-derived soil by *Chrysopogon zizanioides* (L.) Roberty through the application of bacterial-biochar pellets. Environmental Technology and Innovation. 35: 103738.

Khan A.H.A., Kiyani A., Mirza C.R., Butt T.A., Barros R., Ali B., Iqbal M. and Yousaf S. (2021). Ornamental plants for the phytoremediation of heavy metals: Present knowledge and future perspectives. Environmental Research. 195: 110780.

Kumar A., Dadhwal M., Mukherjee G., Srivastava A., Gupta S. and Ahuja V. (2024). Phytoremediation: Sustainable approach for heavy metal pollution. Scientifica. 2024: 3909400.

Mattina M.J.I., Lannucci-Berger W., Musante C. and White J.C. (2003). Concurrent plant uptake of heavy metals and persistent organic pollutants from soil. Environmental Pollution. 124(3): 375–378.

Montreemuk J., Stewart T.N. and Prapagdee B. (2024). Bacterial-assisted phytoremediation of heavy metals: Concepts, current knowledge, and future directions. Environmental Technology and Innovation. 33: 103488.

Rolón-Cárdenas G.A., Martínez-Martínez J.G., Arvizu-Gómez J.L., Soria-Guerra R.E., Alfaro-De la Torre M.C., Alatorre-Cobos F., Rubio-Santiago J., González-Balderas R.M., Carranza-Álvarez C., Macías-Pérez J.R., Aldaba-Muruato L.R. and Hernández-Morales A. (2022). Enhanced Cd-accumulation in *Typha latifolia* by interaction with *Pseudomonas rhodesiae* GRC140 under axenic hydroponic conditions. *Plants*. 11: 1447.

Senila M. (2024). Recent advances in the determination of major and trace elements in plants using inductively coupled plasma optical emission spectrometry. Molecules. 29: 3169.

Sing K.S.W., Everett D.H., Haul R.A.W., Moscou L., Pierotti R.A., Rouquerol J. and Siemieniewska T. (1985). Reporting physisorption data for gas/solid systems with special reference to the determination of surface area and porosity. Pure and Applied Chemistry. 57(4): 603–619.

การทำนายปริมาณอินทรียวัตถุและคาร์บอนอินทรีย์ในดินเกษตรด้วยเทคนิคฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์มอินฟราเรดสเปกโทรสโกปี

Prediction of soil organic matter and organic carbon in agricultural soils using Fourier transform infrared spectroscopy

เตชินี มีปราชญ์สม[1*] วันวิสาข์ ปั้นศักดิ์[1] บัญชา ปัญญาเจริญ[2] นวรัตน์ พรมชาวนา[3] ณภัสนันท์ พสุการัชต์ชัย[1] อัจฉรา อัศวรุจิกุลชัย[1] และวิชญา รงค์สยามานนท์[1]

Taechinee Meepradsom[1*], Wanwisa Pansak[1], Bancha Panyacharoen[2], Nawarat Phromchaona[3], Naphatsarnan Phasukarratchai[1], Achara Ussawarujikulchai[1] and Witchaya Rongsayamanont[1]

[1]คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล นครปฐม ประเทศไทย
[2]ศูนย์เครื่องมือวิจัยเพื่อความเป็นเลิศ มหาวิทยาลัยมหิดล งานเครื่องมือกลาง กองบริหารงานวิจัย สำนักงานอธิการบดี มหาวิทยาลัยมหิดล นครปฐม ประเทศไทย
[3]บริษัท โกลบอล ครอปส์ จำกัด 112/2 หมู่ 2 ต.ห้วยไผ่ อ.เมืองราชบุรี จ.ราชบุรี ประเทศไทย
[1]Faculty of Environment and Resource Studies, Mahidol University Nakhon Pathom, Thailand
[2]Mahidol University Frontier Research Facility (MU-FRF), Research Management and Development Division, Office of the President, Mahidol University, Nakhon Pathom, Thailand
[3]GLOBAL CROPS CO, LTD., 112/2 Moo 2 Huai Phai, Mueang Ratchaburi, Ratchaburi, Thailand
[*] Corresponding Author E-mail Address : taechinee.mee@student.mahidol.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแบบจำลองสำหรับการทำนายปริมาณอินทรียวัตถุในดิน (Soil Organic Matter; OM) และคาร์บอนอินทรีย์ในดิน (Soil Organic Carbon; OC) ในดินเกษตรกรรม โดยใช้เทคนิคฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์มอินฟราเรดสเปกโทรสโกปี (Fourier Transform Infrared; FTIR) ร่วมกับวิธีการวิเคราะห์การถดถอยแบบพาร์เชียลลีสต์สแควร์ (Partial Least Squares Regression; PLS) จากตัวอย่างดินเกษตรกรรมจำนวน 82 ตัวอย่าง โดยมีค่า OM และ OC จากการวิเคราะห์ด้วยวิธีมาตรฐานควบคู่กับการวิเคราะห์สเปกตรัม FTIR จะถูกประมวลผลล่วงหน้าด้วยวิธี Standard Normal Variate (SNV) ร่วมกับการทำอนุพันธ์อันดับที่ 1 และการปรับเรียบสัญญาณแบบ Savitzky–Golay ภายใต้เงื่อนไขที่แตกต่างกัน จากผลการศึกษาพบว่าแบบจำลองสามารถทำนายค่า OM ได้ในระดับปานกลาง โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจของการทำนาย (R^2p) เท่ากับ 0.53 และค่า RPD เท่ากับ 1.53 ในขณะที่การทำนายค่า OC มีความแม่นยำต่ำกว่า (R^2p = 0.49, RPD = 1.52) ซึ่งสะท้อนข้อจำกัดของการใช้ข้อมูลสเปกตรัม FTIR ในการสร้างสมการทำนายเชิงปริมาณสำหรับ OC โดยการซ้อนทับของสัญญาณในช่วงเลขคลื่น 1000-1100 cm^{-1} จากอิทธิพลขององค์ประกอบแร่ในดิน อย่างไรก็ตาม แบบจำลองที่พัฒนาขึ้นมีศักยภาพในการนำไปใช้เป็นเครื่องมือสำหรับการคัดกรองเบื้องต้นและประเมินแนวโน้มของปริมาณ OM และ OC ในดินได้อย่างรวดเร็วโดยเป็นทางเลือกที่ไม่ทำลายตัวอย่างและมีต้นทุนต่ำเมื่อเทียบกับวิธีวิเคราะห์ทางเคมีแบบดั้งเดิม ทั้งนี้ ยังจำเป็นต้องมีการปรับปรุงความแม่นยำของแบบจำลองเพิ่มเติมก่อนนำไปใช้ในการทำนายเชิงปริมาณในทางปฏิบัติ

คำสำคัญ: อินทรียวัตถุในดิน คาร์บอนอินทรีย์ในดิน ดินเกษตร ฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์มอินฟราเรดสเปกโทรสโกปี

Abstract

This study aims to develop predictive models for estimating soil organic matter (Soil Organic Matter; OM) and soil organic carbon (Soil Organic Carbon; OC) in agricultural soils using Fourier Transform Infrared spectroscopy (FTIR) combined with Partial Least Squares Regression (PLS). A total of 82 agricultural soil samples were analyzed. The reference OM and OC values obtained from standard methods, along with FTIR spectral data, were preprocessed using Standard Normal Variate (SNV) combined with first derivative transformation, with Savitzky–Golay smoothing applied under different conditions. The results showed that the model could predict OM with moderate performance, yielding a coefficient of determination for prediction (R^2p) of 0.53 and a residual predictive deviation (RPD) of 1.53. In contrast, the prediction accuracy for OC was lower (R^2p = 0.49, RPD = 1.52), reflecting limitations of FTIR spectral data for quantitative OC prediction due to signal overlap in the wavenumber region of 1000–1100 cm^{-1}, influenced by soil mineral components. Nevertheless, the developed models demonstrate potential as a rapid screening tool for preliminary assessment and trend evaluation of OM and OC in soils. This approach offers a non-destructive and cost-effective alternative compared to conventional chemical analysis methods. However, further improvement in model accuracy is required before practical application for quantitative prediction.

Keywords: Soil organic matter, Soil organic carbon, agricultural soils, Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR)

บทนำ

อินทรียวัตถุในดิน (Soil organic matter; SOM) นั้นมีบทบาทสำคัญต่อระบบนิเวศการเกษตรโดยจะช่วยปรับปรุงโครงสร้างทางกายภาพของดินให้ร่วนซุย เพิ่มประสิทธิภาพการระบายน้ำและอากาศ ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อการเจริญเติบโตของพืช นอกจากนี้ยังเป็นแหล่งธาตุอาหารที่สำคัญและเป็นแหล่งกักเก็บคาร์บอนที่ใหญ่ที่สุดในระบบนิเวศบนบก (Soil carbon pool) โดยมีปริมาณคาร์บอนสะสม 3.3 เท่าของในบรรยากาศ (Atmospheric pool) และ 4.3 เท่าของที่กักเก็บไว้โดยมวลชีวภาพ (Biotic pool) (Lal, 2004) สำหรับประเทศไทย จากรายงานของกรมพัฒนาที่ดินระบุว่าพื้นที่เกษตรกรรมร้อยละ 60 หรือประมาณ 191 ล้านไร่ ประสบปัญหาปริมาณอินทรียวัตถุในดินต่ำกว่าร้อยละ 2 (กรมพัฒนาที่ดิน, ม.ป.ป.) สาเหตุหลักเนื่องจากประเทศไทยอยู่ในเขตร้อนชื้นซึ่งเร่งกระบวนการการย่อยสลายของจุลินทรีย์ในดินในการย่อยสลายอินทรียวัตถุ ประกอบกับการทำเกษตรกรรมอย่างต่อเนื่องโดยขาดการปรับปรุงบำรุงดินอย่างเหมาะสม ส่งผลให้อินทรีย์คาร์บอนในดินลดลงอย่างรวดเร็ว ดังนั้น การประเมินปริมาณอินทรียวัตถุและอินทรีย์คาร์บอนในดินจึงได้ถูกใช้เป็นตัวชี้วัดที่สำคัญในการประเมินสุขภาพดินเพื่อใช้พัฒนาระบบการจัดการเกษตรแบบยั่งยืน

ปัจจุบันวิธีวิเคราะห์มาตรฐาน เช่น Walkley-Black Loss on Ignition (LOI) และ Dry combustion แม้จะให้ความแม่นยำสูงแต่ใช้เวลานาน มีขั้นตอนในการเตรียมตัวอย่างที่ซับซ้อน มีต้นทุนสูง และมีการใช้สารเคมีอันตรายที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม สำหรับเทคนิค Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) ในช่วงความยาวคลื่น

400–4000 cm^{-1} ได้รับความสนใจให้เป็นเทคนิคทางเลือกที่ไม่ทำลายตัวอย่าง มีความรวดเร็ว มีขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างที่ไม่ซับซ้อนและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม (Janik et al., 2007) โดยสามารถตรวจจับการสั่นสะเทือนของหมู่ฟังก์ชันอินทรีย์ได้โดยตรงจึงเหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์ปริมาณอินทรียวัตถุและอินทรีย์คาร์บอนในดิน (Margenot et al., 2023) อีกทั้งยังเป็นเทคนิคที่ไม่ทำลายตัวอย่างและสามารถวิเคราะห์ได้อย่างรวดเร็ว อย่างไรก็ตามความแม่นยำในการทำนายปริมาณอินทรียวัตถุและอินทรีย์คาร์บอนในดินโดยเทคนิค FTIR สำหรับดินเกษตรของประเทศไทยยังเผชิญกับความท้าทายจากความหลากหลายทางกายภาพและเคมี เช่น สัญญาณรบกวนจากแร่ดินเหนียวและความแตกต่างของเนื้อดินในแต่ละภูมิภาค ซึ่งส่งผลต่อการสร้างแบบจำลองทางเคโมเมตริกซ์ (Chemometric models) การศึกษาอย่างเป็นระบบในดินที่ทำการเกษตรจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งเนื่องจากสมบัติดินที่แตกต่างกันนั้นส่งผลต่อปริมาณอินทรียวัตถุและอินทรีย์คาร์บอนในดิน เช่น ดินในพื้นที่ลุ่มหรือดินพรุ มีแนวโน้มการสะสมของอินทรียวัตถุสูงเนื่องจากมีการย่อยสลายที่ช้า ดินทรายในพื้นที่ดอนมีคุณสมบัติระบายน้ำดีมากจึงมักมีการสะสมของอินทรียวัตถุต่ำเพราะเกิดการสูญเสียที่รวดเร็ว ดินที่มีค่าความเป็นกรดหรือดินเค็มมักไปขัดขวางการเจริญเติบโตของพืชและจุลินทรีย์ ส่งผลให้การผลิตและการสะสมของอินทรียวัตถุลดลง (กรมพัฒนาที่ดิน , ม.ป.ป; Weil & Brady, 2017) ดังนั้น การวิจัยจึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและประเมินประสิทธิภาพแบบจำลอง FTIR-PLS ในการทำนายปริมาณ OM และ OC ในดินเกษตรกรรม โดยเปรียบเทียบเทคนิคการประมวลผลสเปกตรัม (Standard Normal Variate; SNV และ Multiplicative Scatter Correction; MSC) และทดสอบความแม่นยำด้วยค่าสถิติ R^2p และ RPD โดยใช้เทคนิค FTIR เพื่อประเมินศักยภาพของเทคนิค FTIR สำหรับการพัฒนาเครื่องมือวิเคราะห์ดินแบบรวดเร็ว ลดต้นทุน และลดการใช้สารเคมี ซึ่งอาจนำไปประยุกต์ใช้ในการคัดกรองคุณภาพดินและสนับสนุนการจัดการทรัพยากรดินในพื้นที่เกษตรกรรมต่อไป

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

ตัวอย่างดินที่ใช้ในการศึกษา

ตัวอย่างดินที่นำมาใช้ในการศึกษาเก็บตัวอย่างจากพื้นที่เกษตรกรรมปลูกไม้ผล ข้าว และข้าวโพด ใน 4 จังหวัด 82 ตัวอย่าง เป็นดินที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร ครอบคลุมลักษณะเนื้อดินที่หลากหลาย ได้แก่ ดินเหนียวจัดจากจังหวัดลพบุรี ดินเหนียวปนร่วนจากจังหวัดพิษณุโลก ดินร่วนปนทรายถึงดินเหนียวจากจังหวัดเชียงใหม่ และดินร่วนปนทรายหรือดินเหนียวที่มีก้อนกรวดจากจังหวัดจันทบุรี โดยตัวอย่างทั้งหมดถูกนำมาวิเคราะห์องค์ประกอบคาร์บอนและอินทรียวัตถุด้วยวิธีมาตรฐาน Walkley and Black

วิธีการเตรียมตัวอย่าง และการวิเคราะห์ตัวอย่างด้วยเทคนิค FTIR

ในขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างดินก่อนนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง FTIR ตัวอย่างดินทั้งหมดจะเป็นตัวอย่างเดียวกับที่วิเคราะห์ปริมาณอินทรียวัตถุและอินทรีย์คาร์บอนในดินด้วยวิธีมาตรฐาน โดยตัวอย่างดินจะถูกร่อนผ่านตะแกรงขนาด 0.5 มิลลิเมตร เพื่อให้ได้เนื้อดินที่มีความละเอียดสม่ำเสมอ จากนั้นนำไปอบไล่ความชื้นบางส่วนที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง สำหรับการวิเคราะห์คุณลักษณะทางเคมีและโครงสร้างโมเลกุลของอินทรียวัตถุ (OM) และคาร์บอนอินทรีย์ (OC) ดำเนินโดยการใช้เครื่อง Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FT-IR) รุ่น Thermo Scienfic-Nicolet iS50 บันทึกค่าการดูดกลืนแสงในช่วงเลขคลื่น (Wavenumber) 4000-400 cm^{-1} (Van de Velde & Kiekens, 2004) โดยข้อมูลสเปกตรัมที่ได้ในแต่ละตัวอย่างจะถูกนำไปประมวลผลการเลือกช่วงสเปกตรัมที่เหมาะสมในการ

วิเคราะห์เพื่อให้ทำนายปริมาณ OM และ OC ได้อย่างแม่นยำ คณะผู้วิจัยได้กำหนดช่วงความยาวคลื่นที่สำคัญซึ่งตอบสนองต่อหมู่ฟังก์ชันของอินทรียสารในดิน โดยสรุปช่วงเลขคลื่นที่สำคัญจากและหมู่ฟังก์ชันที่เกี่ยวข้องตามรายละเอียดในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ช่วงเลขคลื่นที่สำคัญจาก FTIR และการระบุหมู่ฟังก์ชันที่เกี่ยวข้องกับอินทรียวัตถุ (OM) และคาร์บอนอินทรีย์ (OC)

เลขคลื่น (cm^{-1})	หมู่ฟังก์ชัน (OM)	หมู่ฟังก์ชัน (OC)	แหล่งอ้างอิง
3,690 – 3,620	O-H stretch (Sharp)	-	Coates (2006)
3,400 – 3,300	O-H และ N-H stretching	-	Margenot et al. (2023)
2,930 – 2,850	Asymmetric & Symmetric C-H stretching	Aliphatic C-H stretching	Margenot et al. (2023)
1,725 – 1,710	C=O stretching	C=O stretching	Margenot et al. (2023)
1,660 – 1,630	Amide I (C=O), aromatic C=C	-	Margenot et al. (2023)
1,650 – 1,600	-	Aromatic C=C / Amide I / H_2O bending	Margenot et al. (2023)
1,550 – 1,510	N-H bend (Amide II)	-	Margenot et al. (2023)
1,510 – 1,500	-	Aromatic C=C stretching	Margenot et al. (2023)
1,455 – 1,450	C-H deformation	-	Coates (2006)
1,400 – 1,380	COO^- symmetric stretching	COO^- symmetric stretching / C–H bending	Margenot et al. (2023)
1,260 – 1,240	C-O stretching / O-H bend	-	Margenot et al. (2023)
1,160 – 1,030	-	C–O stretching vibrations associated with organic carbon compounds	Margenot et al. (2023)
1,160 – 915	C-O stretching	-	Margenot et al. (2023)

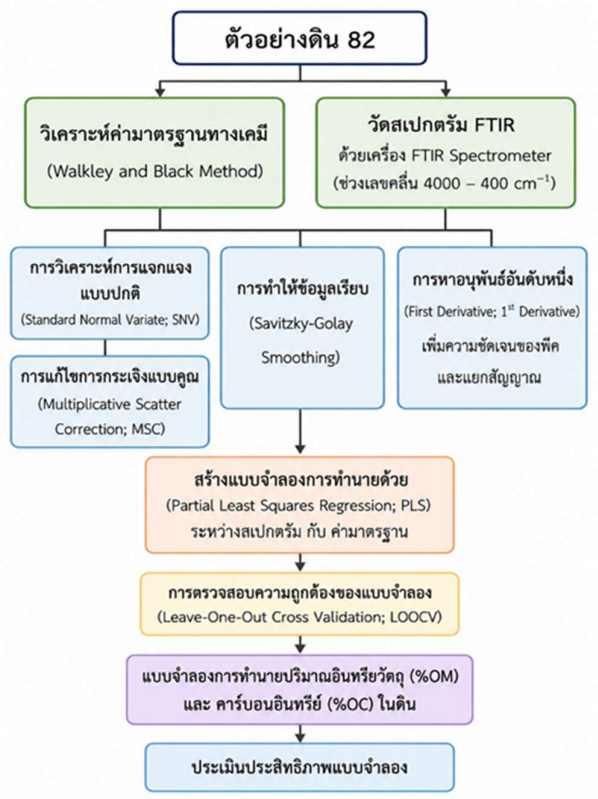
การสร้างและทดสอบความแม่นยำของแบบจำลอง

ในการพัฒนาแบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณอินทรียวัตถุและคาร์บอนอินทรีย์ดังแผนภาพรูปที่ 1 ผู้วิจัยใช้ตัวอย่างดิน 82 ตัวอย่าง ดำเนินการผ่านโปรแกรม Thermo Scientific TQ Analyst Pro version 9.12.116 จากบริษัท Thermo Fisher Scientific Inc. โดยอาศัยความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างข้อมูลสเปกตรัม FTIR และการวิเคราะห์มาตรฐานทางเคมี

ในขั้นตอนการประมวลผลข้อมูลสเปกตรัม (Pre-processing) ผู้วิจัยได้ประยุกต์ใช้เทคนิค Standard Normal Variate (SNV) เพื่อปรับค่าความเข้มของสเปกตรัมให้อยู่ในรูปแบบมาตรฐาน (Normalized) โดยปรับให้ข้อมูลมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 และ

ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1 ช่วยลดผลกระทบจากการกระเจิงของแสง (Pulliam, 2024) และเทคนิค Multiplicative Scatter Correction (MSC) เพื่อลดความคลาดเคลื่อนจากขนาดอนุภาคดินโดยปรับสเปกตรัมเข้าสู่ค่าเฉลี่ย (ดนัย บุญยเกียรติ, 2556) เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของทั้งสองเทคนิค ร่วมกับการใช้เทคนิค Savitzky-Golay Smoothing และการหาอนุพันธ์ลำดับที่ 1 (First Derivative) เพื่อเพิ่มความชัดเจนของพีคสเปกตรัมและแยกสัญญาณที่ทับซ้อนกัน

สำหรับการสร้างแบบจำลองการทำนาย ใช้การวิเคราะห์สถิติถดถอยแบบ Partial Least Squares Regression (PLS) ซึ่งมีประสิทธิภาพสูงในการจัดการข้อมูลสเปกตรัมที่มีตัวแปรอิสระจำนวนมากและมีความสัมพันธ์กันเอง (Multicollinearity) ในส่วนการทดสอบความแม่นยำใช้เทคนิค Leave-One-Out Cross Validation (LOOCV) ซึ่งเป็นการทดสอบโดยดึงจุดข้อมูลทีละจุดออกมาเป็นตัวทดสอบ (Test set) และใช้ข้อมูลที่เหลือเป็นชุดฝึกฝน (Training set) หมุนเวียนจนครบทุกตัวอย่าง และเพื่อให้ได้แบบจำลองที่มีความแม่นยำสูงสุดและปราศจากปัญหาการเรียนรู้ที่มากเกินไป (Overfitting) การวิเคราะห์ FTIR ในแต่ละตัวอย่าง จึงได้ทำการวัดสเปกตรัมซ้ำจำนวน 4 รอบ เพื่อประเมินความสม่ำเสมอของสัญญาณและเพิ่มความน่าเชื่อถือของข้อมูลที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองการทำนาย



รูปที่ 1 แผนภาพการสร้างแบบจำลองการทำนายอินทรียวัตถุและคาร์บอนอินทรีย์ในดิน

การประเมินความแม่นยำของแบบจำลอง

ในการประเมินความแม่นยำและความสามารถในการทำนายของแบบจำลองในการประเมินปริมาณอินทรียวัตถุและอินทรีย์คาร์บอนในดินที่สร้างขึ้นมาจากสเปกตรัม FTIR ได้พิจารณาจากดัชนีชี้วัดทางสถิติหลัก 2 ประการ ดังนี้

1. สัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) ใช้สำหรับประเมินความสามารถในการอธิบายความแปรปรวนของข้อมูลแบบจำลอง ซึ่งการตีความประสิทธิภาพจะอ้างอิงตามเกณฑ์ในตารางที่ 2 ข้อควรระวังในการประเมินค่า R^2 คือการที่ค่านั้นสูงอาจเกิดจากการที่แบบจำลองมีความซับซ้อนเกินไปทำให้เกิด overfitting ได้

ตารางที่ 2 การตีความสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2)

R^2	ความสามารถในการทำนายแบบจำลอง
0.00 – 0.25	ไม่ควรนำมาใช้ในการทำนาย
0.26 – 0.49	ไม่สามารถใช้เป็นสมการทำนายได้
0.50 – 0.64	สามารถใช้ในการคัดเลือกเบื้องต้นได้
0.65 – 0.81	สามารถใช้ในการคัดเลือก หรือตรวจคุณภาพบางอย่างได้
0.83 – 0.90	สามารถใช้ได้ในงานหลายประเภท รวมทั้งการทำนายเพื่องานวิจัยและงานทั่วไป
0.92 – 0.96	สามารถใช้ได้ในงานหลายประเภท รวมทั้งงานประกันคุณภาพ
0.98 ขึ้นไป	สามารถใช้ได้ดีมากในงานทุกประเภท

ที่มา: จุฑามาศ และคณะ (2564)

2. ค่า Residual Prediction Deviation (RPD) เป็นค่าที่ใช้เปรียบเทียบระหว่างค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลจริงกับความคลาดเคลื่อนในการทำนาย เพื่อระบุคุณภาพและขอบเขตการนำแบบจำลองไปใช้งาน โดยมีเกณฑ์การพิจารณาตามรายละเอียดในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 เกณฑ์พิจารณาค่า RPD

ค่า RPD	คุณภาพของแบบจำลอง
> 2.0	สามารถทำนายได้อย่างแม่นยำ ใช้งานเชิงปริมาณได้
1.4 – 2.0	ใช้สำหรับการคัดกรอง หรือ แยกแยะค่าสูง - ต่ำ
< 1.4	ไม่สามารถทำนายได้อย่างน่าเชื่อถือ

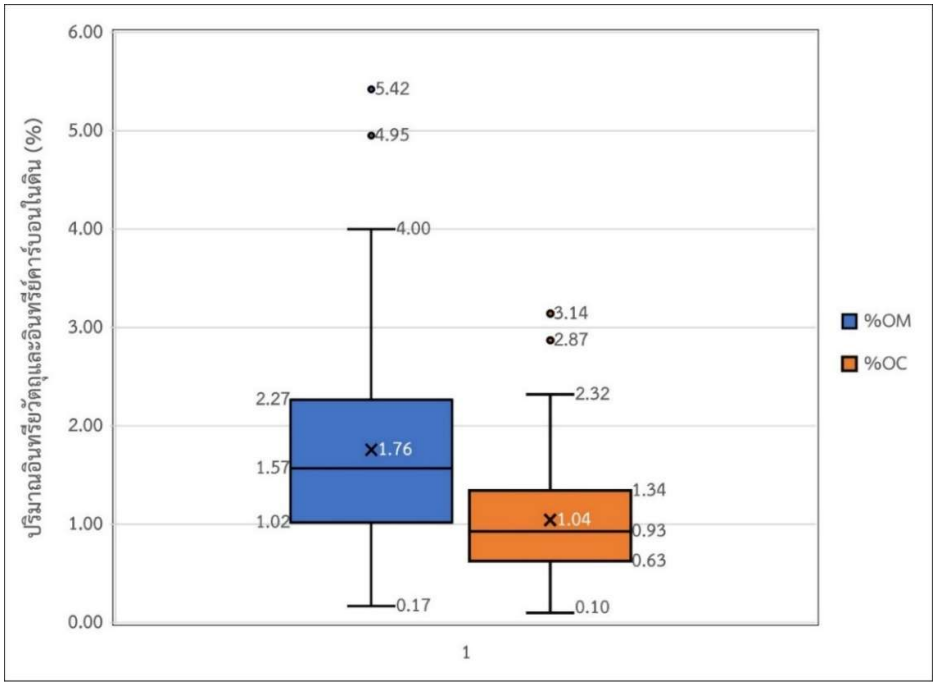
ที่มา: Chang et al. (2001) และ Viscarra Rossel et al. (2006)

ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

ผลการวิเคราะห์ดินด้วยวิธีมาตรฐาน

จากการวิเคราะห์ตัวอย่างดินจากพื้นที่ดินที่ทำการเกษตร จำนวน 82 ตัวอย่างด้วยวิธีมาตรฐาน Walkley and Black เพื่อหาปริมาณอินทรียวัตถุ (%OM) และคาร์บอนอินทรีย์ (%OC) พบว่ามีการกระจายตัวของข้อมูลค่อนข้างกว้างซึ่งสะท้อนถึงความหลากหลายของสภาพพื้นที่เกษตรกรรมและการจัดการดินที่แตกต่างกัน (รูปที่ 2) โดยค่าเฉลี่ย

ของ %OM และ %OC ในภาพรวมอยู่ที่ 1.76 และ 1.04 ตามลำดับ (ตารางที่ 4) เมื่อพิจารณาแยกตามรายจังหวัด พบว่าจังหวัดจันทบุรีมีค่าเฉลี่ยของ %OM (2.24%) และ %OC (1.36%) สูงที่สุดเมื่อเทียบกับจังหวัดอื่น ซึ่งสามารถอธิบายได้จากลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินส่วนใหญ่ที่เป็นพื้นที่ปลูกไม้ผลยืนต้น ส่งผลให้มีการสะสมของเศษซากพืชและวัสดุอินทรีย์บนผิวหน้าดินอย่างต่อเนื่อง ประกอบกับสภาพภูมิอากาศที่มีฝนตกชุกซึ่งเอื้อต่อการเพิ่มพูนของอินทรียวัตถุในดิน นอกจากนี้ จากรูปที่ 2 ปรากฏค่าผิดปกติ (Outliers) ในชุดข้อมูลจากจังหวัดจันทบุรี (%OM = 5.42 และ %OC = 3.14) และจังหวัดเชียงใหม่ (%OM = 4.95 และ %OC = 2.87) ค่าที่สูงผิดปกติเหล่านี้ชี้ให้เห็นถึงจุดเก็บตัวอย่างที่มีการจัดการอินทรีย์สารในระดับสูงเป็นพิเศษ หรือเป็นพื้นที่ที่มีการสะสมของอินทรียวัตถุเฉพาะจุด (Micro-site variation) (Viscarra Rossel et al., 2006) ซึ่งแม้จะถูกจัดเป็นค่าผิดปกติในเชิงสถิติ แต่ในแง่ของการพัฒนาแบบจำลองค่าเหล่านี้มีความสำคัญอย่างยิ่งในการขยายขอบเขตการเรียนรู้ของแบบจำลอง (Calibration range) ให้ครอบคลุมดินที่มีความอุดมสมบูรณ์สูง (Fortuna et al., 2025; Jeon et al., 2024) ทั้งนี้ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (%CV) ของทุกพื้นที่สูงกว่า 40% สะท้อนให้เห็นว่าปริมาณอินทรียวัตถุในดินมีความผันแปรสูงตามสภาพการจัดการพื้นที่และลักษณะเนื้อดิน ซึ่งความผันแปรของข้อมูลที่ครอบคลุมช่วงกว้างนี้ (0.10% – 3.14% สำหรับ %OC) ถือเป็นข้อดีในการนำไปพัฒนาแบบจำลองการทำนายด้วยเทคนิค FTIR ให้มีความครอบคลุมและแม่นยำยิ่งขึ้นในการทำนายตัวอย่างดินที่มีคุณสมบัติแตกต่างกันได้ดีขึ้น (Addise et al., 2022; Wangeci et al., 2024)



รูปที่ 2 Box-and-whisker plot แสดงการกระจายตัวของปริมาณอินทรียวัตถุ (%OM) และคาร์บอนอินทรีย์ (%OC) ในตัวอย่างดินเกษตรกรรมจำนวน 82 ตัวอย่าง (เส้นแนวนอนภายในกล่องแสดงค่ามัธยฐาน เครื่องหมาย x แสดงค่าเฉลี่ย ขอบบน-ล่างของกล่องแสดงเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 75 และ 25 ตามลำดับ และแถบแสดงความคลาดเคลื่อนแสดงช่วงค่าต่ำสุด-สูงสุดที่ไม่ใช่ค่าผิดปกติ และจุดวงกลมแสดงค่าผิดปกติ)

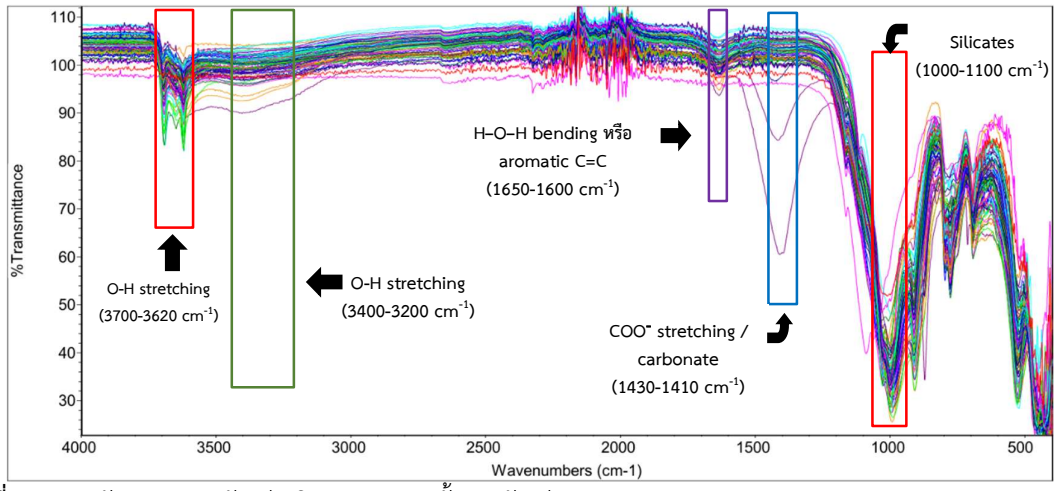
ตารางที่ 4 ค่าที่วิเคราะห์พารามิเตอร์จากวิธีมาตรฐาน

		N	Mean	STD	%CV	Min	Max	Median
All	%OM	82	1.76	1.06	60.53	0.17	5.42	1.57
	%OC		1.04	0.61	58.27	0.10	3.14	0.93
LP	%OM	21	1.20	0.60	49.90	0.17	2.29	1.33
	%OC		0.70	0.35	49.87	0.10	1.33	0.77
PLK	%OM	20	1.63	1.00	61.26	0.42	3.91	1.15
	%OC		0.98	0.57	58.34	0.24	2.27	0.77
F	%OM	20	1.96	1.02	51.74	0.75	4.95	1.73
	%OC		1.14	0.59	51.71	0.44	2.87	1.00
C	%OM	21	2.24	1.29	57.67	0.34	5.42	1.84
	%OC		1.36	0.70	51.42	0.48	3.14	1.23

หมายเหตุ : All = 4 จังหวัด, LP = ลพบุรี, PLK = พิษณุโลก, F = เชียงใหม่, C = จันทบุรี, STD = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

การวิเคราะห์ดินด้วยเทคนิค FTIR

จากการวิเคราะห์สเปกตรัมการดูดกลืนรังสีอินฟราเรดของตัวอย่างดินทั้ง 82 ตัวอย่าง (รูปที่ 3) พบว่าสเปกตรัมปรากฏรูปแบบที่คล้ายคลึงกันแต่มีค่าเปอร์เซ็นต์การส่งผ่านแสง (%Transmittance) ที่แตกต่างกันอย่างชัดเจนตามปริมาณองค์ประกอบเคมีในแต่ละพื้นที่ โดยสามารถระบุแถบการส่งผ่านแสงสำคัญที่สัมพันธ์กับอินทรียวัตถุได้ทั้งในบริเวณ functional group region และ fingerprint region ได้แก่ ช่วงเลขคลื่นประมาณ 3,400 cm^{-1} ซึ่งเกิดจากการสั่นแบบยืด (Stretching) ของหมู่ไฮดรอกซิล (O-H group) และช่วง 1,650 cm^{-1} ที่สัมพันธ์กับหมู่คาร์บอนิล (C=O stretching) ซึ่งอาจเกี่ยวกับสารประกอบประเภท aldehyde, ketone, ester และ amide โดยมีช่วงเลขคลื่น 1,300–1,000 cm^{-1} ที่สัมพันธ์กับการสั่นของพันธะ C–O เป็นแถบสนับสนุนในการยืนยันการมีอยู่ของสารประกอบอินทรีย์ดังกล่าว นอกจากนี้ ช่วงเลขคลื่น 1,160–1,030 cm^{-1} ซึ่งอยู่ในบริเวณ fingerprint region ของพันธะ C–O ในสารประกอบอินทรีย์ที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบในโครงสร้างอะโรมาติกและสารประกอบฮิวมิก (Machado et al., 2020) อย่างไรก็ตามช่วง 1,000–1,100 cm^{-1} อาจได้รับอิทธิพลจากการสั่นของพันธะ Si–O–Si ของแร่ซิลิเกตในดินซึ่งเป็นบริเวณที่พบการทับซ้อนกันกับสัญญาณของสารอินทรีย์ในแร่ซิลิเกตที่เป็นองค์ประกอบหลักของเนื้อดิน (Volkov et al., 2021) ทั้งนี้ความแตกต่างของความเข้มพีคในช่วง 1,650 cm^{-1} ในแต่ละตัวอย่างสะท้อนถึงความผันแปรของปริมาณอินทรียวัตถุและคาร์บอนอินทรีย์ในแต่ละพื้นที่ ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ทางเคมีที่พบปริมาณ %OM และ %OC สูงในจังหวัดจันทบุรีและเชียงใหม่ อย่างไรก็ตาม การที่พีคของแร่ซิลิเกตมีความเข้มสูงและเกิดการซ้อนทับกับสัญญาณการสั่นของพันธะ C–O และ C–O–C ของสารประกอบคาร์โบไฮเดรตและ polysaccharides ในช่วงประมาณ 1,000–1,100 cm^{-1} อาจส่งผลต่อความแม่นยำในการวิเคราะห์เชิงปริมาณอินทรีย์คาร์บอน ด้วยเหตุนี้การประมวลผลสเปกตรัมล่วงหน้าด้วยการหาอนุพันธ์และการเลือกช่วงคลื่นที่เหมาะสมจึงเป็นขั้นตอนที่สำคัญในการลดสัญญาณรบกวนจากแร่ธาตุพื้นฐาน (Margenot et al., 2023)



รูปที่ 3 สเปกตรัม FTIR ของตัวอย่างดินเกษตรกรรมทั้ง 82 ตัวอย่าง

การทดสอบสมการการทำนายปริมาณอินทรียวัตถุและคาร์บอนอินทรีย์ในดิน

การพัฒนาแบบจำลองโดยเทคนิค PLS ร่วมกับการปรับสัญญาณแบบ SNV และ MSC และการทำอนุพันธ์อันดับที่ 1 (1st derivative) ภายใต้เงื่อนไข smoothing แบบ Savitzky-Golay ที่แตกต่างกันดังตารางที่ 5 พบว่าค่า R^2p ของแบบจำลองทั้งหมดอยู่ที่ช่วง 0.27–0.53 และค่า RPD อยู่ในช่วง 1.35-1.54 ซึ่งอยู่ในระดับพอใช้ถึงปานกลางสำหรับการทำนายอินทรียวัตถุและอินทรีย์คาร์บอนในดิน สำหรับการทำนาย OM พบว่าแบบจำลอง A ให้ผลการทำนายที่ดีที่สุดโดยมีค่า R^2p เท่ากับ 0.53 และค่า RPD เท่ากับ 1.53 ในส่วนของการทำนาย OC พบว่าแบบจำลอง F ให้ค่า Root Mean Square Error of Prediction (RMSEp) ต่ำที่สุด (0.54) โดยค่า RMSEp ที่ต่ำกว่าสะท้อนถึงความคลาดเคลื่อนในการทำนายที่น้อยกว่า และค่า RPD สูงสุดอยู่ที่ 1.41 ขณะที่แบบจำลอง E ให้ผลการทำนายที่ต่ำที่สุดจากแบบจำลองทั้งหมด R^2p เท่ากับ 0.27 แบบจำลอง A และ C ให้ผลการทำนายใกล้เคียงกัน โดยมีค่า R^2p อยู่ในช่วง 0.52-0.53 แสดงให้เห็นว่าการปรับสัญญาณนั้นมีบทบาทสำคัญต่อประสิทธิภาพแบบจำลองซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของการประมวลผลสเปกตรัมที่ช่วยลดผลกระทบจาก scattering และ baseline shift (Rinnan et al., 2009) และหลักการของ FTIR ที่ใช้หมู่ฟังก์ชันทางเคมีในการประเมินองค์ประกอบของอินทรียวัตถุในดิน (Margenot et al., 2023)

ผลการวิเคราะห์พบว่ามีค่าผิดปกติ (Outliers) ในบางตัว โดยเฉพาะในกลุ่มตัวอย่างที่มีปริมาณอินทรียวัตถุสูงเกินกว่า 4% (Model A, C, D) ซึ่งมีค่าที่ทำนายได้คลาดเคลื่อนจากค่าจริง ความคลาดเคลื่อนนี้อาจเกิดจากข้อจำกัดของสัญญาณสเปกตรัมที่มีความเข้มข้นสูงจนเกิดการอิ่มตัว (Saturation) หรืออิทธิพลจากองค์ประกอบแร่ในดินที่เข้าไปบดบังหมู่ฟังก์ชันของอินทรียสาร ทั้งนี้ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างแบบจำลอง จะพบว่า Model A และ Model F มีแนวโน้มประสิทธิภาพการทำนายดีที่สุด โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนในการทำนาย (RMSEp) ต่ำ และมีค่าสหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient; r) ที่สูงกว่าแบบจำลองอื่น ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการเลือกใช้เทคนิคการประมวลผลสเปกตรัมล่วงหน้าที่เหมาะสม (เช่น SNV หรือ MSC ร่วมกับ Derivative) สามารถช่วยลดอิทธิพลของการกระเจิงแสงและแยกแยะสัญญาณที่ทับซ้อนกันได้จริง ส่งผลให้แบบจำลอง FTIR ที่พัฒนาขึ้นมีความน่าเชื่อถือและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการประเมินคุณภาพดินในภาคสนามได้อย่างรวดเร็วแทนการใช้วิธีทางเคมีแบบดั้งเดิม ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Seema et al. (2020)

อย่างไรก็ตามค่า R^2p ที่ยังไม่สูงมากอาจเกิดจากการรบกวนขององค์ประกอบแร่ในดินโดยเฉพาะสัญญาณช่วง 1000–1100 cm^{-1} ที่เกี่ยวข้องกับซิลิเกต ทำให้เกิดการซ้อนทับของสัญญาณอินทรีย์ (Margenot et al., 2023) รวมถึง

แนวโน้มของ overfitting ที่สะท้อนจากค่า R^2c ที่สูงกว่า R^2p ซึ่งเป็นข้อจำกัดที่พบได้ในแบบจำลอง PLS (Wold et al., 2001) ค่า RPD ที่ต่ำกว่า 2 ยังบงชี้ถึงโมเดลที่อยู่ในระดับพอใช้ตามเกณฑ์มาตรฐาน (Viscarra Rossel et al., 2006) แต่อย่างไรก็ตามแบบจำลองดังกล่าวยังสามารถนำไปใช้เป็นเครื่องมือคัดกรองเบื้องต้นเพื่อประเมินแนวโน้มของปริมาณอินทรียวัตถุและอินทรีย์คาร์บอนได้อย่างรวดเร็ว และช่วยลดเวลาและต้นทุนในการวิเคราะห์เมื่อเทียบกับวิธีมาตรฐาน

ตารางที่ 5 การพัฒนาและเปรียบเทียบแบบจำลอง PLS สำหรับการทำนายปริมาณอินทรียวัตถุ (OM) และอินทรีย์คาร์บอน (OC) จากข้อมูล FTIR ภายใต้เงื่อนไขการปรับสัญญาณที่แตกต่างกัน

Model	PLS	Path length	Data Format	Smoothing Savitzky-Golay		RMSEc	RMSEp	r_c	r_p	R^2c	R^2p	RPD	%Bias
				W	P								
A	OM	SNV	1st Derivative	13	2	0.70	0.63	0.74	0.72	0.55	0.53	1.53	-1.60
B	OC	SNV	1st Derivative	13	2	0.39	0.64	0.70	0.63	0.50	0.40	1.35	2.75
C	OM	MSC	1st Derivative	9	3	0.69	0.63	0.76	0.72	0.58	0.52	1.54	1.86
D	OM	SNV	1st Derivative	9	2	0.70	0.64	0.76	0.70	0.57	0.49	1.52	1.73
E	OC	MSC	1st Derivative	9	3	0.40	0.57	0.72	0.51	0.53	0.27	1.41	0.93
F	OC	SNV	1st Derivative	9	2	0.41	0.54	0.72	0.61	0.52	0.37	1.41	0.96

หมายเหตุ : OM = อินทรียวัตถุ, OC = คาร์บอนอินทรีย์, SNV = Standard Normal Variate, MSC = Multiplicative Scatter Correction, W = Window, P = Polynomial, RMSEc = ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของการปรับเทียบ, RMSEp = ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของการทำนาย, r_c = ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของการปรับเทียบ, r_p = ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของการทำนาย, R^2c = ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจของการปรับเทียบ, R^2p = ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจของการทำนาย, RPD = Residual Predictive Deviation, %Bias = ค่าความเอนเอียง

บทสรุป

การพัฒนาแบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณอินทรียวัตถุ (OM) และคาร์บอนอินทรีย์ (OC) ในดิน โดยใช้เทคนิค FTIR Spectroscopy ร่วมกับการวิเคราะห์ทางสถิติแบบ PLS บ่งชี้ว่าแบบจำลอง OM มีความสามารถในการทำนายอยู่ในระดับพอใช้สำหรับการคัดกรองเบื้องต้น โดยให้ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจในระดับสูงสุด R^2p เท่ากับ 0.53 และมีค่า RPD เท่ากับ 1.54 ขณะที่การทำนาย OC ให้ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจในระดับสูงสุด R^2p เท่ากับ 0.40 และมีค่า RPD เท่ากับ 1.35 แสดงให้เห็นว่าแบบจำลองมีประสิทธิภาพการทำนายต่ำกว่าและยังไม่เหมาะสมสำหรับการทำนายเชิงปริมาณ ทั้งนี้ข้อจำกัดดังกล่าวอาจเกิดจากการรบกวนขององค์ประกอบแร่ในดิน โดยเฉพาะในช่วงเลขคลื่น 1000–1100 cm^{-1} ที่ทำให้เกิดการซ้อนทับของสัญญาณอินทรีย์ จากการพัฒนาแบบจำลองเงื่อนไขที่ให้ผลการทำนายดีที่สุดสำหรับทั้ง OM และ OC คือการประมวลผลสเปกตรัมล่วงหน้าด้วยเทคนิค SNV ร่วมกับการหาอนุพันธ์อันดับที่ 1 (1st Derivative) และการใช้การปรับเรียบสัญญาณ (Smoothing) ที่เหมาะสมซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าการจัดการข้อมูลสเปกตรัมเพื่อลดสัญญาณรบกวนจากการกระเจิงแสงและอิทธิพลของแร่ธาตุพื้นฐานในดิน มีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งต่อการเพิ่มประสิทธิภาพของแบบจำลอง ดังนั้นแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นมีศักยภาพในการนำไปใช้เป็นเครื่องมือสำหรับการประเมินแนวโน้มหรือการคัดเลือกเบื้องต้น (Preliminary screening) เพื่อวิเคราะห์ปริมาณอินทรียสารในดินได้อย่างรวดเร็วและประหยัดค่าใช้จ่าย อย่างไรก็ตาม

ยังมีข้อจำกัดสำหรับการทำนายเชิงปริมาณที่ต้องการความแม่นยำสูงในระดับงานวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการ ทั้งนี้ การพัฒนาในอนาคตควรพิจารณาการขยายฐานข้อมูลตัวอย่างดินให้มีความหลากหลายของชุดดินมากขึ้น รวมถึงการทดสอบเทคนิคการประมวลผลข้อมูลขั้นสูง และการทดลองใช้ Machine Learning อื่น ๆ เพื่อยกระดับความแม่นยำและความยืดหยุ่นของแบบจำลองให้สามารถใช้งานได้ในวงกว้างต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณบริษัท โกลบอล ครอปส์ จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์ตัวอย่างดินและข้อมูลที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้ และขอขอบพระคุณศูนย์เครื่องมือวิจัยเพื่อความเป็นเลิศ มหาวิทยาลัยมหิดล สำหรับการให้คำแนะนำและให้คำปรึกษาในการใช้เครื่องมือในการวิเคราะห์

เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาที่ดิน. (ม.ป.ป). สถานการณ์ดินของประเทศไทย. สืบค้นเมื่อวันที่ 1 กันยายน, 2568 จาก https://www.ldd.go.th/th/ldd_article/soil_situation_thailand/

จุฑามาศ ไกรเพิ่ม, อัจจิมา พงษ์จินดา และ กรกนก เปรี่ยมหมื่นไวย์. (2564). การประเมินปริมาณโพแทสเซียมในดินด้วยเทคนิคเนียร์อินฟราเรด. ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน, 11-13.

ดนัย บุณยเกียรติ, ปาริชาติ เทียนจุมพล, พิเชษฐ์ น้อยมณ, วรรณวรางค์ พัฒนะโพธิ์ และ พิชิต เชื้อเมืองพาน. (2556). การประเมินคุณภาพ ดัชนีการสุกแก่และการหาสารพิษตกค้างในผักและผลไม้ด้วยเทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกทรสโกป. https://archive.lib.cmu.ac.th/full/rpf/2556/rpf56_089_full.pdf

Addise, T., Bedadi, B., Regassa, A., Wogi, L., & Feyissa, S. (2022). Spatial Variability of Soil Organic Carbon Stock in Gurje Subwatershed, Hadiya Zone, Southern Ethiopia. Applied and Environmental Soil Science. 2022(1): 5274482. https://doi.org/https://doi.org/10.1155/2022/5274482

Chang, C.-W., Laird, D. A., Mausbach, M. J., & Hurburgh, C. R. (2001). Near-Infrared Reflectance Spectroscopy–Principal Components Regression Analyses of Soil Properties. Soil Science Society of America Journal. 65(2): 480–490. https://doi.org/https://doi.org/10.2136/sssaj2001.652480x

Coates, J. (2006). Interpretation of Infrared Spectra, A Practical Approach. In Encyclopedia of Analytical Chemistry. https://doi.org/10.1002/9780470027318.a5606

Fortuna, A.-M., Starks, P. J., & Moriasi, D. N. (2025). Estimation of soil organic carbon as a function of soil pretreatment and spectral features of radiometers within the visible and near-infrared spectra. Journal of Soil and Water Conservation. 80(4): 476–490. https://doi.org/10.1080/00224561.2025.2528348

Janik, L. J., Skjemstad, J. O., Shepherd, K. D., & Spouncer, L. R. (2007). The prediction of soil carbon fractions using mid-infrared-partial least square analysis. Australian Journal of Soil Research. 45(2): 73–81. https://doi.org/10.1071/SR06083

Jeon, S. H., Jang, H. J., Ng, W., Minasny, B., Kim, S. H., Shim, J. H., Roh, A., Kwon, S. i., & Yun, J.-J. (2024). Predicting soil properties for fertiliser recommendation in South Korea using MIR spectroscopy. Geoderma Regional. 39, e00901. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.geodrs.2024.e00901

Lal, R. (2004). Soil Carbon Sequestration Impacts on Global Climate Change and Food Security. Science, 304: 1623-1627. https://doi.org/10.1126/science.1097396

Machado, W., Franchini, J. C., de Fátima Guimarães, M., & Filho, J. T. (2020). Spectroscopic characterization of humic and fulvic acids in soil aggregates, Brazil. Heliyon. 6 (6) . https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04078

Margenot, A. J., Parikh, S. J., & Calderón, F. J. (2023). Fourier-transform infrared spectroscopy for soil organic matter analysis. Soil Science Society of America Journal. 87(6): 1503–1528. https://doi.org/10.1002/saj2.20583

Pulliam, C. (2024). Standard Normal Variate (SNV) Signal Processing for Near-IR Data. https://medium.com/@chrisjpulliam/standard-normal-variate-snv-signal-processing-for-near-ir-data-f9bb7a96a42d

Rinnan, Å., Berg, F. v. d., & Engelsen, S. B. (2009). Review of the most common pre-processing techniques for near-infrared spectra. TrAC Trends in Analytical Chemistry. 28(10): 1201–1222. https://doi.org/10.1016/j.trac.2009.07.007

Seema, Ghosh, A. K., Das, B. S., & Reddy, N. (2020). Application of VIS-NIR spectroscopy for estimation of soil organic carbon using different spectral preprocessing techniques and multivariate methods in the middle Indo-Gangetic plains of India. Geoderma Regional. 2 3 : e0 0 3 4 9 . https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.geodrs.2020.e00349

Van de Velde, K., & Kiekens, P. (2004). Structure analysis and degree of substitution of chitin, chitosan and dibutyrylchitin by FT-IR spectroscopy and solid state 13C NMR. Carbohydrate Polymers. 58(4), 409–416. https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2004.08.004

Viscarra Rossel, R. A., Walvoort, D. J. J., McBratney, A. B., Janik, L. J., & Skjemstad, J. O. (2006). Visible, near infrared, mid infrared or combined diffuse reflectance spectroscopy for simultaneous assessment of various soil properties. Geoderma. 131(1): 59–75. https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2005.03.007

Volkov, D. S., Rogova, O. B., & Proskurnin, M. A. (2021). Organic matter and mineral composition of silicate soils: ftir comparison study by photoacoustic, diffuse reflectance, and attenuated total reflection modalities. Agronomy. 11(9): 1879.

Wangeci, A., Knadel, M., De Pascale, O., Greve, M. H., & Senesi, G. S. (2024). Assessing the performance of handheld LIBS for predicting soil organic carbon and texture in European soils [10.1039/D4JA00292J]. Journal of Analytical Atomic Spectrometry. 39(11): 2903–2916. https://doi.org/10.1039/D4JA00292J

Weil, R., & Brady, N. (2017). The Nature and Properties of Soils. 15th edition. https://www.researchgate.net/publication/301200878_The_Nature_and_Properties_of_Soils_15th_edition

Wold, S., Sjöström, M., & Eriksson, L. (2001). PLS-regression: a basic tool ofchemometrics. Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems, 58(2): 109–130. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0169-7439(01)00155-1

การศึกษาความสัมพันธ์ของเพศและแนวโน้มช่วงอายุต่อการติดเชื้อวัณโรคระยะแฝงด้วยเทคนิค Interferon-Gamma Release Assay (IGRA) จากการวิเคราะห์ข้อมูลย้อนหลัง 3 ปี ของสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์สาธารณสุข

Association of gender and age trends with latent tuberculosis infection using Interferon-Gamma Release Assay (IGRA): A 3-year retrospective analysis at the National Institute of Health

สุปราณี บุญชู[1*] พายุ ภักดีนวน[1] โสภา ศรีสังข์งาม[1] วิพัฒน์ กล้ายุทธ[1] และปวีณา ก้องสนั่น[1]
Supranee Bunchoo[1*], Payu Bhakdeenuan[1], Wiphat Klayut[1] Sopa Srisungngam[1] and Paweena Kongsanan[1]

[1]สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์สาธารณสุข กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ นนทบุรี*
[*]Corresponding Author E-mail Address : supranee.b@dmsc.mail.

บทคัดย่อ

การวิจัยเชิงวิเคราะห์ย้อนหลังนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความชุกและความสัมพันธ์ของปัจจัยด้านเพศและอายุต่อการติดเชื้อวัณโรคระยะแฝงจากงานบริการตรวจวิเคราะห์ประจำห้องปฏิบัติการของสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์สาธารณสุข โดยใช้เทคนิค Interferon-Gamma Release Assay (IGRA) ครอบคลุมระยะเวลา 3 ปี (พ.ศ.2566-2568) ใช้วิธีสุ่มตัวอย่างอย่างเป็นระบบปีละ 165 ราย รวมตัวอย่างทั้งสิ้น 495 ราย ผลการศึกษาพบผู้ติดเชื้อ 68 ราย (ร้อยละ 13.7) และไม่พบการติดเชื้อ 427 ราย (ร้อยละ 86.3) เมื่อจำแนกตามเพศพบ ผู้ติดเชื้อเป็นเพศชายร้อยละ 15.2 (32/210) และเพศหญิง ร้อยละ 12.6 (36/285) ผลการวิเคราะห์ด้วยสถิติ Pearson's Chi-squared test พบว่าการติดเชื้อไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างเพศชายและเพศหญิง (P = 0.406) อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาตามกลุ่มอายุ พบการติดเชื้อดังนี้ อายุ 0-14 ปี ร้อยละ 5.0 (2/40), 15-24 ปี ร้อยละ 8.3 (4/48), 25-44 ปี ร้อยละ 12.6 (24/191), 45-59 ปี ร้อยละ 18.2 (20/110) และ 60 ปีขึ้นไป ร้อยละ 17.0 (18/106) ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์ด้วยสถิติ Chi-squared test for trend พบว่า ช่วงอายุมีความสัมพันธ์เชิงแนวโน้มกับการติดเชื้อวัณโรคอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P = 0.016) โดยพบสัดส่วนการติดเชื้อเพิ่มสูงขึ้นตามลำดับช่วงอายุที่มากขึ้น โดยเฉพาะในกลุ่มวัยทำงานและผู้สูงอายุ ผลการศึกษานี้ใช้เป็นฐานข้อมูลเพื่อให้ทราบถึงความสัมพันธ์ที่เกี่ยวข้องกับการติดเชื้อวัณโรค สำหรับใช้เป็นข้อมูลทางระบาดวิทยา หรืออ้างอิงเพื่อนำไปประยุกต์ใช้ให้อย่างเหมาะสมต่อไป

คำสำคัญ: วัณโรคระยะแฝง, เทคนิค IGRA, ปัจจัยทางระบาดวิทยา

Abstract

This retrospective analytical study aimed to investigate the prevalence of latent tuberculosis infection (LTBI) and the association of gender and age factors among service recipients at the laboratory of the National Institute of Health. Utilizing the Interferon-Gamma Release Assay (IGRA) technique over a three-year period (2023–2025), a systematic random sampling method was employed to select 165 cases per year, totaling 495 participants. The findings revealed that 68 cases (13.7%) tested positive for LTBI, while 427 cases (86.3%) were negative. When categorized by gender, the infection rate was 15.2% (32/210) in males and 12.6% (36/285) in females. Pearson's Chi-squared test indicated no statistically significant difference in infection rates between genders (P = 0.406). However, an analysis by age group showed infection rates of 5.0% (2/40) for those aged 0-14 years, 8.3% (4/48) for 15–24 years, 12.6% (24/191) for 25–44 years, 18.2% (20/110) for 45–59 years, and 17.0% (18/106) for those aged 60 and above. The Chi-squared test for trend demonstrated a statistically significant positive correlation between age and LTBI (P = 0.016), with the proportion of infection increasing progressively with age. The results of this study are used as a database to determine the relationships related to tuberculosis infection, which can be utilized for epidemiological data or as a reference for appropriate applications.

Keywords: Latent Tuberculosis Infection (LTBI), IGRA, Epidemiological Factors

บทนำ

วัณโรคยังคงเป็นปัญหาทางสาธารณสุขที่สำคัญทั้งในระดับประเทศและระดับสากล โดยยุทธศาสตร์ยุติวัณโรคขององค์การอนามัยโลกได้มุ่งเน้นการตัดวงจรการแพร่กระจายเชื้อ ผ่านการบริหารจัดการผู้ติดเชื้อวัณโรคระยะแฝงเพื่อยับยั้งไม่ให้พัฒนาไปสู่ระยะป่วยเป็นโรคในกลุ่มเป้าหมายสำคัญ 7 กลุ่มเสี่ยงตามประกาศกรมการแพทย์ตามพระราชบัญญัติประกันสังคม เรื่องหลักเกณฑ์และอัตราค่าบริการทางการแพทย์ สำหรับการตรวจคัดกรองและวินิจฉัยวัณโรคและอัตราค่ารักษาวัณโรคดื้อยา 2566 ได้แก่ (1) ผู้สัมผัสผู้ป่วยวัณโรคปอด (2) ผู้ต้องขัง ผู้อาศัยในสถานคุ้มครองและพัฒนาคนพิการ/สถานคุ้มครองคนไร้ที่พึ่ง (3) ผู้ติดเชื้อ HIV (4) ผู้ป่วยโรคที่ทำให้ภูมิคุ้มกันลดลง (ผู้ป่วยเบาหวานที่ควบคุมระดับน้ำตาลไม่ได้ ผู้ป่วยไตเรื้อรังหรือได้รับยากดภูมิ) (5) ผู้สูงอายุ (มากว่าหรือเท่ากับ 65 ปี) (6) ผู้ใช้สารเสพติด (7) บุคลากรทางการแพทย์

การตรวจวินิจฉัยเพื่อค้นหาผู้ติดเชื้อตั้งแต่ระยะแฝงในกลุ่มเสี่ยงเหล่านี้จึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง แต่การทดสอบทางผิวหนังตามมาตรฐานเดิมด้วยเทคนิค Tuberculin Skin Test (TST) ยังมีข้อจำกัดเนื่องจากต้องอาศัยความชำนาญของบุคลากรในการอ่านผลและมีโอกาสเกิดผลบวกลวงในกลุ่มประชากรที่เคยได้รับวัคซีน BCG ด้วยเหตุนี้การตรวจหาการติดเชื้อวัณโรคจากเลือดด้วยเทคนิค Interferon-Gamma Release Assay (IGRA) จึงเข้ามามีบทบาทสำคัญและเป็นทางเลือกหลักในห้องปฏิบัติการปัจจุบัน เนื่องจากมีความจำเพาะสูงและไม่ได้รับผลในผู้ที่มีประวัติการฉีดวัคซีน BCG มาก่อน (Diel et al., 2011; Ontario Health, 2024; US Preventive Services Task Force, 2023) ซึ่งสอดคล้องกับบริบทของประเทศไทยที่มี

นโยบายฉีดวัคซีน BCG ครอบคลุมตั้งแต่แรกเกิด ส่งผลให้เทคนิคดังกล่าวได้รับการยอมรับและนำมาใช้เป็นเครื่องมือหลักในการคัดกรองกลุ่มผู้สัมผัสใกล้ชิดและกลุ่มเสี่ยงต่อการติดเชื้อวัณโรคอย่างแพร่หลาย (จตุพร วันไชยธนวงศ์ และคณะ, 2563)

จากรายงานทางด้านระบาดวิทยา แม้จะพบว่าปัจจัยด้านอายุมีความสัมพันธ์กับอัตราความชุกของการติดเชื้อวัณโรคระยะแฝง โดยเฉพาะในกลุ่มผู้สูงอายุที่มีโอกาสสัมผัสเชื้อสะสมตามช่วงวัย (Ling et al., 2025) อย่างไรก็ตามรายงานทางวิชาการที่ศึกษาปัจจัยด้านเพศร่วมกับช่วงอายุในประชากรเฉพาะกลุ่มของแต่ละพื้นที่ ยังคงมีข้อจำกัดและแสดงผลการศึกษาที่แตกต่างกัน การศึกษาครั้งนี้จึงมุ่งวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัจจัยด้านเพศและแนวโน้มช่วงอายุต่อผลการตรวจภาวะติดเชื้อวัณโรคระยะแฝงด้วยเทคนิค IGRA จากฐานข้อมูลงานบริการตรวจวิเคราะห์ย้อนหลัง 3 ปี เพื่อใช้เป็นฐานข้อมูลเชิงระบาดวิทยาในการบ่งชี้กลุ่มเสี่ยง ผลการศึกษาที่ได้รับจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการสนับสนุนแนวทางการคัดกรองเชิงรุกในพื้นที่ที่มีอุบัติการณ์ของโรคสูง ตลอดจนเป็นข้อมูลอ้างอิงในการจัดลำดับความสำคัญสำหรับการให้ยาป้องกันวัณโรคอย่างเหมาะสม ซึ่งจะเป็นกลไกสำคัญในการควบคุมและลดอัตราการเกิดผู้ป่วยวัณโรครายใหม่อย่างมีประสิทธิภาพ

การศึกษา

งานวิจัยฉบับนี้มุ่งเน้นการประเมินสภาวะการติดเชื้อวัณโรคและปัจจัยที่เกี่ยวข้องผ่านเทคนิค IGRA ซึ่งมีจำเพาะสูงในการระบุการติดเชื้อวัณโรคระยะแฝง โดยประเด็นสำคัญของการศึกษาคือการวิเคราะห์ปัจจัยทางระบาดวิทยา โดยเฉพาะความสัมพันธ์ระหว่างช่วงอายุกับการตอบสนองทางภูมิคุ้มกัน รวมถึงอิทธิพลของปัจจัยด้านเพศที่มีต่อสถานะการติดเชื้อ ทั้งนี้เพื่อคัดกรองและจัดลำดับความสำคัญในการดูแลรักษาที่เหมาะสมในลดอุบัติการณ์วัณโรครายใหม่ต่อไป

การศึกษานี้เป็นการวิจัยเชิงวิเคราะห์ย้อนหลังโดยรวบรวมข้อมูลจากงานบริการตรวจวิเคราะห์ประจำของสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์สาธารณสุข ครอบคลุมระยะเวลา 3 ปี (พ.ศ. 2566–2568) เป็นการศึกษาที่อยู่ระหว่างทำการอนุมัติจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ กำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างรวมทั้งสิ้น 495 ราย ด้วยวิธีการสุ่มตัวอย่างอย่างเป็นระบบ (Systematic Sampling) ปีละ 165 ราย ในการวิเคราะห์ปัจจัยเสี่ยง ข้อมูลจะถูกจำแนกตามเพศ (ชายและหญิง) และช่วงอายุ เพื่อศึกษาความสัมพันธ์และแนวโน้มการติดเชื้อวัณโรคระยะแฝง โดยแบ่งเกณฑ์อายุออกเป็น 5 ช่วงวัย ได้แก่ 0–14 ปี, 15–24 ปี, 25–44 ปี, 45–59 ปี และ 60 ปีขึ้นไป เพื่อหาความเชื่อมโยงระหว่างปัจจัยด้านเพศและอายุเปรียบเทียบกับโอกาสและแนวโน้มในการตรวจพบเชื้อ กระบวนการวิเคราะห์ข้อมูลใช้สถิติเชิงอนุมานเพื่อทดสอบสมมติฐานผ่านการทดสอบ Pearson's Chi-squared test สำหรับหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร และ Chi-squared test for trend สำหรับวิเคราะห์แนวโน้มตามช่วงอายุ โดยประมวลผลผ่านโปรแกรมสถิติมาตรฐานและเครื่องมือวิเคราะห์ทางระบาดวิทยา (MedCalc) เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติด้วยค่านัยสำคัญ (P-value) ทั้งนี้เพื่อให้ได้ข้อมูลเชิงประจักษ์ที่มีความแม่นยำสูง สำหรับนำไปใช้ระบุกลุ่มเป้าหมายที่มีความเสี่ยงและเป็นฐานข้อมูลสำคัญในการสนับสนุนการวางแผนเชิงรุกและกำหนดนโยบายการควบคุมวัณโรคของประเทศไทยอย่างมีประสิทธิภาพต่อไป

ผลการศึกษาและการอภิปรายผล

จากการศึกษา การศึกษาความสัมพันธ์ของเพศและแนวโน้มช่วงอายุต่อการติดเชื้อวัณโรคระยะแฝงด้วยเทคนิค IGRA จากการวิเคราะห์ข้อมูลย้อนหลัง 3 ปี ของสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์สาธารณสุข โดยใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างอย่างเป็นระบบปีละ 165 ราย รวมกลุ่มตัวอย่างทั้งสิ้น 495 ราย โดยแยกเป็นชายและหญิงเพื่อหาความสัมพันธ์ของการติดเชื้อวัณโรค รวมถึงแบ่งตามช่วงวัยเพื่อหาความแนวโน้มการติดเชื้อวัณโรค โดยแบ่งเป็น 5 ช่วงอายุ ได้แก่ อายุ 0-14 ปี 15-24 ปี 25-44 ปี 45-59 ปี และ 60 ปีขึ้นไป แสดงผลตามตารางที่ 1 และตารางที่ 2

ตารางที่ 1 จำนวนและร้อยละของผู้ติดเชื้อวัณโรคจำแนกตามปัจจัยด้านเพศและกลุ่มอายุ (N = 495)

เพศ	ผลการตรวจวิเคราะห์		
	ตรวจพบการติดเชื้อ (%)	ตรวจไม่พบการติดเชื้อ(%)	รวม
ชาย	32 (15.2)	178 (84.8)	210
หญิง	36 (12.6)	249 (87.4)	285

จากตารางที่ 1 ตัวอย่างทั้งสิ้น 495 ตัวอย่าง แบ่งเป็น เพศชาย 210 ราย เพศหญิง 285 ราย พบมีอัตราบวกแตกต่างกันเล็กน้อย เมื่อนำไปคำนวณหาค่าทางสถิติ Chi-squared test P=0.406

ตารางที่ 2 จำนวนผู้ติดเชื้อวัณโรคจำแนกตามช่วงอายุ (n = 495)

ช่วงอายุ (ปี)	ผลการตรวจวิเคราะห์		
	ตรวจพบการติดเชื้อ (%)	ตรวจไม่พบการติดเชื้อ (%)	รวม
0-14	2 (5.0)	38 (95.0)	40
15-24	4 (8.3)	44 (91.7)	48
25-44	24 (12.6)	167 (87.4)	191
45-59	20 (18.2)	90 (81.8)	110
60 ขึ้นไป	18 (17.0)	88 (83.0)	106

จากตารางที่ 2 พบว่าช่วงวัยที่มากขึ้นมีอัตราการติดเชื้อสูง เมื่อนำไปคำนวณหาค่าทางสถิติ Chi-squared test for trend P=0.016

จากการศึกษาพบว่า ปัจจัยด้านอายุมีความสัมพันธ์กับอัตราการติดเชื้อวัณโรคระยะแฝงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P = 0.016) โดยเห็นแนวโน้มชัดเจนว่า ยิ่งช่วงอายุมากขึ้นจะพบสัดส่วนผู้ติดเชื้อเพิ่มสูงขึ้นตามลำดับ อย่างไรก็ตามในกลุ่มผู้ที่มีอายุ 60 ปีขึ้นไป กลับพบอัตราการติดเชื้อลดลงเล็กน้อย ซึ่งข้อสังเกตนี้อาจเกิดจากจำนวนกลุ่มตัวอย่างในวัยนี้มีค่อนข้างน้อย จึงอาจยังไม่ได้สะท้อนภาพรวมของผู้สูงอายุทั้งหมด ในขณะที่ปัจจัยด้านเพศนั้นผลทางสถิติไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (P = 0.406) แสดงให้เห็นว่าทั้งเพศชายและเพศหญิงในกลุ่มประชากรนี้ มีระดับความเสี่ยงในการติดเชื้อแฝงใกล้เคียงกัน

เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยอื่น ๆ พบว่าแนวโน้มการติดเชื้อที่เพิ่มขึ้นตามอายุนั้นสอดคล้องกับงานวิจัยของ Ling et al., (2025) ที่พบผู้สูงอายุติดเชื้อแฝงสูงถึงร้อยละ 30.9 อธิบายได้ในทางระบาดวิทยาว่าเป็นความ

เสี่ยงสะสมตามวัยเพราะยิ่งอายุมากขึ้นย่อมมีกิจกรรมทางสังคมที่มากขึ้น จึงมีโอกาสสัมผัสเชื้อจากสิ่งแวดล้อมสะสมมากกว่าวัยรุ่น แต่ข้อมูลนี้กลับขัดแย้งกับงานวิจัยของ Ananto et al., (2024) ที่สรุปว่าอายุไม่สัมพันธ์กับการติดเชื้อ ทั้งนี้อาจเนื่องจากงานวิจัยนี้ศึกษาเฉพาะกลุ่มเด็กวัยรุ่นอายุ 10–18 ปี ซึ่งเป็นช่วงอายุที่แคบและมีพฤติกรรมใกล้เคียงกัน ทำให้ข้อมูลขาดความหลากหลายและไม่สามารถใช้เป็นตัวแทนของคนทุกกลุ่มอายุได้ โดยเฉพาะกลุ่มเด็กเล็กหรือผู้สูงอายุที่มีความเสี่ยงต่างออกไป ส่วนปัจจัยด้านเพศผลของงานวิจัยสอดคล้องกับงานวิจัยของ Ting et al., (2014) ที่พบว่าเมื่อปรับปัจจัยเรื่องอายุและพฤติกรรมแล้ว เพศไม่ได้เป็นปัจจัยเสี่ยงโดยตรง แต่จะขัดแย้งกับงานวิจัยของ Rickman et al., (2025) ที่ระบุว่าเพศชายติดเชื้อสูงกว่าเพศหญิงอย่างมีนัยสำคัญ ความแตกต่างนี้สามารถอธิบายได้ด้วยบริบททางสังคมและวิถีชีวิตในแต่ละพื้นที่ กรณีที่เพศชายและเพศหญิงมีวิถีชีวิตรวมถึงการทำกิจกรรมนอกบ้านที่ใกล้เคียงกัน ส่งผลให้โอกาสในการรับความเสี่ยงต่อการรับเชื้อไม่แตกต่างกัน ปัจจัยด้านเพศจึงไม่ใช่ตัวแปรหลักที่มีผลต่อการติดเชื้อ

อย่างไรก็ตามการศึกษานี้ยังมีข้อจำกัดบางประการที่ควรนำมาพิจารณาเพิ่มเติม เนื่องจากเป็นข้อมูลการศึกษาย้อนหลังจากสิ่งส่งตรวจในงานบริการตรวจวิเคราะห์ประจำของสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์สาธารณสุข ซึ่งรวบรวมตัวอย่างมาจากหลากหลายแหล่งข้อมูล ส่งผลให้ผู้วิจัยไม่สามารถเข้าถึงข้อมูลปัจจัยเสี่ยงที่สำคัญของผู้รับการตรวจได้ เช่น ประวัติการสัมผัสใกล้ชิดผู้ป่วยวัณโรค ประวัติการประกอบอาชีพหรือภาวะภูมิคุ้มกันบกพร่อง ซึ่งข้อมูลเหล่านี้หากมีการบันทึกที่ครบถ้วน ผลการวิเคราะห์ที่ได้จะมีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น นอกจากนี้ในกลุ่มประชากรอายุน้อย ได้แก่ ช่วงอายุ 0–14 ปี และ 15–24 ปี ยังมีจำนวนตัวอย่างที่ส่งตรวจค่อนข้างน้อย ส่งผลให้การวิเคราะห์ทางสถิติอาจไม่สามารถสะท้อนภาพรวมของประชากรได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ การศึกษาในอนาคตจึงควรพิจารณาเพิ่มขนาดกลุ่มตัวอย่างและข้อมูลทางคลินิกเพื่อให้ข้อมูลทางทางระบาดวิทยามีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

บทสรุป

ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าความชุกของการติดเชื้อวัณโรคระยะแฝงในประชากรกลุ่มตัวอย่างงานบริการตรวจวิเคราะห์ประจำของสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์สาธารณสุข มีความสัมพันธ์กับปัจจัยด้านอายุอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพบแนวโน้มการติดเชื้อเพิ่มสูงขึ้นตามลำดับช่วงอายุที่มากขึ้น ขณะที่ปัจจัยด้านเพศไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ บ่งชี้ว่าประชากรในบริบทของกลุ่มตัวอย่างที่นำมาศึกษาทุกเพศมีโอกาสได้รับเชื้อในระดับที่ใกล้เคียงกัน ข้อมูลเชิงลึกจากผลการศึกษานี้จึงทำเป็นฐานข้อมูลสำคัญในทางระบาดวิทยาซึ่งมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการออกแบบในการป้องกันและควบคุมโรคให้สอดคล้องกับบริบทเฉพาะถิ่น เพื่อใช้ประกอบการวางแผนกำหนดนโยบายการคัดกรองเบื้องต้นเชิงรุกและจัดลำดับความสำคัญในการให้ยาป้องกันวัณโรค ในกลุ่มเสี่ยงได้อย่างตรงจุดและใช้ทรัพยากรได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด อันจะเป็นกลไกสำคัญในการลดโอกาสพัฒนาไปสู่ระยะป่วยเป็นโรค ตัดวงจรการแพร่กระจายเชื้อในชุมชนได้อย่างยั่งยืน

เอกสารอ้างอิง

Diel, R., Goletti, D., Ferrara, G., Bothamley, G., Cirillo, D., Kampmann, B., & Nienhaus, A. (2011). Interferon-gamma release assays for the diagnosis of latent *M. tuberculosis* infection: A systematic review and meta-analysis. European Respiratory Journal. 37(1): 83–99. https://doi.org/10.1183/09031936.00115110.

Ontario Health. (2024). Interferon-gamma release assay testing for latent tuberculosis infection: A health technology assessment. Ontario Health Technology Assessment Series. 24(11): 1–183. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC11792883/

US Preventive Services Task Force. (2023). Screening for latent tuberculosis infection in adults: US Preventive Services Task Force recommendation statement. JAMA. 329(17): 1487–1494. https://doi.org/10.1001/jama.2023.4899.

จตุพร วันไชยธนวงศ์, วิภา รีชัยพิชิตกุล, และอภิชาติ โซ่เงิน. (2563). การคัดกรองและการรักษาการติดเชื้อวัณโรคระยะแฝงในผู้สัมผัสร่วมบ้าน. ศรีนครินทร์เวชสาร. 35(5): 639-48.

Ling, Y., Wang, M., Chen, S., Wu, Q., Zhang, Y., Liu, K., & Li, H. (2025). Prevalence of latent tuberculosis infection in older adults: A systematic review and meta-analysis. Age and Ageing. 54(9): afaf268. https://doi.org/10.1093/ageing/afaf268.

Ananto, M. A., Setyoningrum, R. A., & Lestari, P. (2024). Prevalence and risk factors of latent tuberculosis infection (LTBI) at Madura boarding school as a high-risk congregate setting. Jurnal Ilmiah Mahasiswa Kedokteran Universitas Airlangga. 15(2): 65–70. https://doi.org/ 10.20473/juxta.V15I22024.65-70.

Ting, W. Y., Huang, S. F., Lee, M. C., Lin, Y. Y., Lee, Y. C., Feng, J. Y., & Su, W. J. (2014). Gender disparities in latent tuberculosis infection in high-risk individuals: A cross-sectional study. PLoS One. 9(11): e110104. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0110104.

Rickman, H., Phiri, M., Feasey, H., Nliwasa, M., Corbett, E. L., Cohen, T., & Burke, R. M. (2025). Sex differences in the risk of *Mycobacterium tuberculosis* infection: A systematic review and meta-analysis of population-based immunoreactivity surveys. The Lancet Public Health. 10(7): e588–e598. https://doi.org/10.1016/S2468-2667(24)00123-4.

การทำนายภาวะเมแทบอลิกซินโดรมด้วยแมชชีนเลิร์นนิง โดยใช้ข้อมูลเวชระเบียนอิเล็กทรอนิกส์พื้นฐานแบบไม่รุกล้ำ: การวิเคราะห์ข้อมูลย้อนหลัง

Machine Learning-Driven Prediction of Metabolic Syndrome Using Non-Invasive Routine Electronic Health Records (EHR): A Retrospective Data Analysis

ลัดดาวัณย์ เจียมกิจวัฒนา[1] วิภพ สุทธนะ[2] ภัทรมน วุฒิพิทยามงคล[3] และ นิเวศน์ กุลวงค์[2]*
Laddawan Jiamkitwattana[1], Wipob Suttana[2], Pattaramon Vuttipittayamongkol[3] and Niwed Kullawong[2]*

[1]หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาการวิเคราะห์ทางสุขภาพและชีวการแพทย์ มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง เชียงราย
[1]Master of Science Program in Health and Biomedical Analytics, Mae Fah Luang University, Chiang Rai, Thailand
[2]สำนักวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง เชียงราย
[2]School of Health Science, Mae Fah Luang University, Chiang Rai, Thailand
[3]สำนักวิชาเทคโนโลยีดิจิทัลประยุกต์ มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง เชียงราย
[3]School of Applied Digital Technology, Mae Fah Luang University, Chiang Rai, Thailand

บทคัดย่อ

การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและประเมินประสิทธิภาพของโมเดลแมชชีนเลิร์นนิงในการทำนายความเสี่ยงภาวะเมแทบอลิกซินโดรม โดยอาศัยข้อมูลสุขภาพพื้นฐานแบบไม่รุกล้ำที่สามารถจัดเก็บได้ง่าย การวิเคราะห์ข้อมูลย้อนหลังนี้รวบรวมข้อมูลจากเวชระเบียนอิเล็กทรอนิกส์ของผู้รับบริการอายุ 18-64 ปี ณ โรงพยาบาลศูนย์การแพทย์มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง ระหว่างวันที่ 1 ธันวาคม พ.ศ. 2561 ถึง 31 ธันวาคม พ.ศ. 2565 หลังกระบวนการคัดกรองและเตรียมข้อมูลได้ชุดข้อมูลสำหรับวิเคราะห์จำนวน 192,121 ครั้งการรับบริการ จากผู้รับบริการทั้งสิ้น 29,504 ราย โดยมีผู้รับบริการร้อยละ 5.85 ที่ถูกจัดกลุ่มเป็นผู้ที่มีภาวะ MetS ตั้งแต่การเข้ารับบริการครั้งแรก งานวิจัยนี้ได้เปรียบเทียบโมเดล 5 ชนิด ได้แก่ Logistic Regression (LR), Random Forest (RF), eXtreme Gradient Boosting (XGBoost), Support Vector Machine (SVM) และ Artificial Neural Network (ANN) โดยประเมินประสิทธิภาพผ่านตัวชี้วัด Accuracy, Precision, Recall, F1-score และ ROC-AUC ผลการวิเคราะห์พบว่า ภาวะเมแทบอลิกซินโดรมมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญกับ ความดันโลหิตซิสโตลิก ประวัติการวินิจฉัยโรคความดันโลหิตสูงและโรคเบาหวาน ระดับไมโครอัลบูมินในปัสสาวะ อายุ หรือ อาชีพ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของโมเดล และพบว่า XGBoost ให้ค่าความไวสูงสุดที่ 0.85 ซึ่งเหมาะสมอย่างยิ่งสำหรับการใช้เป็นเครื่องมือคัดกรองด่านแรกเพื่อลดอัตราการพลาดการค้นหากลุ่มเสี่ยง ในขณะที่ RF ให้ค่า ค่าความแม่นยำเชิงบวก 0.34 ค่า F1-score 0.43 และมีค่า ROC-AUC ที่ 0.86 ผลการศึกษาสนับสนุนว่าโมเดลแมชชีนเลิร์นนิงสามารถประยุกต์ใช้ข้อมูลสุขภาพพื้นฐานเพื่อคัดกรองความเสี่ยงภาวะเมแทบอลิกซินโดรมได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยไม่จำเป็นต้องใช้ตัวแปรที่ได้จากการเจาะเลือด แนวทางนี้สามารถช่วยเพิ่มศักยภาพการคัดกรองเชิงรุกในระบบบริการสุขภาพปฐมภูมิได้

คำสำคัญ: ภาวะเมแทบอลิกซินโดรม แมชชีนเลิร์นนิง การคัดกรองแบบไม่รุกล้ำ XGBoost เวชระเบียนอิเล็กทรอนิกส์

Abstract

This study aimed to develop and evaluate machine learning models for predicting the risk of metabolic syndrome (MetS) utilizing easily obtainable, non-invasive routine health data. This retrospective analysis utilized electronic health records (EHR) of clients aged 18–64 years who received services at Mae Fah Luang University Medical Center Hospital between December 1, 2018, and December 31, 2022. Following data screening and preparation, the final dataset for analysis comprised 192,121 visit records from 29,504 unique clients. Notably, 5.85% of these clients were identified as having MetS upon their initial visit. The study compared five machine learning algorithms: Logistic Regression (LR), Random Forest (RF), eXtreme Gradient Boosting (XGBoost), Support Vector Machine (SVM), and Artificial Neural Network (ANN). Model performance was evaluated using standard metrics, including accuracy, precision, recall, F1-score, and ROC-AUC. The analysis revealed that MetS was significantly associated with systolic blood pressure (SBP), a history of hypertension and diabetes mellitus, urine microalbumin levels, age, or occupation, with the level of significance varying by model type. Among the algorithms evaluated, XGBoost achieved the highest recall of 0.85, making it highly suitable as a first-line screening tool to minimize the risk of missing high-risk individuals. Conversely, the RF model yielded a precision of 0.34, an F1-score of 0.43, and a ROC-AUC of 0.86. These findings support the application of machine learning models to routine health data for effective MetS risk screening without the requirement for blood-derived variables. This approach has the potential to significantly enhance proactive screening capabilities within primary healthcare systems

Keywords: Metabolic syndrome, Machine learning, Non-invasive screening, XGBoost, Electronic medical records

บทนำ

ภาวะเมแทบอลิกซินโดรม (Metabolic Syndrome: MetS) เป็นกลุ่มความผิดปกติทางระบบเมแทบอลิซึมที่เป็นปัจจัยเสี่ยงสำคัญต่อการเป็นโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง (NCDs) ซึ่งประกอบด้วย ภาวะอ้วนลงพุง ความดันโลหิตสูง อาการดื้อต่ออินซูลิน (ระดับน้ำตาลในเลือดผิดปกติ) รวมถึงภาวะไขมันในเลือดผิดปกติ (ไตรกลีเซอไรด์สูงและระดับเอชดีแอลคอเลสเตอรอลต่ำ) กลุ่มอาการเหล่านี้ส่งผลให้ผู้ป่วยมีความเสี่ยงสูงที่จะเกิดโรคเบาหวานชนิดที่ 2 โรคหัวใจและหลอดเลือด (CVD) โรคไตเรื้อรัง และภาวะแทรกซ้อนร้ายแรงอื่น ๆ ตามมา (Dobrowolski et al., 2022; Saklayen, 2018; Siwarom et al., 2021) ความชุกของภาวะเมแทบอลิกซินโดรมนั้นมีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับเกณฑ์การวินิจฉัยและลักษณะของประชากร โดยการศึกษาในประเทศไทยพบความชุกอยู่ที่ประมาณร้อยละ 20–27 (Ngoc et al., 2021) ภาวะนี้จึงนับเป็นความท้าทายระดับวิกฤตต่อระบบสาธารณสุข และเน้นย้ำถึงความจำเป็นเร่งด่วนในการป้องกันโรคไม่ติดต่อเรื้อรังในบริบทของการให้บริการจริง

การคัดกรอง MetS ตามเกณฑ์มาตรฐานทางคลินิกในปัจจุบัน จำเป็นต้องอาศัยผลการตรวจทางห้องปฏิบัติการ (การเจาะเลือด) ร่วมกับการวัดเส้นรอบเอวที่เป็นมาตรฐาน ซึ่งสถานพยาบาลหลายแห่งโดยเฉพาะสถานพยาบาลระดับปฐมภูมิ เช่น

โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล ไม่สามารถตรวจวิเคราะห์ผลเลือดได้เอง อีกทั้งการตรวจทางห้องปฏิบัติการเป็นการเพิ่มต้นทุนของสถานพยาบาล นอกจากนี้ ในเวชระเบียนอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Health Records: EHR) มักพบปัญหาความไม่สมบูรณ์หรือการขาดหายของข้อมูลเหล่านี้ (Missing data) โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสถานพยาบาลที่มีปริมาณผู้รับบริการหนาแน่น ดังนั้น การพัฒนาเครื่องมือคัดกรองที่พึ่งพาเพียงข้อมูลสุขภาพพื้นฐานแบบไม่รุกล้ำ (Non-invasive data) เช่น อายุ เพศ น้ำหนัก ส่วนสูง ดัชนีมวลกาย (BMI) และความดันโลหิต จึงเป็นทางเลือกที่มีศักยภาพในการช่วยระบุกลุ่มเสี่ยงได้อย่างรวดเร็ว ลดภาระงานของบุคลากร และประหยัดค่าใช้จ่ายในการตรวจคัดกรองเบื้องต้น

ปัจจุบัน เทคโนโลยีแมชชีนเลิร์นนิง (Machine Learning: ML) ได้แสดงให้เห็นถึงศักยภาพสูงในการทำนายความเสี่ยงภาวะเมแทบอลิกซินโดรมจากข้อมูลสุขภาพ งานวิจัยก่อนหน้านี้พบว่าแบบจำลองในกลุ่ม Tree-based algorithms โดยเฉพาะอย่างยิ่ง eXtreme Gradient Boosting (XGBoost) มีประสิทธิภาพที่โดดเด่นและให้ผลการทำนายที่แม่นยำเมื่อประยุกต์ใช้กับชุดข้อมูลด้านเมแทบอลิกที่มีความซับซ้อน (Kim et al., 2022; Pawade et al., 2024; Yang et al., 2022; Zhang et al., 2022)

โรงพยาบาลศูนย์การแพทย์มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง เป็นสถานพยาบาลที่มีการจัดเก็บข้อมูลด้วยระบบเวชระเบียนอิเล็กทรอนิกส์แบบดิจิทัลเต็มรูปแบบตั้งแต่เปิดให้บริการและมีฐานข้อมูลผู้รับบริการจำนวนมาก ด้วยเหตุนี้ งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและประเมินประสิทธิภาพของโมเดลแมชชีนเลิร์นนิงในการทำนายความเสี่ยงภาวะเมแทบอลิกซินโดรมโดยอาศัยเพียงข้อมูลสุขภาพพื้นฐานที่จัดเก็บเป็นประจำโดยไม่ต้องพึ่งพาผลการตรวจทางห้องปฏิบัติการที่มีการรุกล้ำ (Invasive laboratory data) เพื่อนำไปใช้เป็นเครื่องมือสนับสนุนการตัดสินใจทางคลินิก (Clinical Decision Support System) และยกระดับศักยภาพการคัดกรองเชิงรุกในระบบบริการสุขภาพต่อไป

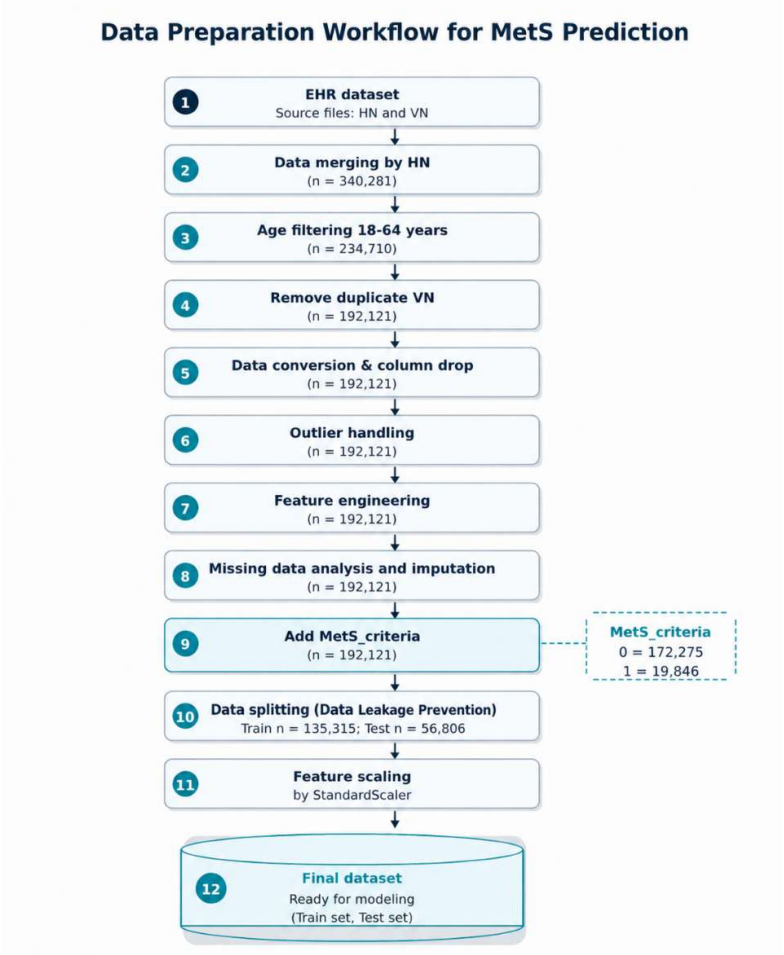
ระเบียบวิธีการศึกษา

1. รูปแบบการวิจัยและประชากรศึกษา

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาเชิงวิเคราะห์ข้อมูลย้อนหลัง (Retrospective data analysis) โดยอาศัยข้อมูลทุติยภูมิที่รวบรวมจากเวชระเบียนอิเล็กทรอนิกส์ของผู้รับบริการแผนกผู้ป่วยนอก อายุระหว่าง 18 ถึง 64 ปี ณ โรงพยาบาลศูนย์การแพทย์มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง ตั้งแต่วันที่ 1 ธันวาคม พ.ศ. 2561 ถึงวันที่ 31 ธันวาคม พ.ศ. 2565 การศึกษานี้ได้คัดออก (Exclusion criteria) รายการการเข้ารับบริการของผู้ป่วยใน (IPD) รวมถึงรายการที่มีข้อมูลสำคัญทางคลินิกไม่เพียงพอต่อการวิเคราะห์ ข้อมูลทั้งหมดได้ผ่านกระบวนการลบข้อมูลที่สามารถระบุตัวบุคคล เพื่อรักษาความลับของผู้ป่วยก่อนนำมาวิเคราะห์ ทั้งนี้ โครงการวิจัยได้รับการพิจารณาและอนุมัติให้ยกเว้นการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ (Exemption review) จากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง (เอกสารรับรองเลขที่ COE 94/2025)

2. การจัดเตรียมข้อมูลและการสร้างตัวแปร (Data Preparation and Feature Engineering)

ข้อมูลดั้งต้นประกอบด้วย 2 ส่วนหลัก ได้แก่ แฟ้มข้อมูลระดับบุคคลซึ่งอ้างอิงด้วยเลขประจำตัวผู้ป่วย (Hospital Number; HN) และแฟ้มข้อมูลระดับการรับบริการซึ่งอ้างอิงด้วย HN และเลขที่การรับบริการ (Visit Number; VN) เมื่อนำข้อมูลทั้งสองส่วนมาเชื่อมโยงกันจะได้ชุดข้อมูลรวมทั้งสิ้น 340,281 รายการ จากนั้นได้ทำการคัดกรองเฉพาะผู้รับบริการที่มีอายุระหว่าง 18 ถึง 64 ปี ซึ่งทำให้เหลือข้อมูลจำนวน 234,710 รายการ และดำเนินการจัดการข้อมูลที่วัดซ้ำ (replicate) ภายใน VN เดียวกัน (เช่น มีการวัดค่าซ้ำหลายครั้งในวันเดียว) ส่งผลให้ได้ชุดข้อมูลสุดท้ายสำหรับนำไปวิเคราะห์จำนวน 192,121 ครั้งการรับบริการ (รูปที่ 1)



รูปที่ 1 ขั้นตอนการจัดเตรียมข้อมูลสำหรับพัฒนาแบบจำลองทำนายภาวะเมแทบอลิกซินโดรม

สำหรับกระบวนการทำความสะอาดข้อมูล ตัวแปรเชิงปริมาณที่ถูกบันทึกในรูปแบบข้อความได้ถูกแปลงให้อยู่ในรูปแบบตัวเลข พร้อมทั้งมีการตรวจสอบค่าที่ผิดปกติหรือค่าที่เป็นไปไม่ได้ทางสรีรวิทยา เช่น ส่วนสูงที่มากกว่า 300 เซนติเมตร น้ำหนักผู้ใหญ่ที่น้อยกว่า 20 กิโลกรัม หรือข้อมูลที่มีการบันทึกหน่วยวัดผิดพลาด โดยค่าที่ผิดปกติเหล่านี้จะถูกกำหนดให้เป็นค่าว่างก่อนเข้าสู่กระบวนการแทนที่ข้อมูล นอกจากนี้ ได้มีการสร้างตัวแปรใหม่เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของโมเดล ได้แก่ ดัชนีมวลกาย อัตราส่วนเส้นรอบเอวต่อดัชนีมวลกาย ความดันชีพจร ตลอดจนตัวชี้วัดประวัติการวินิจฉัยโรคเบาหวาน ความดันโลหิตสูง ภาวะไขมันในเลือดผิดปกติ และภาวะอ้วนลงพุง

3. การกำหนดตัวแปรผลลัพธ์ (Outcome Definition)

การประเมินผลลัพธ์ภาวะเมแทบอลิกซินโดรม (MetS) อ้างอิงตามเกณฑ์ดัดแปลงของ NCEP/ATP III ที่ปรับจุดตัด (Cut-off) ของเส้นรอบเอวให้เหมาะสมกับประชากรเอเชีย โดยกำหนดฉลากผลลัพธ์เป็น "บวก" เมื่อพบความผิดปกติอย่างน้อย 3 ใน 5 องค์ประกอบ ได้แก่ (1) เส้นรอบเอวเกินเกณฑ์ (2) ความดันโลหิตสูง (3) ระดับน้ำตาลในเลือดสูงหรือมีประวัติโรคเบาหวาน (4) ระดับไตรกลีเซอไรด์สูงหรือมีประวัติไขมันในเลือดผิดปกติ และ (5) ระดับ HDL-C ต่ำ อย่างไรก็ตามเนื่องจากข้อมูลที่ได้จากเวชระเบียนที่ใช้ปฏิบัติงานจริง มีสัดส่วนการบันทึกค่าเส้นรอบเอวค่อนข้างน้อย ผู้วิจัยจึงดำเนินการแทนที่ข้อมูลที่ขาดหาย

ก่อนที่จะกำหนดฉลากผลลัพธ์ ทั้งนี้เพื่อเป็นการรักษาขนาดของกลุ่มตัวอย่างให้มีความครอบคลุม และเพื่อให้โมเดลสามารถสะท้อนสภาวะความเสี่ยงที่สอดคล้องกับข้อจำกัดของข้อมูลในระบบบริการสุขภาพจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด

4. การจัดการข้อมูลสูญหาย (Missing Data Management)

เนื่องจากชุดข้อมูล EHR ที่ใช้ปฏิบัติงานจริงมีสัดส่วนข้อมูลสูญหายในระดับสูง ผู้วิจัยจึงดำเนินการจัดการข้อมูลผ่านกลยุทธ์การแทนที่ด้วยค่ามัธยฐานแบบสองขั้นตอน (Two-step median imputation) เพื่อรักษาขนาดของกลุ่มตัวอย่างและความแข็งแกร่งของข้อมูล ลำดับแรก ดำเนินการแทนที่ค่าที่ขาดหายด้วยค่ามัธยฐานเฉพาะบุคคล (Median per HN) โดยอ้างอิงจากข้อมูลการเข้ารับบริการครั้งอื่น ๆ ของผู้รับบริการรายเดิม ซึ่งวิธีนี้ช่วยรักษาคุณลักษณะทางสรีรวิทยาเฉพาะบุคคลไว้ได้ ลำดับสุดท้าย สำหรับรายการที่ยังคงมีข้อมูลสูญหาย จะถูกแทนที่ด้วยค่ามัธยฐานรวมของข้อมูลในตัวแปรนั้น ๆ (Global median) เพื่อให้ได้ชุดข้อมูลที่สมบูรณ์พร้อมสำหรับการประมวลผล

5. กลยุทธ์การแบ่งชุดข้อมูลอย่างเป็นอิสระ (Data Partitioning and Subject Independence)

ในการศึกษานี้ ผู้วิจัยให้ความสำคัญกับการรักษาความสมบูรณ์ของข้อมูลระดับการเข้ารับบริการ และการป้องกันปัญหาข้อมูลรั่วไหล (Data Leakage) อย่างเคร่งครัด เพื่อให้มั่นใจในความเป็นอิสระของ ชุดข้อมูลทั้งหมดถูกแบ่งออกเป็นชุดข้อมูลฝึกสอน (Training set) ตามสัดส่วนร้อยละ 70:30 โดยใช้เทคนิคการล็อกกลุ่มรหัสประจำตัวผู้ป่วย (HN) เพื่อประกันว่าข้อมูลการรับบริการหลายครั้ง (Multiple visits) ของผู้ป่วยรายเดียวกันจะไม่ปรากฏซ้ำซ้อนอยู่ในทั้งสองชุดข้อมูล

6. การปรับมาตรฐานและการสร้างแบบจำลอง (Standardization and Modeling)

เพื่อเตรียมคุณลักษณะนำเข้า ให้มีความพร้อมสูงสุดสำหรับแบบจำลองแมชชีนเลิร์นนิง ผู้วิจัยได้ประยุกต์ใช้เทคนิค StandardScaler เพื่อแปลงค่าตัวแปรเชิงตัวเลขทั้งหมด ให้มีค่าเฉลี่ยเป็นศูนย์และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเป็นหนึ่ง โดยการคำนวณค่าสถิติ (Fit) จะกระทำเฉพาะบนชุดฝึกสอนเท่านั้น แล้วจึงนำพารามิเตอร์ดังกล่าวไปแปลงค่าในชุดทดสอบ เพื่อรักษาระดับความบริสุทธิ์ของข้อมูลทดสอบ

ในการศึกษานี้ ผู้วิจัยได้พัฒนาและเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลอง ML จำนวน 5 อัลกอริทึมหลัก ได้แก่ Logistic Regression (LR), Random Forest (RF), eXtreme Gradient Boosting (XGBoost), Support Vector Machine (SVM) และ Artificial Neural Network (ANN) เพื่อระบุแบบจำลองที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการคัดกรองภาวะ MetS โดยไม่รุกล้ำร่างกาย เพื่อให้ได้แบบจำลองที่มีประสิทธิภาพสูงสุดและมีความทนทานต่อข้อมูล ผู้วิจัยได้ดำเนินการปรับแต่งค่าพารามิเตอร์ระดับสูงผ่านเทคนิคการค้นหาเชิงสุ่ม (Randomized Search) และเชิงตาราง (Grid Search) ร่วมกับการตรวจสอบความถูกต้องข้ามกลุ่มแบบ k-fold cross-validation บนชุดข้อมูลฝึกสอน กระบวนการนี้ช่วยให้มั่นใจว่าพารามิเตอร์ที่คัดเลือกมานั้นสามารถให้ประสิทธิภาพที่ดีที่สุดในระดับสถิติ โดยรายละเอียดแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สรุปการตั้งค่าสถาปัตยกรรมและการค้นหาไฮเปอร์พารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดของแต่ละแบบจำลอง

โมเดล	วิธีการค้นหาและโครงสร้างระบบ	ตัวชี้วัดที่ใช้เลือก	จำนวน/การตัดแบ่งข้อมูล	ไฮเปอร์พารามิเตอร์ที่ทดสอบ / สถาปัตยกรรมที่กำหนด	การจัดการข้อมูลไม่สมดุล
XGBoost	GridSearchCV(xgb, param_grid, cv=3, scoring='recall', n_jobs=-1)	Recall	3-Fold Stratified	pos_weight = np.sum(y_train == 0) / np.sum(y_train == 1) param_grid = {'n_estimators': [100, 300], 'max_depth': [3, 5, 10], 'learning_rate': [0.01, 0.1], 'scale_pos_weight': [1,pos_weight]}	scale_pos_weight อิงตามอัตราส่วนความถี่จริงของคลาส 0 ต่อคลาส 1 ในชุดข้อมูล Train set
LR	GridSearchCV(lr, param_grid, cv=5, scoring='recall', n_jobs=-1)	Recall	5-Fold Stratified	param_grid = {'C': [0.01, 0.1, 1, 10], 'solver': ['lbfgs', 'liblinear'], 'class_weight': ['balanced']}	class_weight='balanced'
SVM	Two-Stage Optimization Pipeline 1. ค้นหาค่า C ผ่าน GridSearchCV บน Pipeline เพื่อป้องกันข้อมูลรั่วไหล GridSearchCV(pipe_svm_gs, param_grid, scoring="roc_auc", cv=3, n_jobs=-1, refit=True) 2. ทำ Probability Calibration (Sigmoid Method) ผ่าน CalibratedClassifierCV	ROC-AUC	3-Fold Stratified	**Stage 1:** pipe_svm_gs = Pipeline([("pre", pre_svm), ("clf", LinearSVC(class_weight= "balanced", max_iter=2000, random_state=42))] param_grid = {"clf__C": [0.25, 1.0, 4.0]} **Stage 2:** Pipeline([("pre", pre_svm), ("clf", CalibratedClassifierCV(estimator=LinearSVC(C=best_C, class_weight="balanced", max_iter=2000, random_state=42), method="sigmoid", cv=3))])	class_weight="balanced" และใช้การปรับเกณฑ์การตัดสินใจพยากรณ์จริง (Threshold Tuning) ให้ได้ Sensitivity ≥0.85
RF	RandomizedSearchCV (Stochastic)	Recall	3-Fold Stratified	param_grid = {'n_estimators': [100, 300], 'max_depth': [5, 10, None], 'min_samples_split': [2, 5], 'class_weight': [None, 'balanced', {0:1, 1:3}, {0:1, 1:5}]} rf = RandomForestClassifier(random_state=42) random_search = RandomizedSearchCV(rf, param_distributions= param_grid, n_iter=5, cv=3, scoring='recall', n_jobs=-1, random_state=42)	class_weight มีการทดสอบทั้งแบบอัตโนมัติและแบบกำหนดอัตราส่วนโทษเฉพาะเจาะจงด้วยตนเอง (Manual Ratios)
ANN	กำหนดโครงสร้างเครือข่ายประสาทเทียมแบบหลายชั้น (Multi-Layer Perceptron) แบบคงที่ แล้วใช้กลไกควบคุมรอบการเทรนอัตโนมัติเพื่อป้องกัน Overfitting	Validation AUC	15% Validation Split	ใช้โครงสร้างแบบ Multi-Layer Perceptron (MLP) ประกอบด้วย 2 Hidden Layers จำนวน 128 และ 64 นิวรอน ตามลำดับ โดยใช้ฟังก์ชันกระตุ้นแบบ ReLU และเพิ่ม Dropout (ร้อยละ 10–20) เพื่อลดการเรียนรู้จดจำข้อมูลมากเกินไป (Overfitting) ใช้ตัวปรับปรุงค่า Adam (Learning Rate = 0.001) ร่วมกับฟังก์ชันสูญเสีย Binary Cross-entropy และมีการถ่วงน้ำหนักคลาส (Class Weight) เพื่อจัดการปัญหาข้อมูลไม่สมดุล กำหนดขนาด Batch ที่ 512 รายการ พร้อมระบบหยุดเรียนรู้อัตโนมัติ (Early Stopping) โดยมีค่าความอดทน (Patience) ที่ 6 รอบ และใช้กลไกลดอัตราการเรียนรู้ (ReduceLROnPlateau) เมื่อประสิทธิภาพบนชุดตรวจสอบ (Validation Set) เริ่มคงที่ ใช้ยุทธวิธีการปรับจูนเกณฑ์การตัดสินใจ (Threshold Tuning) จากเส้นโค้ง ROC เพื่อให้บรรลุเป้าหมายค่าความไว (Sensitivity/Recall) ที่มากกว่าหรือเท่ากับ 0.85	class_weight คำนวณถ่วงน้ำหนักคลาสแบบแปรผกผันอิงตามจำนวนข้อมูลจริงในคลาส 0 และ 1 ของชุดเทรน

ผลการวิจัย

1. ลักษณะพื้นฐานของประชากรศึกษาและคุณลักษณะของชุดข้อมูล

จากการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงประจักษ์ภายหลังกระบวนการจัดเตรียมและทำความสะอาดข้อมูล รวมถึงการคัดออกรายการที่มีความไม่สมบูรณ์เชิงคลินิกตามเกณฑ์ที่กำหนด ชุดข้อมูลสุดท้ายที่นำมาพัฒนาแบบจำลองประกอบด้วยรายการการเข้ารับบริการ รวมทั้งสิ้น 192,121 รายการ จากผู้รับบริการที่มีรหัสประจำตัวไม่ซ้ำกัน (Unique clients) จำนวน 29,504 ราย

ในมิติของลักษณะทางประชากรศาสตร์ พบว่ากลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นเพศหญิงจำนวน 18,481 ราย (ร้อยละ 62.65) และเพศชายจำนวน 11,018 ราย (ร้อยละ 37.35) เมื่อพิจารณาการกระจายตัวตามช่วงอายุ พบสัดส่วนการเข้ารับบริการสูงสุดในกลุ่มอายุ 18–30 ปี และ 56–65 ปี ในสัดส่วนที่เท่ากันคือร้อยละ 27.80 ขณะที่สถานภาพสมรสส่วนใหญ่ของผู้รับบริการคือสถานภาพสมรส (ร้อยละ 54.97) และสถานภาพโสด (ร้อยละ 43.16) ทั้งนี้ พบว่ามีผู้รับบริการร้อยละ 5.85 (n=1,726) ที่ถูกจัดกลุ่มเป็นผู้ที่มีภาวะเมแทบอลิกซินโดรม (MetS) ตั้งแต่การเข้ารับบริการครั้งแรก นอกจากนี้ เมื่อพิจารณาแนวโน้มรายปี พบอัตราการขยายตัวของผู้รับบริการอย่างต่อเนื่อง โดยเพิ่มขึ้นจาก 657 รายในปี พ.ศ. 2561 เป็น 10,312 รายในปี พ.ศ. 2565

เมื่อวิเคราะห์คุณลักษณะของข้อมูลในระดับรายการรับบริการ พบความชุกของรายการที่เข้าเกณฑ์ภาวะ MetS คิดเป็นร้อยละ 10.33 ของรายการทั้งหมด จากคุณลักษณะนำเข้า (Features) ทั้งสิ้น 21 รายการ ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม MetS และกลุ่มปกติ (Not MetS) แสดงให้เห็นว่า ปัจจัยพื้นฐานทางสรีรวิทยาและประชากรศาสตร์ ได้แก่ อายุ, น้ำหนักตัว, ดัชนีมวลกาย (BMI), ความดันโลหิตซิสโตลิก (SBP) และความดันโลหิตไดแอสโตลิก (DBP) แสดงความแตกต่างระหว่างกลุ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติสูงมาก ($p<0.001$) สะท้อนถึงศักยภาพในการเป็นตัวทำนายที่ดีสำหรับแบบจำลองแมชชีนเลิร์นนิงส่วนการกระจายตัวของลักษณะ "การมีภาวะอ้วนลงพุง" และ "ดัชนีรอบเอวต่อดัชนีมวลกาย" (Waist-to-BMI index) ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างสองกลุ่ม

เป็นที่น่าสังเกตเชิงวิชาการว่า ลักษณะทางคลินิกสำคัญบางประการมีสัดส่วนข้อมูลสูญหาย (Missing values) ในระดับวิกฤต คือระหว่างร้อยละ 99.6 ถึง 99.8 ได้แก่ ระดับไมโครอัลบูมินในปัสสาวะ (Urine microalbumin), ความยาวรอบเอว (WC) และดัชนีรอบเอวต่อดัชนีมวลกาย ข้อจำกัดนี้เป็นผลมาจากบริบทการปฏิบัติงานจริงในระบบเวชระเบียนอิเล็กทรอนิกส์ (Real-world EHR) ที่การวัดเส้นรอบเอวหรือการส่งตรวจปัสสาวะอาจไม่ได้ถูกกำหนดให้เป็นมาตรฐานบังคับในการคัดกรองทุกครั้ง ซึ่งผู้วิจัยได้ดำเนินการจัดการผ่านกลยุทธ์การแทนที่ค่ามัธยฐานแบบสองขั้นตอน (Two-step median imputation) เพื่อรักษาความแข็งแกร่งของชุดข้อมูลก่อนการพัฒนาแบบจำลอง

ตารางที่ 2 ลักษณะทั่วไปของข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

คุณลักษณะ	ข้อมูลสูญหาย n(%)	ทั้งหมด	Not MetS	MetS	p-value
จำนวนรายการ		**191,121 (100%)**	**172,275 (89.67%)**	**19,846 (10.33%)**	
ปีที่ศึกษา					
2561 (จำนวน 1 เดือน)		861 (0.4%)	753 (0.4%)	108 (0.5%)	<0.001[C]**
2562		19,737 (10.3%)	17,570 (10.2%)	2,167 (10.9%)	
2563		31,152 (16.2%)	27,786 (16.1%)	3,366 (17.0%)	
2564		56,318 (29.3%)	50,278 (29.2%)	6,040 (30.4%)	
2565		84,053 (43.8%)	75,888 (44.1%)	8,165 (41.1%)	
ลักษณะทางประชากรศาสตร์					
อายุเป็นปี (Age years)	0 (0.0%)	46.00 [30.00-58.00]	45.00 [29.00-57.00]	55.00 [46.00-60.00]	<0.001**
ช่วงอายุ	0 (0.0%)				
18-30 ปี		48,382 (25.2%)	47,571 (27.6%)	811 (4.1%)	<0.001[C]**
31-45 ปี		44,999 (23.4%)	40,967 (23.8%)	4,032 (20.3%)	
46-55 ปี		37,229 (19.4%)	31,676 (18.4%)	5,553 (28.0%)	
56-64 ปี		61,511 (32.0%)	52,061 (30.2%)	9,450 (47.6%)	
เพศ	0 (0.0%)				
หญิง		119,851(62.4%)	110,007 (63.9%)	9,844 (49.6%)	<0.001[C]**
ชาย		72,270 (37.6%)	62,268 (36.1%)	10,002 (50.4%)	
สถานภาพสมรส	0 (0.0%)				
สมรส		111,552 (58.1%)	96,142 (55.8%)	15,410 (77.6%)	<0.001[C]**
โสด		76,604 (39.9%)	72,711 (42.2%)	3,893 (19.6%)	
แยกกันอยู่		2,120 (1.1%)	1,795 (1.0%)	325 (1.6%)	
หม้าย		1,419 (0.7%)	1,212 (0.7%)	207 (1.0%)	
นักบวช (เจ้าอาวาส/พระสงฆ์)		250 (0.1%)	239 (0.1%)	11 (0.1%)	
หย่าร้าง		176 (0.1%)	176 (0.1%)	0 (0.0%)	
อาชีพ	0 (0.0%)				
แรงงาน/รับจ้างทั่วไป		60,879 (31.7%)	54,934 (31.9%)	5,945 (30.0%)	<0.001[C]**
ข้าราชการ		37,089 (19.3%)	32,789 (19.0%)	4,300 (21.7%)	
นักเรียน/นักศึกษา		25,471 (13.3%)	25,246 (14.7%)	225 (1.1%)	
แม่บ้าน		21,146 (11.0%)	17,791 (10.3%)	3,355 (16.9%)	
ไม่ระบุ		20,679 (10.8%)	17,576 (10.2%)	3,103 (15.6%)	
ข้าราชการบำนาญ		11,553 (6.0%)	9,877 (5.7%)	1,676 (8.4%)	
พ่อค้า/แม่ค้า/ธุรกิจส่วนตัว		6,053 (3.2%)	5,304 (3.1%)	749 (3.8%)	
อาจารย์มหาวิทยาลัย		4,202 (2.2%)	3,889 (2.3%)	313 (1.6%)	
พยาบาล		3,972 (2.1%)	3,878 (2.3%)	94 (0.5%)	
พนักงานรัฐวิสาหกิจ		620 (0.3%)	544 (0.3%)	76 (0.4%)	
แพทย์		301 (0.2%)	294 (0.2%)	7 (0.0%)	

คุณลักษณะ	ข้อมูลสูญหาย n(%)	ทั้งหมด	Not MetS	MetS	p-value
พนักงานบริษัท		156 (0.1%)	153 (0.1%)	3 (0.0%)	
ประวัติการเจ็บป่วยทางคลินิก					
ประวัติการวินิจฉัยว่าเป็นเบาหวาน	0 (0.0%)				
ไม่มี		181,928 (94.7%)	167,190 (97.0%)	14,738 (74.3%)	<0.001[F]**
มี		10,193 (5.3%)	5,085 (3.0%)	5,108 (25.7%)	
ประวัติการวินิจฉัยว่าเป็นความดันโลหิตสูง	0 (0.0%)				
ไม่มี		169,595 (88.3%)	157,558 (91.5%)	12,037 (60.7%)	<0.001[F]**
มี		22,526 (11.7%)	14,717 (8.5%)	7,809 (39.3%)	
ประวัติการวินิจฉัยว่าเป็นไขมันในเลือดผิดปกติ	0 (0.0%)				
ไม่มี		169,403 (88.2%)	156,611 (90.9%)	12,792 (64.5%)	<0.001[F]**
มี		22,718 (11.8%)	15,664 (9.1%)	7,054 (35.5%)	
มีภาวะอ้วนลงพุง	0 (0.0%)				
ไม่มี		191,953 (99.9%)	172,130 (99.9%)	19,823 (99.9%)	0.162[F]
มี		168 (0.1%)	145 (0.1%)	23 (0.1%)	
มีภาวะความดันโลหิตสูง	0 (0.0%)				
ไม่มี		140,829 (73.3%)	131,946 (76.6%)	8,883 (44.8%)	<0.001[F]**
มี		51,292 (26.7%)	40,329 (23.4%)	10,963 (55.2%)	
การวัดสัดส่วนร่างกาย สรีรวิทยาและชีวเคมีของปัสสาวะ					
น้ำหนัก (Weight) กิโลกรัม	994 (0.5%)	61.00 [53.00-70.30]	60.00 [53.00-70.00]	68.80 [60.00-78.00]	<0.001**
ส่วนสูง (Height) เซนต์ติเมตร	732 (0.4%)	160.00 [155.00-167.00]	160.00 [155.00-167.00]	162.00 [155.00-168.00]	<0.001**
ดัชนีมวลกาย (BMI) กิโลกรัม/เมตร^2	1,470 (0.8%)	23.73 [21.09-26.64]	23.44 [20.83-26.22]	26.20 [23.87-29.00]	<0.001**
ความยาวรอบเอว (WC) เซนต์ติเมตร	191,688 (99.8%)	80.00 [72.00-89.00]	79.00 [72.00-87.00]	95.00 [84.25-102.75]	<0.001**
ดัชนีรอบเอวต่อดัชนีมวลกาย (Waist-to-BMI index)	191,689 (99.8%)	3.44 [3.23-3.70]	3.44 [3.23-3.70]	3.38 [3.23-3.67]	0.473
ความดันซิสโตลิก (SBP) มิลลิเมตรปรอท	4,473 (2.3%)	126.00 [116.00-138.00]	124.00 [115.00-137.00]	139.00 [130.00-149.00]	<0.001**
ความดันไอแอสโตลิก (DBP) มิลลิเมตรปรอท	4,553 (2.4%)	77.00 [69.00-85.00]	76.00 [69.00-84.00]	84.00 [77.00-91.00]	<0.001**
ความดันชีพจร (Pulse pressure) มิลลิเมตรปรอท	4,554 (2.4%)	49.00 [41.00-58.00]	48.00 [40.00-57.00]	55.00 [47.00-64.00]	<0.001**
อัตราชีพจร (Pulse rate) ครั้ง/นาที	4,338 (2.3%)	81.00 [74.00-90.00]	80.00 [74.00-90.00]	82.00 [74.00-92.00]	<0.001**

คุณลักษณะ	ข้อมูลสูญหาย n(%)	ทั้งหมด	Not MetS	MetS	p-value
อัตราการหายใจ (Respiration rate) ครั้ง/นาที	4,564 (2.4%)	20.00 [20.00-20.00]	20.00 [20.00-20.00]	20.00 [20.00-20.00]	<0.001**
ความอิ่มตัวของออกซิเจน (SpO2) เปอร์เซนต์	56,630 (29.5%)	99.00 [99.00-100.00]	99.00 [99.00-100.00]	99.00 [99.00-100.00]	<0.001**
ระดับไมโครอัลบูมินในปัสสาวะ (Urine microalbumin) มิลลิกรัม/วัน	191,302 (99.6%)	31.00 [11.00-151.50]	23.00 [9.00-121.75]	45.00 [14.00-208.00]	<0.001**

หมายหตุ: F, C และ K หมาถึง ค่า p-value คำนวณโดยใช้สถิติ Fisher's Exact, Chi-square และ Kruskal-Wallis ตามลำดับ ** หมายถึง มีนัยสำคัญสถิติที่ระดับ alpha = 0.001

2. การเปรียบเทียบข้อมูลก่อนและหลังการแทนค่าสูญหาย

จากการเปรียบเทียบการกระจายตัวของข้อมูลก่อนและหลังกระบวนการแทนที่ข้อมูลสูญหาย (Missing data imputation) พบว่าตัวแปรหลักส่วนใหญ่มีค่ามัธยฐานที่ใกล้เคียงกัน ซึ่งบ่งชี้ว่าวิธีการแทนที่ด้วยค่ามัธยฐานไม่ได้ส่งผลกระทบต่อลักษณะการกระจายตัวของข้อมูลโดยรวมอย่างมีนัยสำคัญ อย่างไรก็ตาม พบข้อยกเว้นใน ลักษณะ ระดับไมโครอัลบูมินในปัสสาวะ ความยาวรอบเอว และดัชนีรอบเอวต่อดัชนีมวลกายที่มีการกระจายตัวแตกต่างไปจากเดิมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติภายหลังการแทนค่า ทั้งนี้เนื่องจากตัวแปรกลุ่มดังกล่าวมีสัดส่วนข้อมูลสูญหายสูงถึงร้อยละ 99.6–99.8 ด้วยเหตุนี้ การตีความผลลัพธ์ใด ๆ ที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรเหล่านี้จึงควรดำเนินการด้วยความระมัดระวัง ดังรายละเอียดที่แสดงใน ตารางที่ 3

ตารางที่ 3 สรุปตัวแปรสำคัญชนิดตัวเลขก่อนและหลังการแทนค่าสูญหาย

คุณลักษณะ	ข้อมูลสูญหาย n(%)	ก่อนแทนค่าสูญหาย	หลังแทนค่าสูญหาย	p-value[K]
จำนวนรายการ		**176,219**	**15,902**	
ลักษณะทางประชากรศาสตร์				
อายุเป็นปี (Age years)	0 (0.0%)	46.00 [30.00-58.00]	46.00 [30.00-58.00]	1.000
การวัดสัดส่วนร่างกาย สรีรวิทยาและชีวเคมีของปัสสาวะ				
น้ำหนัก (Weight) กิโลกรัม	994 (0.5%)	61.00 [53.00-70.30]	61.00 [53.00-70.10]	0.886
ส่วนสูง (Height) เซนต์ติเมตร	732 (0.4%)	160.00 [155.00-167.00]	160.00 [155.00-167.00]	0.851
ดัชนีมวลกาย (BMI) กิโลกรัม/เมตร2	1470 (0.8%)	23.73 [21.09-26.64]	23.73 [21.09-26.64]	0.673
ความยาวรอบเอว (WC) เซนต์ติเมตร	191688 (99.8%)	80.00 [72.00-89.00]	80.00 [80.00-80.00]	0.033*
ดัชนีรอบเอวต่อดัชนีมวลกาย (Waist-to-BMI index)	191689 (99.8%)	3.44 [3.23-3.70]	3.37 [3.01-3.77]	0.002*
ความดันซิสโตลิก (SBP) มิลลิเมตรปรอท	4473 (2.3%)	126.00 [116.00-138.00]	126.00 [116.00-138.00]	0.171

คุณลักษณะ	ข้อมูลสูญหาย n(%)	ก่อนแทนค่าสูญหาย	หลังแทนค่าสูญหาย	p-value[K]
ความดันไอแอสโตลิก (DBP) มิลลิเมตรปรอท	4553 (2.4%)	77.00 [69.00-85.00]	77.00 [69.00-84.50]	0.276
ความดันชีพจร (Pulse pressure) มิลลิเมตรปรอท	4554 (2.4%)	49.00 [41.00-58.00]	49.00 [41.00-58.00]	0.388
อัตราชีพจร (Pulse rate) ครั้ง/นาที	4338 (2.3%)	81.00 [74.00-90.00]	81.00 [74.00-90.00]	0.311
อัตราการหายใจ (Respiration rate) ครั้ง/นาที	4564 (2.4%)	20.00 [20.00-20.00]	20.00 [20.00-20.00]	0.534
ความอิ่มตัวของออกซิเจน (SpO2) เปอร์เซนต์	56630 (29.5%)	99.00 [99.00-100.00]	99.00 [99.00-100.00]	0.547
ระดับไมโครอัลบูมินในปัสสาวะ (Urine microalbumin) มิลลิกรัม/วัน	191302 (99.6%)	31.00 [11.00-151.50]	26.50 [26.50-26.50]	<0.001**

หมายหตุ: K หมาถึง ค่า p-value คำนวณโดยใช้สถิติ Kruskal-Wallis * และ ** หมายถึง มีนัยสำคัญสถิติที่ระดับ alpha เท่ากับ 0.05 และ 0.001 ตามลำดับ

3. ผลการวิเคราะห์และเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลองแมชชีนเลิร์นนิง

จากการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลองการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) ทั้ง 5 อัลกอริทึม ประกอบด้วย Logistic Regression (LR), Random Forest (RF), eXtreme Gradient Boosting (XGBoost), Support Vector Machine (SVM) และ Artificial Neural Network (ANN) พบว่าแบบจำลองแต่ละชนิดมีลักษณะเด่นเชิงสถิติที่ตอบสนองต่อวัตถุประสงค์ทางคลินิกที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ดังรายละเอียดในตารางที่ 4

3.1 ประสิทธิภาพในเชิงการยืนยันกลุ่มเสี่ยง

แบบจำลอง **Random Forest (RF)** แสดงประสิทธิภาพโดดเด่นที่สุดในด้านความถูกต้องโดยรวม (Accuracy) ที่ 0.84 และมีความแม่นยำเชิงบวก (Precision) สูงสุดที่ 0.34 นอกจากนี้ยังมีค่า F1-score ที่ 0.43 โดยมีค่าพื้นที่ใต้โค้ง ROC (ROC-AUC) อยู่ที่ 0.86 ในชุดข้อมูลที่ใช้ 21 คุณลักษณะ ในทางวิชาการ ความโดดเด่นของ RF เกิดจากคุณสมบัติของเทคนิคการเรียนรู้เชิงรวม (Ensemble Learning) ที่ช่วยลดความแปรปรวน (Variance) และป้องกันปัญหาการเรียนรู้จดจำข้อมูล (Overfitting) ได้ดีกว่าแบบจำลองเดี่ยว ทำให้ผลการทำนายกลุ่มบวกมีความน่าเชื่อถือสูง อย่างไรก็ตาม เมื่อดำเนินการลดคุณลักษณะที่มีสัดส่วนข้อมูลสูญหายสูง (Missing values) ได้แก่ ระดับไมโครอัลบูมินในปัสสาวะ, ความยาวรอบเอว (WC) และดัชนีรอบเอวต่อดัชนีมวลกาย ออกเพื่อให้เหลือ 18 คุณลักษณะ พบว่าประสิทธิภาพภาพรวมลดลงเพียงเล็กน้อย (ร้อยละ 1–2) แต่ค่าความไว (Recall) กลับเพิ่มขึ้นร้อยละ 3 (จาก 0.60 เป็น 0.63) สะท้อนให้เห็นว่าการคัดเลือกคุณลักษณะ (Feature selection) โดยตัดตัวแปรที่มีความไม่สมบูรณ์ของข้อมูลสูงออกไป ช่วยเพิ่มศักยภาพในการตรวจจับเคสจริงได้ดีขึ้นในแบบจำลองนี้

3.2 ประสิทธิภาพในเชิงการคัดกรองเบื้องต้น

แบบจำลอง **eXtreme Gradient Boosting (XGBoost)** แสดงความเหนือกว่าในฐานะเครื่องมือคัดกรอง โดยให้ค่าความไว (Recall) สูงสุดอย่างคงที่ที่ 0.85 ในทุกรูปแบบของชุดข้อมูลที่นำมาฝึกสอน แม้ว่าจะมีค่าความถูกต้องโดยรวม (Accuracy) อยู่ที่ 0.70 และ Precision ที่ 0.23 ซึ่งต่ำกว่าแบบจำลองอื่น แต่ในบริบทสาธารณสุขปฐมภูมิ ค่า Recall ที่สูงมีความสำคัญอย่างยิ่งในการทำหน้าที่เป็นเครื่องมือคัดกรองด่านแรก (First-line screening) เพื่อลดอัตราผลลบปลอม (False

Negative) หรือการพลาดการตรวจพบผู้ป่วยจริง ความยืดหยุ่นของ XGBoost ในการรักษาค่าความไวที่สูงภายใต้สภาวะข้อมูลที่แตกต่างกัน ยืนยันถึงศักยภาพในการนำไปใช้ระบุกลุ่มเสี่ยงเพื่อให้เข้าสู่กระบวนการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมได้อย่างทันท่วงที

3.3 แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมและข้อจำกัดของโมเดลเชิงเส้น

แบบจำลอง **Artificial Neural Network (ANN)** แสดงความสามารถในการจำแนกกลุ่มอาการ (ROC-AUC) ได้ดีเยี่ยมในช่วง 0.84–0.85 ซึ่งใกล้เคียงกับ Random Forest และสามารถรักษาค่า Recall ได้สูงที่ 0.85–0.86 ทว่ามีค่า Precision ต่ำกว่าอยู่ในช่วง 0.22–0.23 ในขณะที่ **Logistic Regression (LR)** และ **Support Vector Machine (SVM)** แม้จะมีค่า ROC-AUC ในระดับที่ยอมรับได้ (0.84) แต่กลับมีค่า Precision และ F1-score ต่ำกว่ากลุ่ม Ensemble Learning อย่างนัยสำคัญ ข้อค้นพบนี้สะท้อนถึงข้อจำกัดของโมเดลเชิงเส้นในการจัดการกับข้อมูลสุขภาพที่มีความซับซ้อน มีความสัมพันธ์แบบไม่เป็นเชิงเส้น และมีความไม่สมดุลของคลาส (Class Imbalance) ในระดับสูง ถึงแม้จะมีการการจัดการข้อมูลไม่สมดุลแล้วก็ตาม

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบระหว่างการพัฒนาโมเดลโดยใช้ 21 คุณลักษณะ เทียบกับ 18 คุณลักษณะ พบว่าการเปลี่ยนแปลงของดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพส่วนใหญ่อยู่ในระดับร้อยละ 1–2 หรือไม่มีการเปลี่ยนแปลง ซึ่งเป็นหลักฐานเชิงประจักษ์ว่าแบบจำลองมีความทนทาน (Robustness) ต่อการลดทอนคุณลักษณะบางประการ ยกเว้นในกรณีของแบบจำลอง RF ที่ค่าความไวเพิ่มขึ้นร้อยละ 3 เมื่อตัดคุณลักษณะที่มีข้อมูลสูญหายมากออก ผลลัพธ์นี้สนับสนุนยุทธศาสตร์การคัดกรองแบบสองขั้นตอน (Two-stage screening) โดยใช้ XGBoost เพื่อตรวจจับผู้ป่วยในวงกว้าง (Maximize Recall) และใช้ Random Forest เป็นลำดับถัดมาเพื่อควบคุมอัตราผลบวกลวง (Control False Positive) และจัดลำดับความสำคัญในการส่งตรวจยืนยันต่อไป

ผลการวิเคราะห์บทบาทของคุณลักษณะนำเข้าสะท้อนให้เห็นถึงกลไกการเรียนรู้ที่แตกต่างกันระหว่างอัลกอริทึม ซึ่งสอดคล้องกับหลักระบาดวิทยาคลินิก แบบจำลองกลุ่ม Tree-based Ensemble ทั้ง XGBoost และ RF ให้ความสำคัญสูงสุดกับค่าความดันโลหิตซิสโตลิก (SBP) ร่วมกับประวัติการวินิจฉัยโรคความดันโลหิตสูง (dx_HT) และโรคเบาหวาน (dx_DM) ในขณะที่แบบจำลอง LR ทำงานบนพื้นฐานความสัมพันธ์เชิงเส้น จึงให้น้ำหนักกับปัจจัยพยากรณ์ที่ชัดเจนอย่างประวัติโรคเรื้อรังและอายุเป็นสำคัญ สำหรับ SVM พบจุดเด่นในการนำ ดัชนีรอบเอวต่อดัชนีมวลกาย มาเป็นตัวพยากรณ์หลัก ซึ่งแสดงถึงประสิทธิภาพของการสร้างตัวแปรสังเคราะห์ ในการช่วยลดอุปสรรคจากปัญหาข้อมูลเส้นรอบเอวสูญหายที่มีสัดส่วนสูงถึงร้อยละ 99.8 ในระบบเวชระเบียน

สิ่งที่น่าสนใจเชิงวิชาการคือแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม ANN ที่มีการจัดลำดับความสำคัญของคุณลักษณะแตกต่างจากกลุ่มอื่น โดยระบุให้ระดับไมโครอัลบูมินในปัสสาวะ (Urine_microalbumin) และรหัสอาชีพ (occupation_code) เป็นปัจจัยสำคัญต้นๆ นอกเหนือจากปัจจัยด้านอายุ (year of age) นอกจากนี้ การที่ปัจจัยด้านอาชีพมีความสำคัญสูงในโมเดล ANN ซึ่งตอกย้ำถึงอิทธิพลของปัจจัยกำหนดสุขภาพทางสังคม (Social Determinants of Health) และวิถีชีวิตที่ส่งผลต่อความเสี่ยงของโรคไม่ติดต่อเรื้อรังในประชากรไทยภาคเหนือ

ตารางที่ 4 ประสิทธิภาพของแบบจำลองทำนายภาวะเมแทบอลิกซินโดรม

อันดับ	แบบจำลอง	ชุดข้อมูลก่อน/หลัง Impute	จำนวนลักษณะ	จุดตัด (Threshold)	ประสิทธิภาพการจำแนกโดยรวม (ROC-AUC)	ความถูกต้องโดยรวม (Accuracy)	ความแม่นยำเชิงบวก (Precision)	ความสมดุล (F1-score)	ความไว (Recall)
1	XGBoost	หลัง	18	Fixed/Default	0.85	0.70	0.23	0.37	**0.85**
2	SVM	หลัง	21	Fixed/Default	0.84	0.69	0.23	0.36	**0.85**
3	ANN	หลัง	21	0.424759	0.85	0.69	0.23	0.36	**0.85**
4	ANN	หลัง	18	0.456866	0.84	0.69	0.22	0.35	**0.85**
5	SVM	หลัง	18	Fixed/Default	0.84	0.68	0.22	0.35	**0.85**
6	XGBoost	หลัง	21	Fixed/Default	0.85	0.70	0.23	0.37	**0.85**
7	XGBoost	ก่อน	21	Fixed/Default	0.85	0.70	0.23	0.37	**0.85**
8	XGBoost	ก่อน	18	Fixed/Default	0.85	0.70	0.23	0.37	**0.85**
9	LR	หลัง	21	Fixed/Default	0.84	0.76	0.26	0.39	0.75
10	LR	หลัง	18	Fixed/Default	0.84	0.76	0.26	0.38	0.75
11	RF	หลัง	18	Fixed/Default	0.85	0.83	0.32	**0.43**	0.63
12	RF	หลัง	21	Fixed/Default	**0.86**	**0.84**	**0.34**	**0.43**	0.60

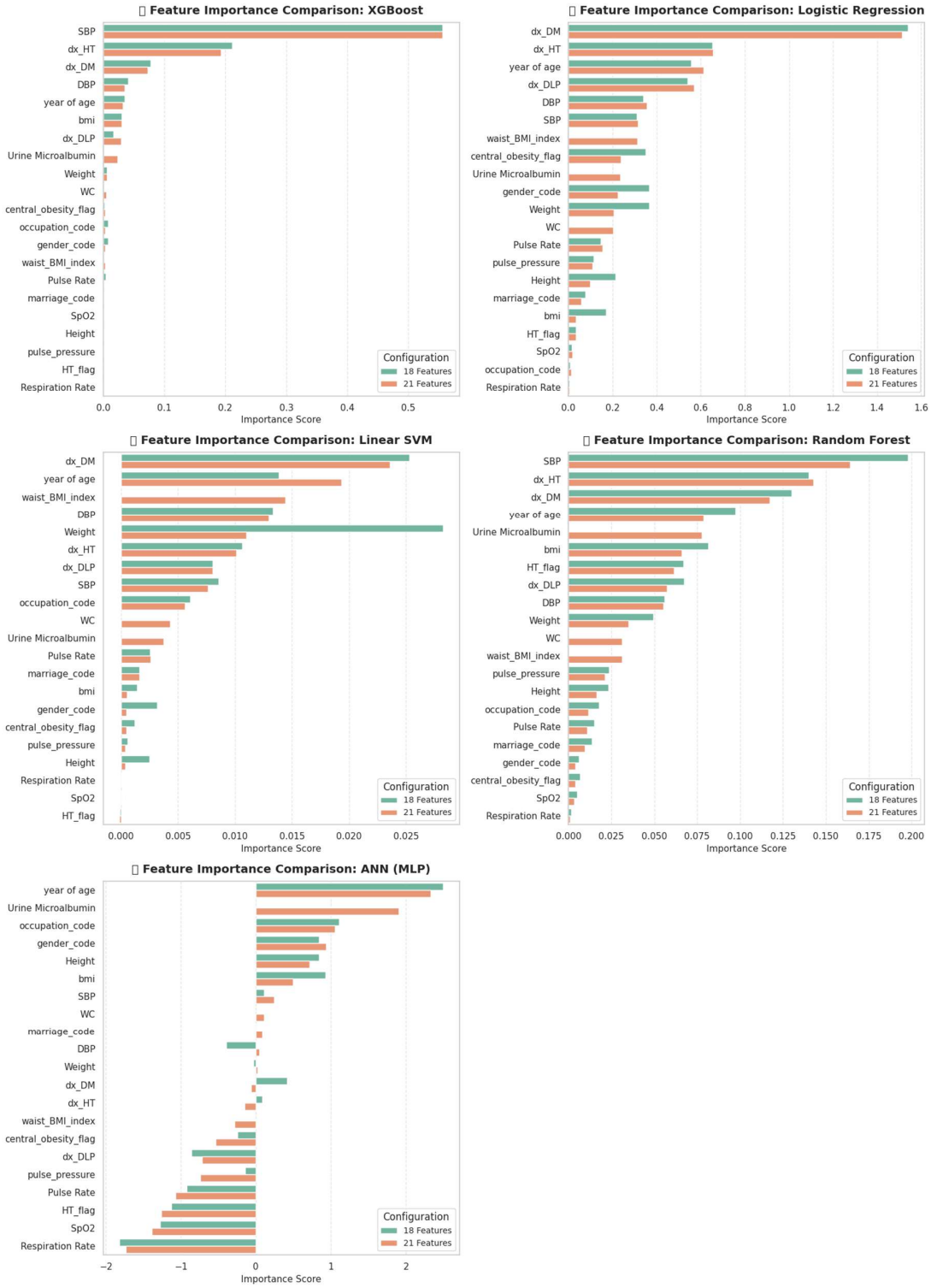
หมายเหตุ: จัดลำดับตามค่าความไวและประสิทธิภาพการจำแนกโดยรวม

การอภิปรายผล

คุณลักษณะเชิงโครงสร้างของข้อมูลและมิติของการเข้ารับบริการ

ชุดข้อมูลที่ใช้ในการศึกษานี้มีลักษณะโดดเด่นในเชิงระบาดวิทยาเชิงคลินิก โดยไม่ได้เป็นเพียงข้อมูลแบบตัดขวาง ณ จุดเวลาเดียว (Single-point cross-sectional) แต่เป็นข้อมูลที่สะท้อนถึงสภาวะสุขภาพของผู้รับบริการแต่ละรายผ่านการเข้ารับบริการหลายครั้ง (Multiple visits) ในช่วงเวลา 5 ปี (พ.ศ. 2561–2565)

แม้การวิเคราะห์ขั้นพื้นฐานจะเป็นแบบตัดขวาง แต่ชุดข้อมูลนี้ประกอบด้วยค่าตัวแปร (เช่น น้ำหนัก ความดันโลหิต) ที่เก็บซ้ำจากผู้ป่วยรายเดิมในสถานการณ์ทางคลินิกที่แตกต่างกัน ซึ่งช่วยให้แบบจำลองแบบจำลองแมชชีนเลิร์นนิงสามารถเรียนรู้ความแปรปรวน (Variance) ของตัวแปรทางสรีรวิทยาภายในบุคคลรายเดิมได้ ข้อมูลเหล่านี้มาจากระบบเวชระเบียนอิเล็กทรอนิกส์แบบไร้กระดาษ (Paperless) ทั้งหมด ซึ่งสะท้อนพฤติกรรมสุขภาพและการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาจริงของผู้รับบริการในพื้นที่ภาคเหนือของประเทศไทย การใช้ข้อมูลระดับการรับบริการ (Visit-level) จำนวนเกือบสองแสนรายการช่วยเพิ่มความแข็งแกร่ง (Robustness) ให้กับแบบจำลองในการตรวจจับความแตกต่างระหว่างกลุ่มได้แม่นยำกว่าการใช้ข้อมูลเพียงครั้งเดียวต่อบุคคล



รูปที่ 2 การเปรียบเทียบ Feature importance ของแต่ละโมเดล

จากการวิเคราะห์ในตารางที่ 2 ข้อมูลที่นำมาใช้ฝึกสอนและทดสอบสำหรับแบบจำลอง แสดงคุณสมบัติในการเป็นตัวแทนข้อมูลที่ดีสำหรับการจำแนกภาวะ MetS โดยปราศจากผลเลือดจากตารางพบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของตัวแปร โดยตัวแปรที่ไม่ต้องรุกล้ำร่างกายเกือบทุกตัวในตารางที่ 2 (เช่น อายุ น้ำหนัก ดัชนีมวลกาย ความดันโลหิตซิสโตลิก และความดันโลหิตไดแอสโตลิก แสดงค่า $p < 0.001$ อย่างชัดเจนเมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม MetS และกลุ่มปกติ สิ่งนี้ยืนยันว่าลักษณะของข้อมูลดิบมีศักยภาพในการจำแนกที่สูงมากเพียงพอที่จะให้แบบจำลองแมชชีนเลิร์นนิงตรวจจับรูปแบบของโรคได้

แม้จะพบข้อจำกัดเรื่องข้อมูลสูญหายในตัวแปรเส้นรอบเอวและ Urine Microalbumin แต่ตัวแปรหลักที่เป็นหัวใจของการพยากรณ์ เช่น ความดันโลหิต และ BMI มีความสมบูรณ์สูงมาก (มีข้อมูลสูญหายเพียงร้อยละ 0.5–2.4) ซึ่งตัวแปรเหล่านี้ถูกพิสูจน์แล้วว่ามีค่าความสำคัญสูงสุดในแบบจำลอง XGBoost และ RF

การแบ่งข้อมูลเป็นชุดฝึกสอน (n=135,315) และชุดทดสอบ (n=56,806) ในอัตราส่วน 70:30 ได้กระทำโดยใช้ระเบียบวิธีที่เคร่งครัดเพื่อให้มั่นใจว่าทั้งสองชุดข้อมูลมีสัดส่วนกลุ่ม MetS และกลุ่มปกติที่เป็นตัวแทนของกันและกัน โดยไม่มีผลของ data leakage ส่งผลให้ผลการทดสอบประสิทธิภาพในตารางที่ 4 มีความน่าเชื่อถือและสามารถอนุมานผลกลับไปยังประชากรผู้รับบริการจริงได้อย่างถูกต้อง

ผลการศึกษายืนยันว่าแบบจำลองแมชชีนเลิร์นนิงสามารถใช้ข้อมูลสุขภาพพื้นฐานแบบไม่รุกล้ำ (Non-invasive data) ที่ถูกจัดเก็บเป็นประจำโดยไม่ต้องอาศัยผลการตรวจเลือด เพื่อประเมินความเสี่ยงภาวะเมแทบอลิกซินโดรมได้อย่างมีประสิทธิภาพ แนวทางดังกล่าวมีศักยภาพสูงในการนำไปประยุกต์ใช้จริง โดยเฉพาะในระบบบริการสุขภาพปฐมภูมิที่ต้องการคัดกรองกลุ่มเสี่ยงจำนวนมากอย่างรวดเร็วและประหยัดต้นทุน ก่อนส่งตรวจยืนยันทางห้องปฏิบัติการ ปัจจัยหลักที่สร้างความแตกต่างระหว่างกลุ่มเสี่ยงและกลุ่มปกติ ได้แก่ น้ำหนักตัว อายุ ความดันโลหิต เพศชาย และสถานภาพสมรส ซึ่งผลลัพธ์นี้สอดคล้องกับองค์ความรู้ทางระบาดวิทยาที่ระบุว่า ปัจจัยด้านสรีรวิทยาและลักษณะทางประชากรศาสตร์มีบทบาทสำคัญต่อความเสี่ยงด้านเมแทบอลิก (Dobrowolski et al., 2022; Saklayen, 2018) และยังสอดคล้องกับงานวิจัยหลายฉบับที่ยืนยันว่าการใช้ข้อมูลทางสัดส่วนร่างกายร่วมกับสัญญาณชีพเพียงพอต่อการระบุความเสี่ยงเบื้องต้น

ความแตกต่างของประสิทธิภาพระหว่างแบบจำลองสะท้อนให้เห็นถึงข้อแลกเปลี่ยนทางคลินิก (Clinical trade-off) ที่สำคัญ งานวิจัยนี้พบว่า XGBoost ให้ค่าความไว (Recall) สูงสุด สอดคล้องกับงานวิจัยที่มีมาก่อนหน้านี้ (Kim et al., 2022; Pawade et al., 2024; Yang et al., 2022; Zhang et al., 2022) จึงช่วยลดอัตราการพลาดการค้นหากลุ่มเสี่ยง (False negatives) ทำให้เหมาะสมอย่างยิ่งสำหรับการใช้เป็นเครื่องมือคัดกรองด่านแรก (First-line screening) ในขณะที่ Random Forest (RF) ให้ค่าความถูกต้องโดยรวม (Accuracy) ค่าความแม่นยำเชิงบวก (Precision) และค่า F1-score ที่สูงกว่าโมเดลอื่น ซึ่งแสดงถึงความสมดุลของแบบจำลองที่ดีที่สุด จึงเหมาะสำหรับการใช้ในขั้นตอนที่สองเพื่อช่วยยืนยันกลุ่มเสี่ยงและลดภาระงานจากผลบวกลวง (False positives) แนวทางแบบสองขั้นตอน (Two-tier approach) นี้ สอดคล้องกับเป้าหมายของระบบคัดกรองในสถานพยาบาลที่ต้องสร้างสมดุลระหว่างความไวในการค้นหาผู้ป่วยและความจำเพาะในการลดการแทรกแซงที่ไม่จำเป็น การประยุกต์ใช้แบบจำลองอย่างเหมาะสม ทำให้ระบบการดูแลสุขภาพ สามารถเข้าไปดูแลผู้รับบริการที่มีความเสี่ยงภาวะเมแทบอลิกซินโดรมได้อย่างทันท่วงที สะดวก รวดเร็ว และครอบคลุมยิ่งขึ้น ตรวจพบภาวะเมแทบอลิกซินโดรมในระยะเริ่มต้นก่อนที่ผู้ป่วยจะเริ่มแสดงอาการผิดปกติ โดยไม่เป็นการเพิ่มต้นทุนของสถานพยาบาล ทั้งนี้ประสิทธิภาพที่โดดเด่นของแบบจำลองกลุ่ม Tree-based ensemble นี้ ยังสอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้าที่พบว่า XGBoost และ RF สามารถจัดการกับความซับซ้อนและความสัมพันธ์แบบไม่เป็นเชิงเส้นของข้อมูลเมแทบอลิกได้ดีเยี่ยม

อย่างไรก็ตาม งานวิจัยนี้มีข้อจำกัดบางประการที่ควรนำมาพิจารณา ประการแรก ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษามาจากโรงพยาบาลเพียงแห่งเดียว (Single-center study) ซึ่งอาจส่งผลต่อความสามารถในการนำไปใช้ประโยชน์ทั่วไป

(Generalizability) ของแบบจำลองเมื่อนำไปประยุกต์ใช้กับกลุ่มประชากรในภูมิภาคอื่น การขาดการตรวจสอบความถูกต้องด้วยชุดข้อมูลภายนอก (External validation) ถือเป็นข้อจำกัดทั่วไปของงานวิจัยด้านแมชชีนเลิร์นนิงทางการแพทย์ ประการที่สอง มีสัดส่วนของข้อมูลสูญหาย (Missing data) ในระดับที่สูงมากสำหรับตัวแปรความยาวรอบเอวและระดับไมโครอัลบูมินในปัสสาวะ ซึ่งแม้จะได้รับการจัดการด้วยการแทนค่า แต่ก็อาจทำให้เกิดอคติ (Imputation bias) ในการทำนายได้ นอกจากนี้ ข้อมูลเวชระเบียนที่ใช้ปฏิบัติงานจริง (Real-world EMR data) มักมีความคลาดเคลื่อนจากการบันทึก เช่น การใช้หน่วยวัดที่ไม่สอดคล้องกัน หรือการสลับช่องข้อมูล ดังนั้น สำหรับการนำไปใช้งานจริงในกระบวนการดูแลผู้ป่วย ควรมีการพัฒนาระบบตรวจสอบคุณภาพข้อมูลอย่างเข้มงวด และมีความจำเป็นที่จะต้องทำการทวนสอบแบบจำลองด้วยการศึกษาแบบไปข้างหน้า (Prospective validation) ร่วมกับการวินิจฉัยของแพทย์ผู้เชี่ยวชาญต่อไป

นอกจากนี้ เนื่องจากชุดข้อมูลเวชระเบียนอิเล็กทรอนิกส์ (EMR) ในการศึกษานี้มีการจัดเก็บข้อมูลการเข้ารับบริการหลายครั้งในช่วงระยะเวลา 5 ปี ซึ่งมีลักษณะเป็นข้อมูลตามยาว (Longitudinal data) ทิศทางงานวิจัยในอนาคตจึงควรพิจารณาประยุกต์ใช้โมเดลแบบจำลองแมชชีนเลิร์นนิงในกลุ่ม การวิเคราะห์การรอดชีพ (Survival Machine Learning Models) เช่น Random Survival Forest (RSF) หรือ Survival Gradient Boosting (เช่น XGBoost Survival) แทนการทำนายผลลัพธ์แบบไบนารีในจุดเวลาเดียว

การประยุกต์ใช้โมเดลกลุ่มนี้จะช่วยให้สามารถประเมิน "ระยะเวลา" ที่ผู้รับบริการแต่ละรายจะก้าวเข้าสู่ภาวะ MetS (Time-to-event analysis) และสามารถจัดการกับปัญหาข้อมูลการติดตามที่ไม่สมบูรณ์ (Censored data) ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้าที่ระบุว่า การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของข้อมูลสุขภาพต่อเนื่องหลายปี (Trajectories) สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการพยากรณ์โรคทางเมแทบอลิกได้อย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับการใช้ข้อมูล ณ จุดเวลาเดียว รวมทั้งยังมีการศึกษาที่ประสบความสำเร็จในการใช้โมเดล ML เพื่อทำนายความเสี่ยงการเกิดภาวะเมแทบอลิกซินโดรมล่วงหน้าในระยะเวลา 3-4 ปี โดยใช้เพียงข้อมูลการตรวจสุขภาพพื้นฐาน การขยายผลการศึกษาไปสู่รูปแบบ Survival analysis จะช่วยให้ระบบบริการสุขภาพสามารถสร้างเครื่องมือประเมินความเสี่ยงแบบพลวัต (Dynamic risk assessment) เพื่อวางแผนเฝ้าระวังและให้การดูแลเชิงป้องกันล่วงหน้า (Predictive and preventive care) ได้อย่างแม่นยำยิ่งขึ้น

บทสรุป

การศึกษานี้แสดงให้เห็นว่า แบบจำลองแมชชีนเลิร์นนิงสามารถประยุกต์ใช้ข้อมูลสุขภาพพื้นฐานแบบไม่รุกล้ำ (Non-invasive routine health data) ที่จัดเก็บเป็นประจำโดยไม่ต้องพึ่งพาผลการตรวจทางห้องปฏิบัติการ ในการทำนายความเสี่ยงภาวะเมแทบอลิกซินโดรมได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยแบบจำลอง XGBoost มีความเหมาะสมอย่างยิ่งที่จะนำมาใช้เป็นเครื่องมือคัดกรองด่านแรก (First-line screening) เพื่อลดอัตราการพลาดการค้นหากลุ่มเสี่ยง (False negatives) ในขณะที่แบบจำลอง Random Forest มีความเหมาะสมสำหรับใช้ในขั้นตอนการประเมินซ้ำเพื่อช่วยยืนยันและจัดลำดับความเสี่ยง (Confirmatory assessment) เพื่อลดโอกาสการเกิดผลบวกลวง (False positives) ผลการศึกษานี้สนับสนุนแนวทางการพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจทางคลินิก (Clinical Decision Support System: CDSS) โดยบูรณาการร่วมกับฐานข้อมูลเวชระเบียนอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งแนวทางดังกล่าวจะช่วยลดภาระด้านทรัพยากรและค่าใช้จ่ายในการตรวจคัดกรอง ตลอดจนเพิ่มโอกาสในการป้องกันโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง (NCDs) ได้ตั้งแต่ระยะเริ่มต้นอย่างเป็นรูปธรรม ทั้งนี้ในอนาคตควรนำแบบจำลองนี้ไปทดลองใช้กับข้อมูลจากหลายโรงพยาบาล เพื่อเพิ่มศักยภาพในการนำไปใช้ในบริบทของผู้รับบริการหรือสถานพยาบาลที่มี

ความหลากหลายและแตกต่าง ทำให้มีโอกาสที่จะพัฒนาแบบจำลองนี้สู่การใช้งานจริงในขอบเขตที่กว้างขึ้น เช่น ระดับจังหวัด ระดับภาค หรือระดับประเทศ ต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวงที่สนับสนุนทุนวิจัย และขอขอบคุณโรงพยาบาลศูนย์การแพทย์มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง รวมถึงบุคลากรที่เกี่ยวข้องกับระบบสารสนเทศสุขภาพที่เอื้ออำนวยข้อมูลแบบไม่ระบุตัวตนเพื่อการวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

Dobrowolski P., Prejbisz A., Kuryłowicz A., Baska A., Burchardt P., Chlebus K. et al. (2022). Metabolic syndrome - a new definition and management guidelines: a joint position paper. Archives of Medical Science. 18(5): 1133-1156.

Kim J., Mun S., Lee S., Jeong K. and Baek Y. (2022). Prediction of metabolic and pre-metabolic syndromes using machine learning models with anthropometric, lifestyle, and biochemical factors from a middle-aged population in Korea. BMC Public Health. 22(1): 664.

Ngoc H., Kriengsinyos W., Rojroongwasinkul N. and Aekplakorn W. (2021). Prevalence of metabolic syndrome and its prediction by simple adiposity indices in Thai adults. Journal of Health Science and Medical Research. 39(4): 331-343.

Pawade, D., Bakhai, D., Admane, T., Arya, R., Salunke, Y., & Pawade, Y. (2024). Evaluating the Performance of Different Machine Learning Models for Metabolic Syndrome Prediction. Procedia Computer Science, 235, 2932–2941.

Saklayen M.G. (2018). The global epidemic of the metabolic syndrome. Current Hypertension Reports. 20(2): 12.

Siwarom, N., & Panburana, P. (2021). Metabolic syndrome in Thai adolescents and associated factors. BMC Public Health, 21, 10728.

Yang H., Yu B., Ouyang P., Li X., Lai X., Zhang G. and Zhang H. (2022). Machine learning-aided risk prediction for metabolic syndrome based on 3 years study. Scientific Reports. 12(1): 2248.

Zhang Y., Zhang X., Razbek J., Li D., Xia W. and Bao L. et al. (2022). Opening the black box: interpretable machine learning for predictor finding of metabolic syndrome. BMC Endocrine Disorders. 22(1): 214.

ฤทธิ์ยับยั้งสาหร่ายทางอ้อมของแบคทีเรีย *Pseudomonas aeruginosa* ต่อสาหร่ายอันตราย *Karenia mikimotoi*

Indirect Algicidal Activity of *Pseudomonas aeruginosa* Against the Harmful Alga *Karenia mikimotoi*

จิรนันท์ คำพุฒ[1] กังสดาลย์ บุญปราบ[2] อนุรักษ์ อุชุวิทยากุล[3] และ จินตนา สแลน้อย[1*]

Jiranan Khamput[1], Kangsadan Boonprab[2], Anurak Uchuwittayakul[3] and Jintana Salaenoi[1*]

[1] ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ

[1] Department of Marine Science, Faculty of Fisheries, Kasetsart University, Bangkok,

[2] ภาควิชาผลิตภัณฑ์ประมง คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ

[2] Department of Fishery Products, Faculty of Fisheries, Kasetsart University, Bangkok,

[3] ภาควิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ

[3] Department of Aquaculture, Faculty of Fisheries, Kasetsart University, Bangkok,

[*]Corresponding Author E-mail Address : jfisjid@ku.ac.th

บทคัดย่อ

การสะพรั่งของสาหร่ายที่เป็นอันตราย (Harmful Algal Blooms; HABs) จากสาหร่ายชนิด *Karenia mikimotoi* ก่อให้เกิดความเสียหายอย่างรุนแรงต่อระบบนิเวศทางทะเลและอุตสาหกรรมการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพและกลไกการออกฤทธิ์ของแบคทีเรีย *Pseudomonas aeruginosa* สายพันธุ์ท้องถิ่นจากทะเล (Marine isolate) ที่คัดแยกมาจากอำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี ในการยับยั้งเซลล์ *K. mikimotoi* จากการทดสอบประสิทธิภาพที่ระดับความเข้มข้น 1% 3% และ 5% (v/v) เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง พบว่าแบคทีเรียสามารถลดความหนาแน่นของเซลล์สาหร่ายได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.01$) โดยมีรูปแบบการออกฤทธิ์ที่แปรผันตามความเข้มข้นและระยะเวลา ที่ระดับความเข้มข้น 3% ความเข้มข้นที่เหมาะสมเชิงประสิทธิภาพ ซึ่งสามารถลดจำนวนเซลล์สาหร่ายได้ 99.47±0.18% ภายในเวลา 24 ชั่วโมง การทดสอบเพื่อระบุกลไกการออกฤทธิ์พบว่า ส่วนใสปราศจากเซลล์ (supernatant) มีประสิทธิภาพในการลดจำนวนสาหร่ายสูงถึง 99.51% ซึ่งเทียบเท่ากับน้ำเลี้ยงเชื้อแบคทีเรีย ในขณะที่เซลล์แบคทีเรียเปล่าที่ผ่านการล้าง (bacteria) มีประสิทธิภาพเพียง 14.76±2.04% ผลการทดลองนี้เป็นหลักฐานเชิงประจักษ์ที่ยืนยันว่ากลไกหลักของการทำลายเซลล์สาหร่ายเป็นการออกฤทธิ์ทางอ้อม (Indirect effect) ผ่านการหลั่งสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ (Bioactive compounds) ออกสู่สภาพแวดล้อม แสดงให้เห็นถึงศักยภาพของสารจาก *P. aeruginosa* ในการควบคุม *K. mikimotoi* และเป็นข้อมูลพื้นฐานสำคัญสำหรับการพัฒนาแนวทางชีวภาพในการจัดการปรากฏการณ์การสะพรั่งของสาหร่ายอันตราย อย่างไรก็ตาม เนื่องจาก *P. aeruginosa* จัดเป็นแบคทีเรียฉวยโอกาส (opportunistic pathogen) การประยุกต์ใช้ในสภาพแวดล้อมจริงยังจำเป็นต้องได้รับการประเมินด้านความปลอดภัยและผลกระทบต่อระบบนิเวศอย่างรอบด้านก่อนนำไปใช้ต่อไป

คำสำคัญ: การสะพรั่งของสาหร่ายที่เป็นอันตราย แบคทีเรียที่มีฤทธิ์กำจัดสาหร่าย แบคทีเรียทะเล *Karenia mikimotoi* *Pseudomonas aeruginosa*

Abstract

Harmful Algal Blooms (HABs) caused by *Karenia mikimotoi* pose a severe threat to marine ecosystems and the aquaculture industry. Therefore, this study aimed to investigate the efficacy and underlying mechanisms of a local marine isolate of *Pseudomonas aeruginosa*, obtained from Si Racha District, Chonburi Province, in controlling *K. mikimotoi* cells. Efficacy tests conducted at concentrations of 1%, 3%, and 5% (v/v) over a 24-hour period revealed that the bacterium significantly reduced the algal cell density ($p < 0.01$) in a dose- and time-dependent manner. The 3% concentration was identified as the optimal effective concentration, capable of reducing the algal cell count by 99.47±0.18% within 24 hours. Mechanism assays demonstrated that the cell-free supernatant exhibited a high algal reduction efficiency of 99.51%, comparable to that of the whole bacterial culture, whereas the bacteria showed an efficiency of only 14.76±2.04%. These findings provide empirical evidence supporting that the primary mode of action is an indirect effect, driven by the secretion of bioactive compounds into the surrounding environment. This study highlights the potential of *P. aeruginosa*-derived substances in controlling *K. mikimotoi* and serves as crucial fundamental data for developing biological management strategies for harmful algal blooms. Nevertheless, because *P. aeruginosa* is recognized as an opportunistic pathogen, further biosafety evaluation and ecological risk assessment are necessary before its potential application in HABs management can be considered.

Keywords: Harmful Algal Blooms, Algicidal Bacteria, Marine Bacteria, *Karenia mikimotoi*, *Pseudomonas aeruginosa*

บทนำ

การสะพรั่งของสาหร่ายที่เป็นอันตราย (Harmful Algal Blooms; HABs) เป็นปัญหาสำคัญของเขตชายฝั่งทั่วโลกและยังทวีความรุนแรงขึ้นจากภาวะโลกรวน (Climate change) และสภาวะยูโทรฟิเคชัน (Eutrophication) ซึ่งเกิดจากกิจกรรมมนุษย์ (Griffith and Gobler, 2020) ส่งผลกระทบต่อสุขภาพมนุษย์ทั้งทางตรงและทางอ้อม เช่น การได้รับสารพิษจากการรับประทานอาหารที่ปนเปื้อน การสัมผัสพิษผ่านผิวหนังหรือการสูดดม รวมถึงกระทบต่อภาคเศรษฐกิจและสังคมโดยเฉพาะอุตสาหกรรมประมงและการท่องเที่ยว (Backer et al., 2015; Berdalet et al., 2015) โดย *Karenia mikimotoi* เดิมอยู่ในสกุล *Gymnodinium* (ชื่อเดิม *Gymnodinium mikimotoi*) เป็นไดโนแฟลเจลเลตที่มี fucoxanthin เป็นสารสีหลัก (Daugbjerg et al., 2000) ถูกจัดให้เป็นหนึ่งในชนิดพันธุ์ที่เป็นอันตราย (Harmful algal species) แม้ว่ายังไม่สามารถเข้าใจกลไกของพิษได้สมบูรณ์ แต่ในเหตุการณ์ที่พบการตายของปลาเป็นจำนวนมากระหว่างการสะพรั่งของสาหร่ายชนิดนี้ คาดการณ์ว่าเซลล์อาจไปอุดที่เหงือกปลา ทำให้สารพิษสัมผัสโดยตรงกับเนื้อเยื่อเหงือกแม้ว่าสารพิษจะละลายน้ำได้น้อยก็ตาม (Silke et al., 2005) *K. mikimotoi* สามารถเกิดการสะพรั่งได้ในบริเวณชายฝั่งเกือบทุกทวีปทั่วโลก แม้จะไม่พบสารพิษที่ส่งผลต่อมนุษย์จากห่วงโซ่อาหาร แต่สาหร่ายชนิดนี้กลับเป็นอันตรายอย่างมากต่อสิ่งมีชีวิตชนิดอื่น ๆ (Li et al., 2019) ในประเทศจีน การสะพรั่งของสาหร่ายชนิดนี้เกิดขึ้น

บ่อยครั้ง โดยเฉพาะทะเลจีนในเขตตะวันออก ก่อให้เกิดความสูญเสียในด้านการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำเป็นอย่างมาก (Baohong et al., 2021) ในประเทศไทยเคยพบการสะพรั่งที่ตำบลอ่างศิลา จังหวัดชลบุรี เมื่อปี พ.ศ. 2563 ทำให้หอยนางรมที่เลี้ยงไว้ตายจำนวนมาก ถือเป็นการกลับมาสะพรั่งในประเทศไทยอีกครั้งในรอบ 30 ปี (มะลิวัลย์ และลัดดาวัลย์, 2564)

ในปัจจุบันการศึกษาด้านการควบคุมปริมาณสาหร่ายที่ก่อให้เกิดปรากฏการณ์การสะพรั่งเป็นเรื่องท้าทาย เนื่องจากความซับซ้อนของชนิดพันธุ์และพื้นที่ที่เกิดปรากฏการณ์มักเป็นพื้นที่เปิด ทำให้ควบคุมปัจจัยได้ยาก การควบคุมหลักมี 3 รูปแบบคือ (1) วิธีการทางกายภาพ เช่น การผสมชั้นน้ำเพื่อลดการสะสมของสาหร่ายที่ผิวน้ำ แต่มีต้นทุนสูงและเหมาะสมเฉพาะพื้นที่ขนาดเล็ก (2) วิธีการทางเคมี เช่น การใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เพื่อฆ่าสาหร่ายพิษในพื้นที่จำกัด แต่มีข้อเสียคือ การทิ้งสารตกค้างในสิ่งแวดล้อมที่อาจเป็นพิษต่อสัตว์น้ำและพืชน้ำอื่น ๆ และ (3) วิธีการทางชีวภาพ โดยมีการศึกษาการใช้แบคทีเรียและไวรัสที่สามารถยับยั้งการเจริญของสาหร่ายที่เป็นอันตรายบางชนิด (Anderson, 2009) การศึกษาด้านการควบคุมปริมาณสาหร่ายจึงมุ่งเน้นไปที่การศึกษาการใช้แบคทีเรียที่มีฤทธิ์ฆ่าสาหร่าย (Algicidal Bacteria) เพื่อควบคุมปริมาณสาหร่าย ซึ่งเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพและอาจส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตอื่นน้อยกว่าการใช้สารเคมี (Wang et al., 2020) เนื่องจากแบคทีเรียกลุ่มนี้มักมีความจำเพาะเจาะจงต่อเป้าหมายสูง (High host specificity) จึงออกฤทธิ์ต่อสาหร่ายบางชนิดเท่านั้นโดยไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตอื่นในระบบนิเวศ แต่การประยุกต์ใช้แบคทีเรียบางชนิดก็อาจมีความเสี่ยงด้านความปลอดภัยทางชีวภาพ (Biosafety) เช่นเดียวกัน การศึกษาในอนาคตจึงควรมุ่งเน้นไปที่การพัฒนาตัวกลางในการตรึงเซลล์แบคทีเรียไม่ให้หลุดออกมาสู่ระบบนิเวศ แต่ยังคงมีประสิทธิภาพดังเดิม (Coyne et al., 2022) โดยวิธีการที่แบคทีเรียทำลายเซลล์ของสาหร่าย มี 2 วิธีคือ1) ทางตรง (Direct effect) กลไกนี้แบคทีเรียจำเป็นต้องเข้าสัมผัสกับเซลล์สาหร่ายเป้าหมายโดยตรงเพื่อทำให้เซลล์แตก และ 2) ทางอ้อม (Indirect effect) โดยการหลั่งสารออกฤทธิ์ (Extracellular compounds) ออกสู่สิ่งแวดล้อมเพื่อทำลายสาหร่าย เช่น เอนไซม์เซลลูเลส (Cellulase) (Wang et al., 2020)

การศึกษาการควบคุมปริมาณของสาหร่ายที่เป็นอันตรายโดยใช้แบคทีเรียในประเทศไทยเริ่มมีขึ้นจากการศึกษาของ Dechsakulwatana et al. (2006) ซึ่งคัดแยกแบคทีเรียจากน้ำทะเลในจังหวัดชลบุรี และพบศักยภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของ *Noctiluca scintillans* และการศึกษาของ Keawtawee et al. (2011) ที่คัดแยกแบคทีเรียสกุล *Marinobacter* จากบ่อเพาะเลี้ยงกุ้ง ซึ่งสามารถทำลายเซลล์ของ *N. scintillans* ได้ภายใน 24 ชั่วโมง อย่างไรก็ตามการศึกษาเกี่ยวกับ Algicidal bacteria ในประเทศไทยยังคงมีข้อจำกัดด้านความหลากหลายของสาหร่ายเป้าหมาย และรายงานด้านการศึกษาแบคทีเรียที่มีศักยภาพในการควบคุมและกำจัดสาหร่าย *K. mikimotoi* ในประเทศไทยนั้นยังมีเพียงส่วนน้อย

P. aeruginosa เป็นแบคทีเรียที่พบได้ทั่วไปและมีรายงานคุณสมบัติในการยับยั้งการเจริญเติบโตของสาหร่ายหลายชนิด โดยมีความจำเพาะต่อชนิดเป้าหมาย (Species-specific effect) อย่างไรก็ตาม แบคทีเรียชนิดนี้ยังถูกจัดเป็นเชื้อก่อโรคฉวยโอกาส (opportunistic pathogen) ซึ่งต้องมีความระมัดระวังเป็นพิเศษหากจะนำเซลล์แบคทีเรียโดยตรงไปประยุกต์ใช้ในสภาพแวดล้อมจริง การศึกษาที่ผ่านมาพบว่ากลไกการออกฤทธิ์มักเกิดจากการสร้างสารทุติยภูมิ (Secondary metabolites) เช่น แรมโนลิพิด (Rhamnolipids) ที่สามารถเข้าทำลายเยื่อหุ้มเซลล์และออร์แกเนลล์ (Wang et al., 2005) รวมถึงยับยั้งการสังเคราะห์โปรตีนและทำให้เกิดกระบวนการ Lipid peroxidation ดังที่พบในสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน *Microcystis aeruginosa* (Zhou et al., 2016) แม้ว่าจะมีรายงานว่า *P. aeruginosa* สามารถแสดงฤทธิ์กำจัดสาหร่ายในหลายกลุ่มได้ แต่ข้อมูลเกี่ยวกับแบคทีเรียสายพันธุ์ท้องถิ่นจากประเทศไทยที่มีประสิทธิภาพต่อ *K. mikimotoi* ยังมีจำกัด อีกทั้งยังขาดข้อมูลเกี่ยวกับรูปแบบการออกฤทธิ์ว่าเกิดจากการสัมผัสโดยตรงของเซลล์แบคทีเรียหรือเกิดจากสารที่หลั่งออกสู่ภายนอกเซลล์ ความรู้ในประเด็นดังกล่าวมีความสำคัญต่อการประเมินศักยภาพในการประยุกต์ใช้เพื่อควบคุมการสะพรั่งของสาหร่ายอันตรายในอนาคต

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

1. การคัดแยก และคัดกรองเชื้อแบคทีเรียที่มีประสิทธิภาพเบื้องต้น

การคัดแยกเชื้อแบคทีเรียในงานวิจัยนี้ ดำเนินการโดยเก็บตัวอย่างน้ำทะเลจากบริเวณหน้าสถานีวิจัยประมงศรีราชา ตำบลศรีราชา จังหวัดชลบุรี (เมษายน พ.ศ. 2568) นำตัวอย่างน้ำทะเลมากรองผ่านกระดาษกรองใยแก้ว (GF/C) ขนาด 1.2 ไมโครเมตร จากนั้นนำไปเจือจางแบบลำดับส่วน (Serial dilution) ทีละ 10 เท่าด้วยน้ำทะเลปลอดเชื้อ นำตัวอย่างแต่ละระดับความเข้มข้นปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร มาเกลี่ยเชื้อ (Spread plate) ลงบนอาหารเลี้ยงเชื้อแข็ง Zobell 2216E นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 28°C เป็นเวลา 48 ชั่วโมง จากนั้นทำการคัดเลือกโคโลนีที่มีลักษณะทางสัณฐานวิทยาแตกต่างกัน นำมาเขี่ยเชื้อ (Streak plate) ลงบนอาหารแข็ง 2216E ซ้ำจนกว่าจะได้เชื้อบริสุทธิ์ จากตัวอย่างแบคทีเรียที่แยกเชื้อบริสุทธิ์ได้นั้น จะถูกคัดกรองประสิทธิภาพเบื้องต้น โดยถ่ายแบคทีเรียบริสุทธิ์แต่ละโคโลนีลงในอาหารเหลว Zobell 2216E ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ที่บรรจุใน Well plate ขนาด 12 หลุม บ่มที่อุณหภูมิ 25°C ในเครื่อง Shaking incubator ที่ 160 รอบต่อนาที เวลา 20 ชั่วโมง จากนั้นเติมแบคทีเรียลงไปใน Well plate ขนาด 12 หลุม ที่บรรจุ *K. mikimotoi* ให้ได้ความเข้มข้นเท่ากับ 5% (v/v) ติดตามผลที่เวลา 24 ชั่วโมง ภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง ประเมินประสิทธิภาพเบื้องต้นวิธีประเมินกึ่งปริมาณ (Semi-quantitative assessment) และคัดแบคทีเรียที่มีประสิทธิภาพต่ำออก ต่อมา นำแบคทีเรียที่ผ่านเกณฑ์มาทดสอบซ้ำลดความเข้มข้นลง เป็น 3% และ 1% ตามลำดับ เพื่อคัดเลือกแบคทีเรียสายพันธุ์ที่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งสาหร่ายโดดเด่นและสูงที่สุดเพียงสายพันธุ์เดียว เพื่อนำไประบุชนิดในขั้นตอนต่อไป

2. การระบุชนิดแบคทีเรีย

แบคทีเรียที่ผ่านการคัดเลือกถูกนำมาสกัดดีเอ็นเอด้วยชุดสกัด QIAamp DNA Mini Kit (Qiagen, Germany) และตรวจสอบคุณภาพของดีเอ็นเอก่อนนำไปเพิ่มปริมาณยีน 16S rDNA ด้วยเทคนิค Polymerase chain reaction (PCR) โดยใช้ไพรเมอร์ 27F และ 1492R จากนั้นตรวจสอบผลิตภัณฑ์ PCR ด้วยวิธี agarose gel electrophoresis และคัดเลือกตัวอย่างที่ให้แถบดีเอ็นเอขนาดประมาณ 1,500 bp เพื่อนำไปวิเคราะห์ลำดับนิวคลีโอไทด์ด้วยเทคนิค Nanopore sequencing (Oxford Nanopore Technologies) ลำดับเบสที่ได้ถูกนำมาสร้าง consensus sequence และเปรียบเทียบกับฐานข้อมูลสาธารณะด้วยโปรแกรม Nucleotide BLAST ของ National Center for Biotechnology Information (NCBI) เพื่อระบุชนิดของแบคทีเรีย โดยพิจารณาจากเปอร์เซ็นต์ความเหมือน (Percent Identity) และค่า Query Coverage

3. การเพาะเลี้ยง *K. mikimotoi*

สาหร่ายขนาดเล็กสายพันธุ์ *K. mikimotoi* ที่ใช้ในการศึกษานี้ (รูปที่ 1 ก) ได้รับความอนุเคราะห์สายพันธุ์บริสุทธิ์จากห้องปฏิบัติการด้านการเพาะเลี้ยงสาหร่ายขนาดเล็ก ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย คัดแยกจากบริเวณสะพานท่าเรือพลี จังหวัดชลบุรี (กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2563) โดยทำการเพาะเลี้ยงในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร ที่บรรจุอาหารเลี้ยงเชื้อปริมาตร 125 มิลลิลิตร สำหรับการเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ ใช้น้ำทะเลที่ผ่านการกรองด้วยกระดาษกรองใยแก้ว (GF/C) ขนาด 1.2 ไมโครเมตร เสริมด้วยอาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูป Daigo IMK (Nihon Pharmaceutical Co., Ltd., Tokyo, Japan) และเติมบัฟเฟอร์ TRIS ชนิดไม่มี HCl ที่ความเข้มข้น 1 กรัมต่อลิตร เพื่อรักษาเสถียรภาพของค่าความเป็นกรดด่าง ปรับค่าความเค็มที่ 30 PSU และค่า pH เท่ากับ 8.0 จากนั้นนำอาหารเลี้ยงเชื้อไปนึ่งฆ่าเชื้อด้วยความดันไอน้ำ (Autoclave) ที่อุณหภูมิ 121°C ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 15 นาที สภาวะที่ใช้ในการเพาะเลี้ยง *K. mikimotoi* ถูกควบคุมภายใต้อุณหภูมิ 26 °C ให้แสงสว่างด้วยหลอด LED โดยมีความเข้มแสงเฉลี่ย 125 ไมโครโมลโฟตอนต่อตารางเมตร·วินาที (μmol photons/m²·s) ในวัฏจักรแสง (Light/Dark cycle) 12:12 ชั่วโมง ทำให้เป็น

axenic culture โดยการใช้ยาปฏิชีวนะ Ampicillin 200 มิลลิกรัมต่อลิตร และ Kanamycin 100 มิลลิกรัมต่อลิตร ยืนยัน axenic culture โดยนำน้ำเลี้ยงสาหร่ายไปทดสอบการเจริญบนอาหารแข็ง 2216E เป็นเวลา 48 ชั่วโมง ซึ่งพบว่าไม่มีแบคทีเรียปนเปื้อนเจริญเติบโตบนผิวหน้าอาหาร



(ก) (ข)

รูปที่ 1 ลักษณะเซลล์ของสาหร่าย *K. mikimotoi*; (ก) *K. mikimotoi* ถูกตรึงและย้อมสีด้วย Lugol's Iodine ที่ถ่ายใต้กล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 400 เท่า (ข) ลักษณะของสาหร่ายที่เพาะเลี้ยงในขวดรูปชมพู่

4. การทดสอบประสิทธิภาพของแบคทีเรียในการยับยั้ง *K. mikimotoi*

การทดสอบประสิทธิภาพ ดัดแปลงวิธีการมาจาก Ding et al. (2021) โดยนำเชื้อแบคทีเรียบริสุทธิ์มาเพาะเลี้ยงในขวดรูปชมพู่ขนาด 125 มิลลิลิตร บรรจุอาหารเหลว Zobell 2216E ปริมาตร 50 มิลลิลิตร บ่มที่อุณหภูมิ 25°C ในเครื่อง Shaking incubator ที่ 160 รอบต่อนาที จนกระทั่งเชื้อเข้าสู่การเจริญเติบโตแบบ Exponential phase ซึ่งมีค่าความขุ่น (Optical Density) ที่ความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร (OD600) อยู่ในช่วง 0.6–0.8 เทียบเท่ากับความหนาแน่นของเซลล์ประมาณ 1 × 10^9 CFUต่อมิลลิลิตร จากนั้น เติมแบคทีเรียในอาหารเหลวลงในชุดการทดลองที่มีการเพาะเลี้ยง *K. mikimotoi* (ในช่วง Exponential phase) ความหนาแน่นเซลล์สาหร่ายประมาณ 27,000 เซลล์ต่อมิลลิลิตร ให้ได้ความเข้มข้นสุดท้ายเท่ากับ 1% 3% และ 5% สำหรับชุดควบคุมใช้อาหารเหลว 2216E ในปริมาตรที่เท่ากันเพื่อควบคุมอิทธิพลจากอาหารเลี้ยงเชื้อ ดำเนินการทดลองชุดละ 3 ซ้ำ ภายใต้สภาวะควบคุมเดิมในการเพาะเลี้ยง *K. mikimotoi* ทำการติดตามผลโดยการนับจำนวนเซลล์ของสาหร่ายทุก 4 ชั่วโมง เป็นเวลาต่อเนื่องจนครบ 24 ชั่วโมง โดยใช้ Sedgewick-Rafter chamber ภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง และทำการนับจำนวนเซลล์ *K. mikimotoi* ซ้ำ 3 ครั้งต่อชุดการทดลอง

5. การศึกษากลไกการยับยั้งสาหร่าย

การทดสอบกลไกการออกฤทธิ์ของแบคทีเรียในการยับยั้งสาหร่าย ดัดแปลงจากวิธีการของ Ding et al. (2021) โดยนำน้ำเลี้ยงเชื้อแบคทีเรีย (Bacterial culture) ปริมาตร 10 มิลลิลิตร มาปั่นเหวี่ยง ที่ความเร็ว 12,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที เพื่อแยกส่วนใสปราศจากเซลล์ (Supernatant) และเซลล์แบคทีเรีย (bacteria) ออกจากกัน นำส่วนใสที่ได้ไปกรองผ่านแผ่นกรอง (Membrane filter) ขนาดรูพรุน 0.2 ไมโครเมตร เพื่อกำจัดเซลล์แบคทีเรียที่ตกค้างออก จนได้ส่วนใสที่ปราศจากเซลล์ สำหรับตะกอนเซลล์ที่เหลือ นำมาล้างทำความสะอาดด้วยน้ำทะเลปลอดเชื้อจำนวน 3 ครั้ง ก่อนนำไปแขวนลอยใหม่ใน

น้ำทะเลปลอดเชื้อให้ได้ปริมาตร 10 มิลลิลิตรเท่าเดิม เพื่อให้ได้เซลล์แบคทีเรียเปล่า จากนั้นนำตัวอย่างทดสอบทั้ง 3 รูปแบบ ได้แก่ 1) แบคทีเรียในอาหารเลี้ยงเชื้อปกติ (bacterial culture) 2) เซลล์แบคทีเรีย (bacteria) และ 3) ส่วนใสที่ปราศจากเซลล์ (supernatant) ไปทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้ง *K. mikimotoi* ภายใต้สภาวะควบคุมเดิม โดยใส่ที่ความเข้มข้นสุดท้ายเท่ากับ 3% ชุดควบคุม (Control) เป็นอาหารเลี้ยงเชื้อเหลว 2216E ดำเนินการติดตามผลโดยการนับจำนวนเซลล์ของสาหร่ายที่ 24 ชั่วโมง และทำการทดลองซ้ำจำนวน 3 ครั้งต่อชุดการทดลอง คำนวณประสิทธิภาพของการยับยั้งสาหร่ายโดย

$$Algicidal\ activity\ (\%) = \frac{N_0 - N_t}{N_0} \times 100$$

เมื่อ N_0 คือจำนวนเซลล์ของสาหร่ายก่อนการใส่แบคทีเรีย
N_t คือจำนวนเซลล์ของสาหร่ายในชุดการทดลองต่าง ๆ

การวิเคราะห์ทางสถิติ

ข้อมูลทั้งหมดนำเสนอในรูปของค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) การทดลองวางแผนแบบ Factorial in Completely Randomized Design (CRD) เพื่อศึกษาผลของความเข้มข้นแบคทีเรียและระยะเวลาการทดลองต่อการลดลงของจำนวนเซลล์สาหร่าย โดยวิเคราะห์ข้อมูลด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทาง (Two-way ANOVA) ในขณะที่การศึกษากลไกการออกฤทธิ์ วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) และวิเคราะห์ข้อมูลด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One-way ANOVA) จากนั้นเปรียบเทียบความแตกต่างรายคู่ด้วยวิธี *t*-test ร่วมกับการปรับค่าความคลาดเคลื่อนแบบ Bonferroni (Bonferroni correction) การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติทั้งหมดดำเนินการโดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel (Microsoft 365) โดยกำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.05$

ผลการวิจัย

1. การคัดแยกเชื้อแบคทีเรียที่มีประสิทธิภาพเบื้องต้น

จากการคัดแยกแบคทีเรียจากตัวอย่างน้ำทะเลบริเวณหน้าสถานีวิจัยประมงศรีราชา จังหวัดชลบุรี สามารถแยกเชื้อบริสุทธิ์ได้ทั้งหมด 42 ไอโซเลต หลังจากการคัดกรองประสิทธิภาพเบื้องต้นด้วยวิธีประเมินกึ่งปริมาณ (Semi-quantitative assessment) ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ พบว่าที่ความเข้มข้น 5% มีแบคทีเรียจำนวน 6 ไอโซเลต ที่สามารถลดความหนาแน่นของเซลล์สาหร่าย *K. mikimotoi* ได้อย่างชัดเจนภายในเวลา 24-48 ชั่วโมง เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม จากนั้น นำแบคทีเรียทั้ง 6 ไอโซเลตมาประเมินประสิทธิภาพเพิ่มเติมโดยการปรับลดระดับความเข้มข้นของชุดทดสอบลงอยู่ที่ 3% (v/v) พบว่าผลการทดสอบยังคงประสิทธิภาพใกล้เคียงกับที่ 5% และ ที่ 1% พบว่าแต่ละไอโซเลตมีระดับความสามารถในการยับยั้งสาหร่ายที่แตกต่างกัน **(ตารางที่ 1)** ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่า มีแบคทีเรียเพียง 1 ไอโซเลต คือ หมายเลข 36 ที่ยังคงรักษาประสิทธิภาพในการลดจำนวนเซลล์ *K. mikimotoi* ได้อย่างสม่ำเสมอในระดับสูง (มากกว่า 90%) และไม่พบเซลล์เคลื่อนที่ แม้จะอยู่ในระดับความเข้มข้นที่ต่ำลง ด้วยเหตุนี้ ไอโซเลตหมายเลข 36 จึงถูกคัดเลือกเป็นสายพันธุ์ตัวแทนสำหรับการศึกษาระบุชนิดและวิเคราะห์คุณสมบัติในขั้นตอนถัดไป

ตารางที่ 1 การลดจำนวนเซลล์ *K. mikimotoi* เชิงประเมินของแบคทีเรีย 6 ไอโซเลตที่ผ่านการคัดกรองเบื้องต้น ภายใต้ระดับความเข้มข้นที่ 1% (v/v)

รหัสไอโซเลต	ระดับการยับยั้งเซลล์เป้าหมาย
01	ประสิทธิภาพต่ำ (ลดลง < 50%)
02	ประสิทธิภาพต่ำ (ลดลง < 50%)
12	ประสิทธิภาพปานกลาง (ลดลง 50 - 80%)
36	ประสิทธิภาพสูง (ลดลง > 90%) และไม่พบเซลล์เคลื่อนที่
40	ประสิทธิภาพปานกลาง (ลดลง 50 - 80%)
42	ประสิทธิภาพปานกลาง (ลดลง 50 - 80%)

2. การระบุชนิดแบคทีเรีย

ผลการวิเคราะห์ลำดับนิวคลีโอไทด์ของยีน 16S rRNA และการเปรียบเทียบกับฐานข้อมูล Nucleotide BLAST ของ NCBI พบว่าไอโซเลตที่คัดเลือกได้มีความสอดคล้องกับ *Pseudomonas aeruginosa* มากที่สุด โดยมีค่า Query Coverage เท่ากับ 100% ค่า Percent Identity เท่ากับ 100.00% และค่า E-value เท่ากับ 0.0 เมื่อเปรียบเทียบกับลำดับอ้างอิงหมายเลข Accession MW073526.1 จึงจัดจำแนกไอโซเลตดังกล่าวเป็น *P. aeruginosa* (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ลำดับนิวคลีโอไทด์ของยีน 16S rRNA gene โดยใช้โปรแกรม BLAST และการเปรียบเทียบกับฐานข้อมูล NCBI

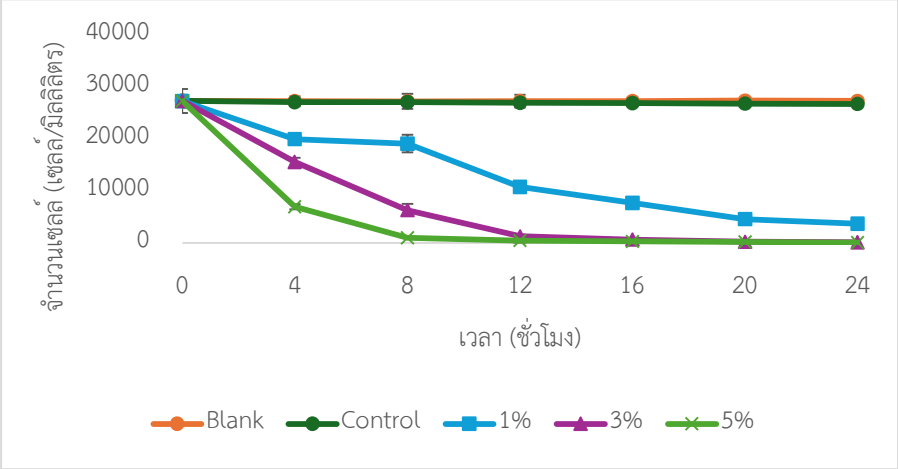
Isolate	Closest match	Query coverage (%)	Identity (%)	E-value	Accession No.
36	*Pseudomonas aeruginosa* strain KDWS03	100	100.00	0.0	MW073526.1

3. การทดสอบประสิทธิภาพของแบคทีเรียในการยับยั้ง *K. mikimotoi*

ผลการทดลองแสดงว่าแบคทีเรีย *P. aeruginosa* มีความสามารถในการยับยั้งการเจริญเติบโตของสาหร่าย *K. mikimotoi* ได้อย่างมีประสิทธิภาพ **(รูปที่ 2)** จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทาง (Two-way ANOVA) พบว่าประสิทธิภาพการยับยั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตามระดับความเข้มข้น ระยะเวลา และพบอิทธิพลร่วม (Interaction) ระหว่างปัจจัยทั้งสอง ($p<0.05$) ในชุดควบคุม (Control) มีความหนาแน่นของเซลล์ *K. mikimotoi* ประมาณ 27,000 เซลล์ต่อมิลลิลิตร ตลอดระยะเวลา 24 ชั่วโมง เมื่อเติมแบคทีเรีย *P. aeruginosa* 1% ความหนาแน่นของเซลล์เริ่มลดลงอย่างต่อเนื่อง ในช่วง 24 ชั่วโมง ความหนาแน่นลดลงเหลือเพียง 3,711±234 เซลล์ต่อมิลลิลิตร (ลดลง 87.3% จากความหนาแน่นเริ่มต้น) ซึ่งลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม ที่ความเข้มข้น 3% ผลการยับยั้งเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพสูงกว่ากลุ่ม 1% อย่างเห็นได้ชัด เซลล์เจริญเติบโตลดลงจากประมาณ 27,000 เซลล์ต่อมิลลิลิตร เหลือเพียง 1,311±284 เซลล์ต่อมิลลิลิตร ภายใน 12 ชั่วโมง (ลดลง 96.3%) และความหนาแน่นยังคงลดต่ำตลอดช่วงเวลาที่เหลือ ที่ความเข้มข้นสูงสุด 5% ผลการยับยั้งเกิดขึ้นรวดเร็วมาก ภายในเวลาเพียง 4 ชั่วโมงแรก ความหนาแน่นของเซลล์ลดลงจาก 27,000

เหลือ 6,944±486 เซลล์ต่อมิลลิลิตร และภายใน 12 ชั่วโมง เหลือ 467±88 เซลล์ต่อมิลลิลิตร (ลดลง 98.14%) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าแบคทีเรียสามารถยับยั้งเซลล์ของ *K. mikimotoi* ได้เกือบทั้งหมดในเวลาเพียง 12 ชั่วโมง

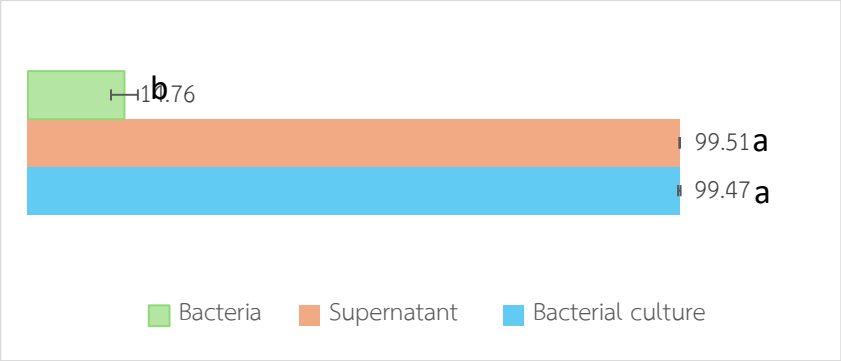
นอกจากนี้ เมื่อทำการทดสอบความแตกต่างรายคู่ (Post-hoc test) ด้วยวิธี *t*-test ร่วมกับการปรับค่าความคลาดเคลื่อนแบบ Bonferroni (Bonferroni correction) พบว่า ประสิทธิภาพการยับยั้งเซลล์ *K. mikimotoi* ระหว่างกลุ่มความเข้มข้น 1% และ 3% และระหว่างกลุ่มความเข้มข้น 1% และ 5% มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) อย่างไรก็ตาม เมื่อเปรียบเทียบรายคู่ระหว่างกลุ่มความเข้มข้น 3% และ 5% ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติหลังการปรับค่าความคลาดเคลื่อนด้วยวิธี Bonferroni ($p > 0.05$) ชี้ให้เห็นว่าการใช้แบคทีเรียที่ระดับความเข้มข้น 3% เป็นระดับที่เพียงพอสำหรับการลดจำนวนเซลล์เซลล์สาหร่ายเป้าหมายได้ในระดับสูง



รูปที่ 2 ประสิทธิภาพในการยับยั้งสาหร่ายของ *P. aeruginosa* ต่อ *K. mikimotoi* ตามระยะเวลาและความเข้มข้นของแบคทีเรีย โดยติดตามการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นเซลล์ของสาหร่ายเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ภายใต้ระดับความเข้มข้นของแบคทีเรียที่แตกต่างกัน (Blank คือ *K. mikimotoi* ในน้ำเลี้ยง และ Control คือ *K. mikimotoi* ที่เติมอาหารเลี้ยงเชื้อ 2216E medium) สัญลักษณ์แสดงค่าเฉลี่ย และแถบค่าความคลาดเคลื่อนแสดงส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD, n = 3)

4. การศึกษากลไกการยับยั้งสาหร่าย

เพื่อระบุว่าส่วนใดของแบคทีเรีย *P. aeruginosa* ที่มีประสิทธิภาพในการยับยั้ง *K. mikimotoi* ได้แบ่งส่วนการทดสอบออกเป็น 3 รูปแบบ ได้แก่ แบคทีเรียและน้ำเลี้ยงเชื้อแบคทีเรีย ส่วนใสที่ปราศจากเซลล์ และ เซลล์แบคทีเรีย ที่ระดับความเข้มข้น 3% เป็นเวลา 24 ชั่วโมง **(รูปที่ 3)** ผลการทดสอบแสดงให้เห็นความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One-way ANOVA, $p < 0.01$) ชุดทดสอบ Supernatant แสดงประสิทธิภาพการยับยั้งสูงสุดที่ 99.51% ซึ่งใกล้เคียงและไม่มีความแตกต่างกับชุด Bacterial culture ที่ให้ประสิทธิภาพ 99.47% ในทางตรงกันข้าม ชุดทดสอบ Bacteria แสดงประสิทธิภาพต่ำที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ โดยสามารถยับยั้งเซลล์ได้เพียง 14.76±2.04%. เท่านั้น



รูปที่ 3 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการยับยั้งสาหร่าย (%) ของ *P. aeruginosa* ในรูปแบบของเซลล์แบคทีเรีย (Bacteria) ส่วนใสที่ปราศจากเซลล์ (Supernatant) และ แบคทีเรียและน้ำเลี้ยงเชื้อแบคทีเรีย (Bacterial culture) ต่อ *K. mikimotoi* ภายหลังการสัมผัสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ที่ความเข้มข้น 3% (v/v) แท่งกราฟแสดงค่าเฉลี่ย และแถบค่าความคลาดเคลื่อนแสดงส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD, n = 3) ตัวอักษรที่แตกต่างกันเหนือแท่งกราฟ (a, b) แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

การอภิปรายผล

P. aeruginosa เป็นแบคทีเรียแกรมลบในชั้น Gammaproteobacteria ซึ่งเป็นกลุ่มที่มีรายงานเกี่ยวข้องกับกิจกรรมการยับยั้งสาหร่าย (algicidal activity) ต่อสาหร่ายทะเลหลายชนิด โดยเฉพาะสาหร่ายในกลุ่มไดโนแฟลกเจลเลต (Coyne et al., 2022) ดังนั้น การที่แบคทีเรียที่มีประสิทธิภาพในการยับยั้ง *K. mikimotoi* ซึ่งคัดแยกได้จากชายฝั่งประเทศไทย จัดอยู่ในชั้น Gammaproteobacteria จึงสอดคล้องกับรายงานการศึกษาก่อนหน้า งานวิจัยครั้งนี้จึงช่วยสนับสนุนและเพิ่มเติมองค์ความรู้เกี่ยวกับความหลากหลายของแบคทีเรีย โดยเฉพาะอย่างยิ่งบทบาทใหม่ของ *P. aeruginosa* ในการยับยั้ง *K. mikimotoi* เพื่อให้สามารถนำไปต่อยอดและประยุกต์ใช้ในการควบคุมการเกิด HABs ในอนาคตได้

ผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างระดับความเข้มข้นของ *P. aeruginosa* และระยะเวลาในการสัมผัส แสดงให้เห็นรูปแบบการออกฤทธิ์ที่แปรผันตามปัจจัยทั้งสองอย่างชัดเจน เมื่อพิจารณาถึงความรวดเร็วในการออกฤทธิ์ การที่ความหนาแน่นของเซลล์สาหร่ายเป้าหมายในชุดทดสอบความเข้มข้น 3% และ 5% ลดลงอย่างฉับพลันและสามารถยับยั้งเซลล์สาหร่ายได้เกือบทั้งหมด ภายในเวลา 8-12 ชั่วโมง บ่งชี้ถึงกลไกการทำลายเซลล์ที่รุนแรงและรวดเร็ว ความรวดเร็วนี้สอดคล้องกับพฤติกรรมการเข้าทำลายเยื่อหุ้มเซลล์ของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ (Bioactive compounds) หรือสารทุติยภูมิที่แบคทีเรียปลดปล่อยออกมา ซึ่งมักก่อให้เกิดภาวะเซลล์แตก (Cell lysis) ในระยะเวลาอันสั้น

กลไกทางอ้อมในการยับยั้งเซลล์สาหร่ายเป้าหมายได้รับการสนับสนุนจากผลการทดสอบแยกส่วนประกอบเซลล์ การที่ส่วนใสปราศจากเซลล์ มีประสิทธิภาพสูงถึง 99.51% ในขณะที่เซลล์แบคทีเรียเปล่า มีประสิทธิภาพเพียง 14.76% บ่งชี้ว่าการสัมผัสเซลล์โดยตรงอาจไม่ใช่กลไกหลัก แต่เป็นผลมาจากสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ (Bioactive compounds) หรือสารทุติยภูมิ (Secondary metabolites) ที่แบคทีเรียปลดปล่อยออกสู่สภาพแวดล้อม ออกสู่สภาพแวดล้อมเพื่อเข้าทำลายเซลล์สาหร่าย ทั้งนี้ *P. aeruginosa* เป็นสายพันธุ์ที่มีความสามารถในการผลิตสารทุติยภูมิหลากหลาย เช่น สารกลุ่ม HAQs (4-hydroxy-2-alkylquinolines) ที่ทำหน้าที่เป็นยาปฏิชีวนะกำจัดแบคทีเรียแกรมบวกและขัดขวางการทำงานของไซโตโครม (Déziel et al.,

2004) ซึ่งมีความเป็นไปได้สูงว่าสารที่แบคทีเรียหลั่งออกมานอกเซลล์เหล่านี้มีบทบาทสำคัญในการรบกวนการดำรงอยู่และส่งผลให้เซลล์สาหร่าย *K. mikimotoi* มีจำนวนลดลงอย่างมีนัยสำคัญ อย่างไรก็ตาม เนื่องจากงานวิจัยในขั้นนี้ยังไม่ได้มีการระบุชนิดของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพอย่างเจาะจงหรือการทดสอบด้วยสารบริสุทธิ์ ผลการทดลองดังกล่าวจึงเป็นหลักฐานที่ช่วยสนับสนุนแนวโน้มของกลไกทางอ้อมเบื้องต้นเท่านั้น ซึ่งการแยกสกัดสารบริสุทธิ์และการวิเคราะห์โครงสร้างทางเคมีของสารออกฤทธิ์ที่จำเพาะยังคงเป็นประเด็นสำคัญที่ต้องมีการศึกษาเชิงลึกต่อไปในอนาคต

จากผลการทดลอง ระดับความเข้มข้นที่ 3% ถือเป็นความเข้มข้นที่เหมาะสมเชิงประสิทธิภาพ เนื่องจากสามารถให้ผลลัพธ์การยับยั้งที่ทัดเทียมกับความเข้มข้น 5% ภายในเวลา 24 ชั่วโมง การลดปริมาณการใช้เชื้อลงจะช่วยลดต้นทุนและบรรเทาความเสี่ยงด้านผลกระทบทางนิเวศวิทยาต่อสิ่งมีชีวิตที่ไม่ใช่เป้าหมาย อย่างไรก็ตาม เพื่อเป็นการยกระดับความปลอดภัยและประสิทธิภาพในการประยุกต์ใช้จริงในธรรมชาติ การศึกษาในอนาคตควรครอบคลุมถึงการทดสอบผลกระทบของสารจากแบคทีเรียต่อสิ่งมีชีวิตชนิดอื่น และที่สำคัญคือการพัฒนาเทคนิคการตรึงเซลล์ (Immobilization) ด้วยตัวกลางกักเก็บที่เหมาะสมเพื่อไม่ให้แบคทีเรียหลุดออกมาที่ระบบนิเวศ ดังเช่นรายงานของ Wang and Coyne (2020) ที่พบว่าโครงสร้างของเม็ดบีดอัลจิเนต (Alginate beads) สามารถกักเก็บเซลล์แบคทีเรียได้อย่างมีประสิทธิภาพ ช่วยยืดอายุการควบคุมสาหร่ายเป้าหมายได้อย่างต่อเนื่องโดยไม่ต้องเติมเชื้อซ้ำ และไม่เป็นอุปสรรคต่อการแพร่กระจายของสารกำจัดสาหร่าย (Algicidal compounds) ออกสู่สภาพแวดล้อม ซึ่งจะเป็นแนวทางที่ยั่งยืนในการจัดการปรากฏการณ์การสะพรั่งของสาหร่ายที่เป็นอันตรายต่อไป

ทั้งนี้ การศึกษาครั้งนี้ยังมีข้อจำกัดเนื่องจากเป็นการทดลองในระดับห้องปฏิบัติการ ซึ่งระบบนิเวศมีความซับซ้อนน้อยกว่าระบบธรรมชาติ นอกจากนี้ งานวิจัยนี้ยังไม่ได้มีการระบุชนิดของสารออกฤทธิ์อย่างจำเพาะเจาะจง และยังไม่ได้ประเมินผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตที่ไม่ใช่เป้าหมาย (Non-target organisms) เช่น สาหร่ายขนาดเล็กในสปีชีส์อื่นๆ ที่อาจเป็นอาหารของสัตว์น้ำ รวมถึงประเด็นด้านความปลอดภัยทางชีวภาพของ *P. aeruginosa* ซึ่งจัดเป็นเชื้อก่อโรคฉวยโอกาส ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมอย่างรอบด้านเพื่อประเมินความปลอดภัยก่อนพิจารณานำไปประยุกต์ใช้ในพื้นที่จริง

บทสรุป

งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นถึงศักยภาพอีกประการของแบคทีเรีย *P. aeruginosa* สายพันธุ์ท้องถิ่นในการยับยั้งสาหร่ายที่เป็นอันตราย *K. mikimotoi* อย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีรูปแบบการออกฤทธิ์ที่แปรผันตามระดับความเข้มข้นและระยะเวลาอย่างมีนัยสำคัญ จากผลการทดสอบความเข้มข้นของแบคทีเรียที่ 3% นั้นสามารถลดความหนาแน่นของเซลล์สาหร่ายเป้าหมายได้ในระดับสูงภายในเวลาเพียง 12 ถึง 24 ชั่วโมง จึงเหมาะสมในการประยุกต์ใช้แบคทีเรีย *P. aeruginosa* เพื่อยับยั้งสาหร่าย *K. mikimotoi* นอกจากนี้ การศึกษายังสามารถพิสูจน์กลไกการออกฤทธิ์คือการยับยั้งเซลล์เป็นรูปแบบทางอ้อม ผ่านการหลั่งสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ หรือสารทุติยภูมิออกสู่น้ำเลี้ยงเชื้อ จากประสิทธิภาพของส่วนใสปราศจากเซลล์ที่สามารถลดความหนาแน่นของเซลล์สาหร่ายเป้าหมายได้ โดยไม่จำเป็นต้องมีเซลล์แบคทีเรีย ผลการศึกษานี้ไม่เพียงแต่เป็นการเติมเต็มช่องว่างทางวิชาการเกี่ยวกับความหลากหลายของแบคทีเรียที่มีฤทธิ์กำจัดสาหร่ายในประเทศไทย แต่ยังเป็นพื้นฐานสำคัญสำหรับการพัฒนาสารชีวภาพเพื่อการจัดการสิ่งแวดล้อม สำหรับแนวทางการนำไปประยุกต์ใช้จริงลำดับถัดไปคือในระบบนิเวศทางทะเลหรือแหล่งเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อประเมินผลกระทบของสารออกฤทธิ์ดังกล่าวต่อสิ่งมีชีวิตอื่นที่ไม่ใช่เป้าหมาย พร้อมทั้งบูรณาการร่วมกับเทคโนโลยีการตรึงเซลล์ เช่น การใช้เม็ดบีดอัลจิเนต เพื่อเป็นตัวกลางในการกักเก็บเชื้อ แนวทางนี้จะช่วยยืดระยะเวลาการควบคุมสาหร่ายเป้าหมายได้อย่างต่อเนื่อง ป้องกันการแพร่กระจายของเซลล์แบคทีเรียมี

ชีวิตที่อาจเป็นเชื้อก่อโรคลงสู่แหล่งน้ำ และเอื้อให้สารกำจัดสาหร่ายแพร่กระจายออกสู่สภาพแวดล้อม ทั้งนี้ยังต้องมีการประเมินผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตอื่นและความปลอดภัยด้านชีววิทยาก่อนการนำไปใช้จริง ซึ่งนับเป็นแนวทางสำคัญในการยกระดับแนวทางการจัดการปรากฏการณ์การสะพรั่งของสาหร่ายที่เป็นอันตรายอย่างยั่งยืนต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เป็นอย่างสูง สำหรับการอนุเคราะห์สายพันธุ์สาหร่าย *K. mikimotoi* ที่ใช้ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ และขอขอบพระคุณห้องปฏิบัติการอณูวิทยา ภาควิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ สำหรับการระบุชนิดของแบคทีเรียที่ใช้ในการศึกษา

เอกสารอ้างอิง

มะลิวัลย์ สุวรรณโณ และลัดดาวัลย์ ครองพงษ์. (2564). การกลับมาของ "*Karenia mikimotoi*". วารสารการประมงอิเล็กทรอนิกส์. 4(1): 178-184.

Anderson D.M. (2009). Approaches to monitoring, control and management of harmful algal blooms (HABs). Ocean & Coastal Management. 52(7): 342-347.

Backer L.C., Manassaram-Baptiste D., LePrell R. and Bolton B. (2015). Cyanobacteria and algae blooms: Review of health and environmental data from the Harmful Algal Bloom-Related Illness Surveillance System (HABISS) 2007-2011. Toxins. 7(4): 1048-1064.

Baohong C., Kang W., Huige G. and Hui L. (2021). *Karenia mikimotoi* blooms in coastal waters of China from 1998 to 2017. Estuarine, Coastal and Shelf Science. 249: 107034.

Berdalet E., Fleming L.E., Gowen R., Davidson K., Hess P., Backer L.C., Moore S.K., Hoagland P. and Enevoldsen H. (2015). Marine harmful algal blooms, human health and wellbeing: challenges and opportunities in the 21st century. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom. 96(1): 61-91.

Coyne K.J., Wang Y. and Johnson G. (2022). Algicidal Bacteria: A Review of Current Knowledge and Applications to Control Harmful Algal Blooms. Frontiers in Microbiology. 13: 871177.

Daugbjerg N., Hansen G. and Larsen J. (2000). Phylogeny of some of the major genera of dinoflagellates based on ultrastructure and partial LSU rDNA sequence data, including the erection of three new genera of unarmored dinoflagellates. Phycologia. 39: 302-317.

Dechsakulwatana C., Fukami K., Khwanruan P. and Wanchai W. (2006). Isolation and killing activities of algicidal bacteria on a diatom *Skeletonema* sp. and a dinoflagellate *Noctiluca scintillans* in Thailand. Coastal Marine Science. 30: 100-103.

Déziel E., Lépine F., Milot S., He J., Mindrinos M.N., Tompkins R.G. and Rahme L.G. (2004). Analysis of *Pseudomonas aeruginosa* 4-hydroxy-2-alkylquinolines (HAQs) reveals a role for 4-hydroxy-2-

heptylquinoline in cell-to-cell communication. Proceedings of the National Academy of Sciences. 101(5): 1339-1344.

Ding N., Du W., Feng Y., Song Y., Wang C., Li C., Zheng N., Gao P. and Wang R. (2021). Algicidal Activity of Novel Indigenous Bacterial Strain, *Paracoccus* Sp., Against Harmful Algal Bloom Species, *Karenia Mikimotoi*. Archives of Microbiology. 203(8): 4821-4828.

Griffith A.W. and Gobler C.J. (2020). Harmful algal blooms: A climate change co-stressor in marine and freshwater ecosystems. Harmful Algae. 91: 101590.

Keawtawee T., Fukami K., Songsangjinda P. and Muangyao P. (2011). Isolation and characterization of *Noctiluca*-killing bacteria from a shrimp aquaculture pond in Thailand. Fisheries Science. 77: 657-664.

Li X., Yan T., Yu R. and Zhou M. (2019). A review of *Karenia mikimotoi*: Bloom events, physiology, toxicity and toxic mechanism. Harmful Algae. 90: 101702.

Silke J., O'Beirn F. and Cronin M. (2005). *Karenia mikimotoi*: an exceptional dinoflagellate bloom in western Irish waters, summer 2005. Marine Environment and Health Series. 21: 1-42.

Wang M., Chen S., Zhou W., Yuan W. and Wang D. (2020). Algal cell lysis by bacteria: A review and comparison to conventional methods. Algal Research. 46: 101794.

Wang X., Gong L., Liang S., Han X., Zhu C. and Li Y. (2005). Algicidal activity of rhamnolipid biosurfactants produced by *Pseudomonas aeruginosa*. Harmful Algae. 4(2): 433-443.

Wang Y. and Coyne K.J. (2020). Immobilization of algicidal bacterium *Shewanella* sp. IRI-160 and its application to control harmful dinoflagellates. Harmful Algae. 94: 101798.

Zhou S., Yin H., Tang S., Peng H., Yin D., Yang Y., Liu Z. and Dang Z. (2016). Physiological responses of *Microcystis aeruginosa* against the algicidal bacterium *Pseudomonas aeruginosa*. Ecotoxicology and Environmental Safety. 127: 214-221.

Characteristics of rubberwood-derived biochar and its potential to enhance the growth of *Hevea brasiliensis* seedlings under greenhouse conditions

Minrada Khaleram[1*], Wanwisa Pansak[1], Witchaya Rongsayamanont[1], Naphatsarnan Phasukarratchai[1], Ryo Harada[2], Prai Sudjit[3] and Benjaphorn Prapagdee[1]

[1]Faculty of Environment and Resource Studies, Mahidol University, Nakhon Pathom, Thailand*
[2]Green Carbon, Inc., Tokyo, Japan
[3]Rubber Authority of Thailand, Bangkok, Thailand
[*]Corresponding Author E-mail Address: minrada.klr@gmail.com

Abstract

Biochar is an effective soil amendment for enhancing plant growth and nutrient retention; however, studies on how rubberwood-derived biochar interacts with chemical fertilizers specifically during the early nursery stage of rubber seedlings remain limited. To address this knowledge gap, this study evaluated the effects of different application rates of rubberwood biochar, combined with chemical fertilizer, on the growth and biomass of rubber seedlings (*Hevea brasiliensis*). Biochar produced via pyrolysis at 600 °C exhibited high organic carbon (75.09%), a well-developed porous structure, and alkaline properties (pH 9.40). A Completely Randomized Design (CRD) with eight treatments was conducted over 140 days under greenhouse conditions. The treatments consisted of unamended soil (T1), soil with 1%, 3%, and 5% (w/w) biochar (T2–T4), soil with chemical fertilizer only (T5), and soil with fertilizer plus 1%, 3%, and 5% biochar (T6–T8). Key growth parameters and biomass were monitored monthly. Key growth parameters and biomass were monitored monthly. The results indicated that biochar alone had limited effects. Conversely, the combined treatments generally improved seedling growth, with the strongest responses observed in T7 and T8 ($p \leq 0.05$). Treatment T7 (3% biochar + fertilizer) yielded the greatest plant height (49.50 cm), stem diameter (2.90 mm), and SPAD index (64.35), whereas T8 (5% biochar + fertilizer) produced the highest shoot dry weight (2.52 g pot^{-1}). This enhancement could be associated with a potential synergistic effect where biochar may improve soil properties and nutrient retention, while fertilizers provide readily available nutrients. Conclusively, applying 3–5% rubberwood biochar with chemical fertilizer effectively promotes early-stage rubber seedling growth, supporting sustainable resource utilization and circular economy concepts.

Keywords: Rubberwood biochar, *Hevea brasiliensis*, Soil amendment, Circular agriculture

Introduction

Rubber (*Hevea brasiliensis*) is a vital economic crop across tropical and subtropical regions, particularly in Southeast Asia, where it serves as a primary source of income for millions of smallholder farmers and contributes substantially to national economies (Warren-Thomas et al., 2015). As the world's leading producer and exporter, Thailand currently manages a cultivated area exceeding 24.4 million rai, with an annual production of over 3.4 million tons (Office of Agricultural Economics, 2023). Rubber yield depends on the number of harvests as well as management. Seedling management is one of the most important factors in ensuring productive crops, as the early stages of rubber development allow plants to build up enough vigor and produce extensive root systems.

To achieve optimal seedling vigor, adequate nutrition is crucial; however, poor nutrition and inappropriate growing media frequently limit the development of rubber seedlings, thereby hindering regional crop productivity (Hettiarachchi et al., 2018). A major challenge in conventional rubber nurseries is that poor-quality growing media often contain inadequate organic matter and exhibit low nutrient-holding capacity. This limitation leads to severe nutrient leaching, which frequently drives farmers to apply excessive amounts of chemical fertilizers to compensate for nutrient losses (Saengwilai et al., 2023). While this over-application may enhance short-term performance, the poor properties of the media ultimately reduce nutrient use efficiency, forcing farmers to apply fertilizers frequently throughout the cultivation period and leading to increased production costs. Therefore, developing improved growing media capable of retaining nutrients and enhancing seedling growth is essential.

To mitigate these nursery media constraints, incorporation of biochar offers a promising solution. Under circular economy practices, rubberwood residues, such as branches and processing waste, can be sustainably utilized for biochar production via pyrolysis. Biochar is a carbon-rich material produced through the pyrolysis of biomass under oxygen-limited conditions. It has gained widespread recognition as a sustainable soil amendment that has been reported to improve soil physicochemical properties and potentially enhance crop performance (Lehmann et al., 2003;; Lehmann and Joseph, 2015; Steiner et al., 2007). An increasing amount of research indicates that biochar may improve the physical, chemical, and biological characteristics of soil. Its high cation exchange capacity (CEC) can contribute to the retention of vital nutrients (N, P, and K), thereby potentially reducing leaching, while its highly porous structure may improve water retention (Lehmann et al., 2011).

Despite these benefits, most current biochar research focuses on broad agricultural applications, leaving a critical knowledge gap regarding the specific integration of rubberwood-derived biochar combined with chemical fertilizers under greenhouse nursery conditions for rubber seedlings. It remains unclear how different application rates of this specific biochar interact with mineral nutrients to influence early-stage seedling morphology and biomass. Therefore, this study aimed to characterize rubberwood-derived biochar and evaluate its effects, alone and in combination with chemical fertilizer, on the growth and biomass accumulation

of rubber seedlings under greenhouse conditions. The findings are expected to offer environmental benefits by utilizing rubberwood waste as a biochar-based soil amendment to promote sustainable rubber seedling production.

Materials and Methods

Plant Materials and Growing Media

1. Rubber seedlings of *Hevea brasiliensis* clone RRIM 600 were used as the experimental plant material. The growing media consisted of soil obtained from the Land Development Department, Thailand, and biochar derived from rubberwood residues produced through pyrolysis.

2. The biochar was produced from chopped rubberwood residues (approximately 5 mm particle size) through pyrolysis at approximately 600 °C in a closed 200-liter drum retort system under strictly oxygen-limited conditions in Ratchaburi Province, Thailand, utilizing an estimated heating rate of 5–10 °C min^{-1} and a residence time of 3 h at the peak temperature. The resulting biochar was then allowed to cool naturally to room temperature within the sealed system before use.

3. Synthetic fertilizers used in this study included N–P–K formulations of 25–8–18 and 25–16–16.

4. The soil used in the experiment exhibited relatively low fertility, as reflected by its low organic carbon content (0.23%) and low total nitrogen content (0.08%). Organic carbon and total nitrogen were determined using the combustion technique with a CHNS/O analyzer (Nelson and Sommers, 1996). The C/N ratio was 3.05, indicating rapid mineralization despite the limited amount of organic matter present in the soil. Exchangeable potassium (69.61 mg kg^{-1}) was analyzed using a 1N NH_4OAc extraction solution at pH 7.0 and quantified using an atomic absorption spectrophotometer (Jackson, 1973). Available phosphorus (26.09 mg kg^{-1}) was also low, suggesting restricted nutrient availability for crops. Available phosphorus was determined using the Bray II method (Olsen and Dean, 1965). The soil texture was classified as clay loam, and the water-holding capacity was 45.95%, which was consistent with its fine-textured characteristics. Soil pH was neutral (7.27) and was measured using a pH meter at a soil:water ratio of 1:1 (Thomas, 1996). Electrical conductivity (439.33 µS cm^{-1}) was measured using a conductivity meter at a soil:water ratio of 1:5 (Rhoades, 1996) and remained within the normal range for agricultural soils.

Experimental Design

This study was conducted as a controlled pot experiment under greenhouse conditions at the Faculty of Environment and Resource Studies, Mahidol University, Nakhon Pathom, Thailand. The experiment was arranged in a Completely Randomized Design (CRD) consisting of eight treatments, with five replicates per treatment, to evaluate the effects of biochar application on the growth characteristics of rubber seedlings. The experiment included eight treatments with five replicates per treatment. The

treatments were as follows: T1) soil without biochar; T2) soil with 1% biochar; T3) soil with 3% biochar; T4) soil with 5% biochar; T5) soil with chemical fertilizer; T6) soil with chemical fertilizer combined with 1% biochar; T7) soil with chemical fertilizer combined with 3% biochar; and T8) soil with chemical fertilizer combined with 5% biochar.

The experiment was conducted over a four-month period from October to January. Before analysis, the soil samples were thoroughly air-dried and passed through a 2 mm sieve. A root trainer was used as the planting container for rubber seedlings. Each container was filled with approximately 800 grams of soil, and three rubber seeds were sown in each Root Trainer. After about one month, the healthiest seedling was selected, leaving only one plant per Root Trainer. Irrigation was applied daily using an initial volume of approximately 200 mL per pot to maintain soil moisture at 40% of the soil water-holding capacity (WHC). To ensure consistency throughout the experimental period, the soil moisture level was monitored daily using a portable soil moisture meter. The precise volume of water added was dynamically adjusted based on the sensor readings to compensate for plant transpiration and maintain the target 40% WHC. Fertilizer was applied monthly using a nutrient solution prepared by dissolving 75 g of N–P–K (25–8–18) and 50 g of N–P–K (25–16–16) in 5 L of water. To ensure an accurate and identical nutrient load across all fertilized groups, each designated pot received exactly 200 mL of this stock solution per monthly application, delivering a consistent fertilizer amount of 5 g per pot. Specifically, each 200 mL application provided a total chemical nutrient load of 1.25 g of Nitrogen (N), 0.56 g of phosphorus, and 0.86 g of potassium per pot. Consequently, all fertilizer-only and biochar–fertilizer treatments received the exact same volume of nutrient solution and mineral input throughout the experimental period

Physicochemical characterization of rubberwood and rubberwood-derived biochar

The surface morphology and elemental composition of rubberwood and rubberwood-derived biochar were examined using Field-Emission Scanning Electron Microscopy (FESEM) coupled with Energy-Dispersive X-ray Spectroscopy (EDX) (Apreo, Thermo Fisher Scientific, USA). Functional groups were analyzed using Fourier Transform Infrared (FTIR) spectroscopy (Nicolet 6700, Thermo Fisher Scientific, USA) within a spectral range of 400–4000 cm^{-1}. Biochar pH and electrical conductivity (EC) were determined using a 1:20 (w/v) biochar-to-deionized water suspension following the method described by Rajkovich et al. (2012). Total carbon and total nitrogen contents were analyzed using the Dumas dry combustion method (Bremner, 1996; Nelson and Sommers, 1996). Total phosphorus was determined using the vanadomolybdate yellow color method (Jackson, 1973). Exchangeable potassium, calcium, and magnesium contents were analyzed following standard soil chemical analysis procedures.

Data Collection

Plant height was measured from the soil surface to the apical bud using a standard laboratory ruler. Stem diameter was recorded at a fixed position of 2 cm above the soil surface using a digital caliper (with an accuracy of ±0.01 mm) to ensure measurement consistency across all replicates. Chlorophyll content was estimated on fully expanded leaves using a SPAD-502 Plus chlorophyll meter (Konica Minolta, Japan). To determine shoot dry weight, the harvested shoot samples were oven-dried at 65 °C for 72 h until a constant weight was achieved, and subsequently weighed using a precision digital balance. All growth and physiological measurements were recorded 140 days after planting.

Statistical analysis

The results were analyzed using SPSS Statistics version 19 (SPSS Inc., an IBM company). The data were analyzed using analysis of variance (ANOVA) to determine treatment effects. Mean comparisons were performed using Duncan's Multiple Range Test (DMRT) at $p \leq 0.05$.

Results and Discussion

Characterization of rubberwood and rubberwood-derived biochar

The results demonstrated a clear transformation from raw rubberwood to biochar, with the biochar exhibiting a more developed porous structure after pyrolysis. This structural change was attributed to the thermal decomposition of cellulose, hemicellulose, and lignin during the pyrolysis process, which increased surface porosity and altered the physical morphology of the material. The FTIR spectra revealed a reduction in oxygen-containing functional groups, including O–H, C–H, and C=O, indicating the decomposition of labile organic compounds and the formation of a more aromatic and stable carbon structure during pyrolysis. Nevertheless, some surface functional groups remained present, suggesting the potential to increase the cation exchange capacity (CEC) of the growing media and enhance its ability to bind and retain applied chemical nutrients. The biochar also exhibited alkaline properties, likely due to the concentration of basic cations such as potassium (K), calcium (Ca), and magnesium (Mg) during pyrolysis, highlighting its potential to exert a liming effect and counteract media acidity. Its relatively high electrical conductivity reflected the presence of soluble mineral salts associated with nutrient availability. In addition, the biochar contained a high carbon content, indicating its potential for long-term carbon sequestration in soil, whereas nitrogen content decreased because of volatilization during pyrolysis. Overall, the structural and chemical characteristics of the rubberwood-derived biochar, including its porous morphology, stable carbon structure, alkaline nature, and retained mineral nutrients, suggest its suitability as a soil amendment for improving soil fertility and nutrient retention (Ahmad et al., 2014).

Morphology and elemental components of rubberwood and rubber-wood biochar through Scanning Electron Microscope (SEM)

The morphological characteristics and chemical composition of rubberwood and its derived biochar were examined using Scanning Electron Microscopy (SEM). The raw rubberwood samples exhibited a fibrous architecture with inherent pore features typical of lignocellulosic biomass. The surface appeared relatively smooth and heterogeneous (Figure 1a,b), indicating that the primary structural components, including cellulose, hemicellulose, and lignin, remained largely intact before thermal treatment (Lehmann and Joseph, 2015; Liu et al., 2021). In contrast, the rubberwood-derived biochar exhibited substantial structural alterations following the pyrolysis process. The biochar surface became more porous and fragmented, reflecting the thermal decomposition of organic constituents and the release of volatile compounds during carbonization (Keiluweit et al., 2010) (Figure 1c,d). These structural transformations are associated with the degradation of lignocellulosic materials, which promotes the development of pore networks at both micropore and mesopore scales (Ahmad et al., 2014). In addition, the pyrolysis process resulted in noticeable changes in the elemental composition and surface morphology of the material. Similar structural modifications at elevated pyrolysis temperatures have been reported by Liu et al. (2021), who observed increased pore formation and greater structural condensation in biochar materials. The observed porous structure and fragmented morphology indicate that pyrolysis substantially altered the physical characteristics of the rubberwood, resulting in the formation of a carbon-rich biochar material with enhanced surface complexity.

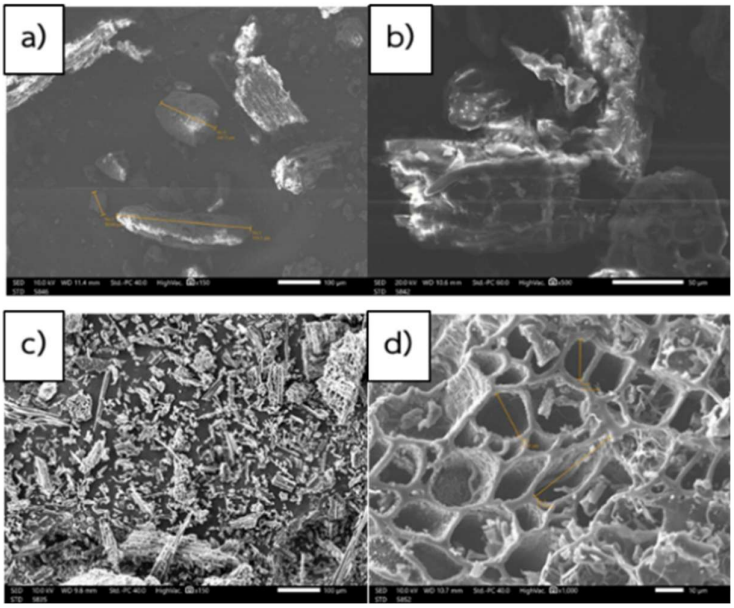
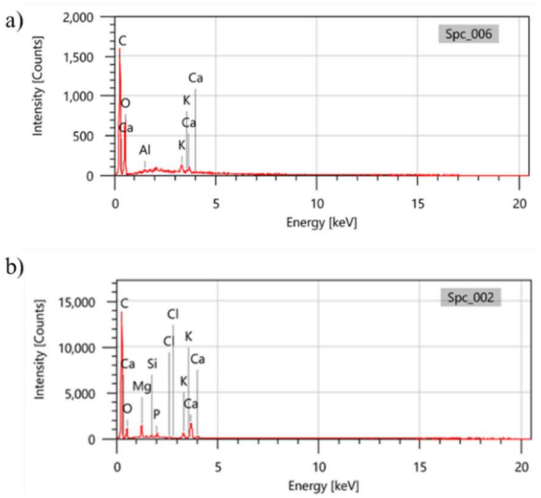


Figure 1 Scanning electron microscopy (SEM) images of (a) raw rubberwood at ×150 magnification, (b) raw rubberwood at ×500 magnification, (c) biochar derived from rubberwood at ×150 magnification, and (d) biochar derived from rubberwood at ×500 magnification.

The Energy Dispersive X-ray (EDX) analysis results are presented as mass percentages of the detected elements in the samples. The raw rubberwood primarily consisted of carbon (C), oxygen (O), potassium (K), and calcium (Ca). Carbon and oxygen were the dominant elements, accounting for 48.76% and 46.89% of the sample mass, respectively (Figure 2a). These elements are characteristic of lignocellulosic biomass and reflect the organic composition of cellulose, hemicellulose, and lignin in untreated rubberwood (Ahmad et al., 2014; Keiluweit et al., 2010). Following pyrolysis, the elemental composition of the rubberwood-derived biochar changed substantially. Carbon became the predominant element, reaching 69.08% by mass, indicating carbon enrichment during thermal conversion and the formation of a carbon-dense material (Xiao et al., 2016; Liu et al., 2021).In contrast, oxygen content decreased to 19.8%, reflecting the thermal degradation of oxygen-containing organic compounds during pyrolysis. Several mineral elements were also detected in the biochar. Calcium and potassium were present at 6.15% and 1.58% by mass, respectively, suggesting that these minerals were relatively stable during the pyrolysis process (Qambrani et al., 2017) (Figure 2b). Calcium is commonly associated with carbonate and oxide minerals in biochar ash fractions, whereas potassium may remain as mineral salts or inorganic residues after thermal conversion (Bilias et al., 2023). In addition, smaller amounts of silicon, magnesium, phosphorus, and chlorine were identified, indicating the retention of various mineral components in the biochar matrix after pyrolysis.

Overall, the EDX analysis demonstrated that pyrolysis substantially altered the elemental composition of rubberwood by increasing carbon concentration while retaining several mineral elements within the biochar structure within the biochar structure.



Display name	Standard data	Quantification method	Result Type
Spc_006	Standardless	ZAF	Metal

Element	Line	Mass%	Atom%
C	K	49.76±0.24	57.90±0.28
O	K	46.69±0.64	40.79±0.56
Al	K	0.34±0.05	0.18±0.02
K	K	2.05±0.09	0.73±0.03
Ca	K	1.15±0.08	0.40±0.03
Total		100.00	100.00
Spc_006			Fitting ratio 0.2202

Display name	Standard data	Quantification method	Result Type
Spc_002	Standardless	ZAF	Metal

Element	Line	Mass%	Atom%
C	K	69.08±0.11	78.86±0.13
O	K	19.08±0.20	16.35±0.17
Mg	K	2.60±0.03	1.47±0.02
Si	K	0.31±0.01	0.15±0.01
P	K	0.90±0.02	0.40±0.01
Cl	K	0.30±0.01	0.12±0.00
K	K	1.58±0.03	0.55±0.01
Ca	K	6.15±0.05	2.10±0.02
Total		100.00	100.00
Spc_002			Fitting ratio 0.2078

Figure 2 EDX analysis of (a) raw rubberwood and (b) biochar derived from rubberwood

Functional groups of rubberwood and rubberwood–derived biochar analyzed by Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)

FTIR analysis was conducted to identify the functional groups present in raw rubberwood and its derived biochar based on their characteristic infrared absorption bands. The FTIR spectrum of raw rubberwood exhibited several absorption peaks associated with lignocellulosic biomass components. Absorption bands observed in the region of 1200–1000 cm^{-1} were attributed to C–O stretching vibrations related to cellulose and hemicellulose structures commonly found in lignocellulosic materials (Chen et al., 2008; Ahmad et al., 2014). In addition, a peak associated with C–N stretching vibrations corresponding to the Amide II region was detected, indicating the presence of nitrogen-containing organic compounds in the untreated biomass (Figure 3a). The FTIR spectrum of the rubberwood-derived biochar showed noticeable changes after pyrolysis, indicating substantial chemical transformation during thermal conversion (Keiluweit et al., 2010). A broad absorption band observed at approximately 3400–3300 cm^{-1} was assigned to N–H and O–H stretching vibrations, suggesting the presence of residual oxygen- and nitrogen-containing functional groups on the biochar surface (Sun et al., 2011; Ahmad et al., 2014). Peaks detected within the 2950–2850 cm^{-1} region corresponded to aliphatic C–H stretching vibrations, although their reduced intensity indicated the partial decomposition of aliphatic structures during pyrolysis (Chen et al., 2008) (Figure 3b). A distinct absorption peak near 1650 cm^{-1} was attributed to C=O stretching vibrations associated with carbonyl-containing structures formed during thermal degradation and condensation reactions (Sun et al., 2011;

Keiluweit et al., 2010). Additional weaker peaks observed within the fingerprint region (1500–800 cm^{-1}) were related to aromatic ring vibrations, C–N stretching, and possible C–O–C linkages (Uchimiya et al., 2011; Chen et al., 2008). These spectral features indicate the formation of more condensed aromatic structures after pyrolysis, which are characteristic of carbonized biomass materials. Overall, the FTIR results demonstrated that pyrolysis altered the chemical structure of rubberwood through the decomposition of labile organic compounds and the development of more stable carbonaceous structures in the resulting biochar.

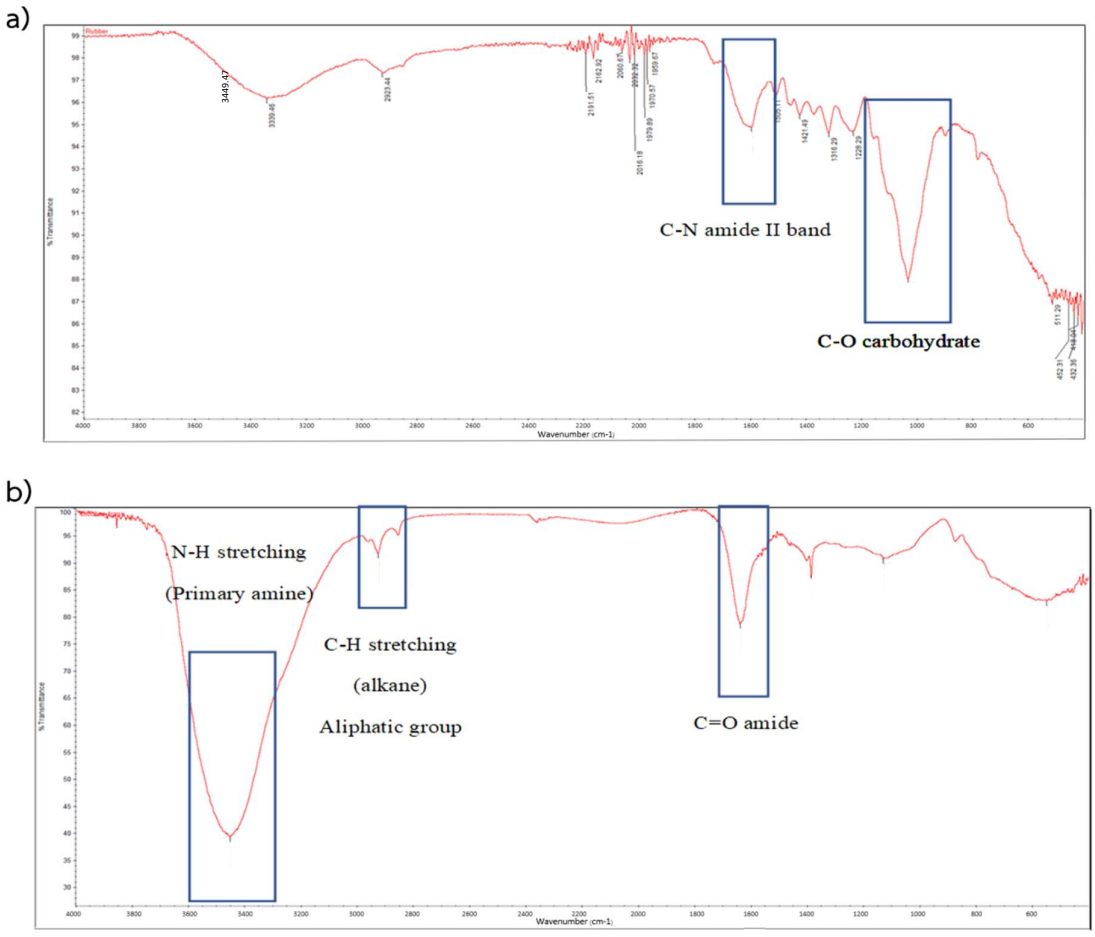


Figure 3 FTIR spectra of (a) raw rubberwood and (b) biochar derived from rubberwood

Chemical properties of rubberwood and rubberwood-derived biochar

The physical and chemical properties of rubberwood and rubberwood-derived biochar are summarized in Table 1. Rubberwood organic carbon content (20.65%) and low nitrogen content (0.24%), which are typical characteristics of lignocellulosic biomass. In contrast, the biochar produced via pyrolysis showed a substantial increase in organic carbon (75.09%) and a markedly elevated C/N ratio (139), indicating the enrichment of stable carbon and the loss of nitrogen in volatile forms during thermal decomposition under

oxygen-limited conditions (Keiluweit et al., 2010; Qambrani et al., 2017). The high C/N ratio suggests that the biochar primarily functions as a stable carbon source rather than a direct nitrogen supplier, potentially limiting short-term nitrogen mineralization. However, this characteristic is advantageous for enhancing soil organic carbon content and promoting long-term carbon sequestration (Lehmann and Joseph, 2015). Although both materials contained appreciable levels of potassium and phosphorus, the biochar exhibited a strong alkaline pH (9.40), reflecting the accumulation of mineral ash components such as oxides and carbonates formed during pyrolysis. This alkalinity enhances the potential of biochar as a soil amendment, particularly for acidic soils, where it can increase soil pH and improve overall chemical balance. In terms of nutrient composition, rubberwood-derived biochar contained high levels of exchangeable potassium (6,317 mg kg^{-1}) and moderate amounts of available phosphorus (1,404 mg kg^{-1}), along with significant concentrations of calcium (4,467 mg kg^{-1}) and magnesium (1,098 mg kg^{-1}), which are essential secondary nutrients for plant growth. The retention of these mineral elements is attributed to the stability of inorganic constituents during pyrolysis, allowing biochar to function as a slow-release nutrient source in soil (Bilias et al., 2023; Qambrani et al., 2017). Despite its high pH, the biochar exhibited a low electrical conductivity (22.33 µS cm^{-1}), indicating a low concentration of soluble salts and minimizing the risk of soil salinity upon agricultural application. This represents an advantage over certain organic amendments, such as manure, which often exhibit higher electrical conductivity. Overall, rubberwood-derived biochar demonstrates favorable characteristics for use as a soil amendment, particularly in acidic or nutrient-deficient soils. Its application can enhance soil pH, increase organic carbon content, improve cation exchange capacity (CEC), and promote long-term nutrient availability. These findings are consistent with previous studies highlighting the effectiveness of biochar in improving soil chemical properties and supporting sustainable agricultural systems (Qambrani et al., 2017).

Table 1: Physical and chemical properties of rubberwood and rubberwood–derived biochar

Chemical properties	Rubberwood	Biochar
Organic carbon (%)	20.65	75.09
Total nitrogen (%)	0.24	0.54
C/N ratio	86	139
Total potassium (mg kg^{-1})	39,602	6,317
Total P (mg kg^{-1})	1,614	1,404
Total calcium (mg kg^{-1})	29,119	4,467
Total magnesium (mg kg^{-1})	1,430	1,098
pH	8.79	9.40
EC (µS cm^{-1})	326.33	22.33

Growth parameters of rubber tree seedlings

The results in Table 2 present the growth parameters of *H. brasiliensis* seedlings, demonstrating that the combined application of biochar and chemical fertilizer as a soil amendment significantly enhanced seedling growth after 140 days. Plant height and shoot dry weight showed statistically significant differences ($p \leq 0.05$), while stem diameter and SPAD index exhibited highly significant differences ($p \leq 0.001$), indicating a strong physiological response of the seedlings to improved soil nutrient availability. Across treatments, the combined application of biochar and chemical fertilizer led to substantial improvements in most growth parameters. In particular, treatments T7 and T8 were among the most effective in promoting plant growth, showing statistically comparable results with other high-performing combined treatments. Treatment T7 resulted in the greatest numerical values for plant height (49.50 cm), stem diameter (2.90 mm), and SPAD index (64.35), whereas T8 produced the highest numerical shoot dry weight (2.52 g pot^{-1}). These findings suggest that the appropriate application rate of biochar in combination with chemical fertilizer may potentially enhance nutrient use efficiency in rubber seedlings, serving as a plausible explanation for the observed growth promotion. This result is consistent with the findings of Dharmakeerthi et al. (2012), who reported that the application of rubberwood biochar alone had limited effects on plant growth, whereas its combination with nitrogen and magnesium fertilizers significantly enhanced biomass production in rubber seedlings. Similar synergistic effects of biochar–fertilizer integration have been widely reported, where biochar alone provides limited short-term nutrient availability, but its combined application with mineral fertilizers is suggested to improve plant growth, possibly by facilitating better nutrient use efficiency (Steiner et al., 2007). Similarly, in the present study, treatments T7 and T8, representing combined applications, exhibited prominent growth performance across the measured parameters, though they shared statistical groupings with certain other combined treatments. In contrast, the control treatment (T1) and the low-rate biochar application (T2) exhibited the lowest values, indicating that biochar alone may not supply sufficient readily available nutrients to meet plant demand, particularly during the early seedling stage. This finding highlights the importance of integrating biochar with external nutrient sources to achieve optimal plant growth, especially during early development (Glaser et al., 2002). Overall, the combined application of biochar and chemical fertilizer, particularly at rates of 3–5%, was identified as a highly effective approach for enhancing the growth of rubber seedlings. This synergistic effect reflects the dual function of biochar in improving long-term soil properties such as nutrient retention and soil structure, while chemical fertilizers supply immediately available nutrients for plant uptake. These findings further support previous studies indicating that biochar fertilizer integration is more effective than the application of either amendment alone. From an economic perspective, localized biochar production is highly cost-effective for smallholder farmers. Because the raw material consists of free on-farm rubberwood residues and local wood waste, procurement costs are negligible. Farmers can produce biochar on-site using low-cost technologies like modified steel-drum kilns without heavy investment. Furthermore, integrating 3 – 5 % biochar suggests

potential for long-term savings by improving fertilizer use efficiency, which could reduce the required amount and frequency of expensive chemical fertilizers. This approach offers an affordable, sustainable pathway to enhance rubber seedling productivity while minimizing agricultural waste.

Table 2. Plant height, stem diameter, SPAD Index, and shoot dry weight at the end of the experiment (140 days after planting)

Treatments	Growth parameters			
	Plant height (cm)	Stem diameter (mm)	SPAD Index	Shoot dry weight (g pot^{-1})
T1	35.00 ± 2.66^{c}	2.43 ± 0.07^{de}	48.34 ± 2.67^{c}	0.87 ± 0.41^{c}
T2	42.75 ± 2.66^{abc}	2.26 ± 0.07^{e}	48.78 ± 2.98^{bc}	0.77 ± 0.41^{c}
T3	45.70 ± 2.38^{ab}	2.65 ± 0.06^{bc}	53.80 ± 2.67^{bc}	1.43 ± 0.36^{abc}
T4	$39.40\pm2.38b^{c}$	2.59 ± 0.06^{bcd}	55.88 ± 2.67^{abc}	1.30 ± 0.36^{bc}
T5	40.50 ± 3.76^{abc}	2.50 ± 0.10^{cde}	56.75 ± 4.22^{abc}	1.38 ± 0.41^{abc}
T6	42.33 ± 3.07^{abc}	2.63 ± 0.08^{bcd}	58.10 ± 3.44^{ab}	1.53 ± 0.32^{abc}
T7	49.50 ± 3.75^{a}	2.90 ± 0.10^{a}	64.35 ± 4.02^{a}	2.42 ± 0.41^{ab}
T8	44.67 ± 3.01^{ab}	2.77 ± 0.08^{ab}	63.57 ± 3.44^{a}	2.52 ± 0.41^{a}
F-test	*	***	***	*

Note: The same letter (a,b,c) within a column does not. Means followed by the same letter within a column are not significantly different according to Duncan's Multiple Range Test (DMRT) at $p>0.05$. *, **, and *** indicate significant differences at $p\leq0.05$, $p\leq0.01$, and $p\leq0.001$, respectively. The treatments were as follows: T1) soil without biochar; T2) soil with 1% biochar; T3) soil with 3% biochar; T4) soil with 5% biochar; T5) soil with chemical fertilizer; T6) soil with chemical fertilizer combined with 1% biochar; T7) soil with chemical fertilizer combined with 3% biochar; and T8) soil with chemical fertilizer combined with 5% biochar. Values are presented as mean ± standard deviation (SD).

Conclusion

This study demonstrates that rubberwood-derived biochar can serve as a promising soil amendment for enhancing the early-stage growth of *Hevea brasiliensis* seedlings. The biochar produced at a pyrolysis temperature of 600 °C exhibited favorable properties, including a high organic carbon content (75.09%), a well-developed porous structure, and strong alkalinity (pH 9.40). These characteristics suggest potential for improving soil physicochemical properties and enhancing nutrient retention capacity. Results from this 140-day greenhouse experiment indicated that the application of biochar alone had a limited effect on plant growth. However, when integrated with chemical fertilizer, certain treatments led to statistically significant improvements in seedling growth performance. Among the combined applications, treatments T7 and T8 yielded the highest numerical values; treatment T7 resulted in the greatest plant height (49.50

cm), stem diameter (2.90 mm), and SPAD index (64.35), while T8 produced the greatest shoot dry weight (2.52 g pot^{-1}), though they shared statistical groupings with certain other combined treatments.

These findings suggest that the combined application of rubberwood-derived biochar at a rate of 3–5% with chemical fertilizer represents a promising strategy under the conditions of this study for promoting the early growth of rubber seedlings. Nevertheless, as these results are based on a short-term greenhouse pot experiment, further long-term evaluations and field validation are required before recommending large-scale practical applications. Furthermore, the utilization of rubberwood residues, such as end-of-life rubber trees and wood waste from the furniture industry, for biochar production effectively aligns with circular economy principles.

Acknowledgements

Grateful acknowledgment is extended to Green Carbon Inc. (Tokyo, Japan) for their financial support and the provision of essential materials and equipment. Appreciation is also extended to the Faculty of Environment and Resource Studies, Mahidol University, for providing the necessary laboratory facilities and research infrastructure.

References

Ahmad, M., Rajapaksha, A. U., Lim, J. E., Zhang, M., Bolan, N., Mohan, D., Vithanage, M., Lee, S. S., and Ok, Y. S. (2014). Biochar as a sorbent for contaminant management in soil and water: A review. Chemosphere. 99:19–33. https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2013.10.071

Bilias, F., Kalderis, D., Richardson, C., Barbayiannis, N., and Gasparatos, D. (2023). Biochar application as a soil potassium management strategy: A review. Science of the Total Environment. 858: 159782. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.159782

Bremner, J.M. (1996). Nitrogen-Total. In: Sparks, D.L. (Ed.), Editor. Methods of Soil Analysis Part 3: Chemical Methods. Soil Science Society of America: Madison. 1085–1122.https://doi.org/10.2136/sssabookser5.3.c37

Chen B., Zhou D., and Zhu L. (2008). Transitional adsorption and partition of nonpolar and polar aromatic contaminants by biochars of pine needles with different pyrolytic temperatures. Environmental Science and Technology. 42(14): 5137–5143. https://doi.org/10.1021/es8002684

Dharmakeerthi, R. S., Chandrasiri, J. A. S., and Edirimanne, V. U. (2012). Effect of rubber wood biochar on nutrition and growth of nursery plants of *Hevea brasiliensis* established in an Ultisol. SpringerPlus. 1: 84. https://doi.org/10.1186/2193-1801-1-84

Glaser B., Lehmann J., and Zech W. (2002). Ameliorating physical and chemical properties of highly weathered soils in the tropics with charcoal: A review. Biology and Fertility of Soils. 35(4): 219–230. https://doi.org/10.1007/s00374-002-0466-4

Hettiarachchi, R. P., Seneviratne, G., Jayakody, A. N., De Silva, E., Gunatilake, P. D. T. C., Edirimanna, V., Thewarapperuma, A., Chandrasiri, J. A. S., Malawaraarachchi, G. C., and Siriwardana, N. S. (2018). Effect of biofilmed biofertilizer on plant growth and nutrient uptake of Hevea brasiliensis nursery plants under field conditions. Journal of the Rubber Research Institute of Sri Lanka. 98:17–32. https://doi.org/10.4038/jrrisl.v98i0.1873

Jackson, M.L. (1973). Soil Chemical Analysis. Prentice Hall of India Pvt. Ltd.: New Delhi.Jeffery, S., Verheijen, F. G. A., van der Velde, M., and Bastos, A. C. (2011). A quantitative review of the effects of biochar application to soils on crop productivity using meta-analysis. Agriculture, Ecosystems & Environment. 144(1):175–187. https://doi.org/10.1016/j.agee.2011.08.015

Keiluweit, M., Nico, P.S., Johnson, M.G., and Kleber, M. (2010). Dynamic molecular structure of plant biomass-derived black carbon (biochar). *Environmental Science and Technology*, 44(4), 1247–1253. https://doi.org/10.1021/es9031419

Lehmann, J., da Silva, J. P., Steiner, C., Nehls, T., Zech, W., and Glaser, B. (2003). Nutrient availability and leaching in an archaeological Anthrosol and a Ferralsol of the Central Amazon basin: Fertilizer, manure, and charcoal amendments. Plant and Soil. 249: 343–357. https://doi.org/10.1023/A:1022833116184

Lehmann, J., Gaunt, J.,and Rondon, M. (2006). Biochar sequestration in terrestrial ecosystems: A review. Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change. 11(2): 395–419. https://doi.org/10.1007/s11027-005-9006-5

Lehmann, J., Rillig, M. C., Thies, J., Masiello, C. A., Hockaday, W. C., and Crowley, D. (2011). Biochar effects on soil biota: A review. Soil Biology and Biochemistry. 43(9): 1812–1836. https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2011.04.022

Lehmann J. and Joseph S. (2015). Biochar for environmental management: Science, technology and implementation. 2nd Edition. Routledge: London.

Liu, L., Cao, Y., Qing, M., and Long, Y. (2021). Structural evolution of rubber-wood char under different pyrolysis conditions. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 770(1): 012019. DOI 10.1088/1755-1315/770/1/012019

Nelson, D.W. and Sommers, L.E. (1996). Total carbon, organic carbon, and organic matter. In Sparks, D.L., Page, A.L., Helmke, P.A., Loeppert, R.H., Soltanpour, P.N., Tabatabai, M.A., Johnston, C.T. and Sumner, M.E., Editors. Methods of Soil Analysis Part 3: Chemical Methods. Soil Science Society of America: Madison. 961–1010.https://doi.org/10.2134/agronmonogr9.2.2ed.c29

Office of Agricultural Economics. (2023). Agricultural Statistics of Thailand 2023. Accessed 20 April 2026. https://oae.go.th/home ,

Olsen, S.R. and Dean, L.A. (1965). Phosphorus. In: Black, C.A. (Ed.), Methods of Soil Analysis. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, No. 9, pp. 920–926. https://doi.org/10.2134/agronmonogr9.2.c22

Qambrani, N.A., Rahman, M.M., Won, S., Shim, S., and Ra, C. (2017). Biochar properties and eco-friendly applications for climate change mitigation, waste management, and wastewater treatment: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 79, 255–273... https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.05.057

Rajkovich, S., Enders, A., Hanley, K., Hyland, C., Zimmerman, A. R., and Lehmann, J. (2012). Corn growth and nitrogen nutrition after additions of biochars with varying properties to a temperate soil. *Biology and Fertility of Soils*, 48(3), 271–284. https://doi.org/10.1007/s00374-011-0624-7

Rhoades, J.D. (1996) Salinity: Electrical Conductivity and Total Dissolved Solids. In: Sparks, R.L., Ed., Methods for Soil Analysis, Part 3: Chemical Methods, Soil Science Society of America, Madison, 417-435. https://doi.org/10.2136/sssabookser5.3.c14

Saengwilai, P. J., Kaewpradit, W., Toomsan, B., and Dell, B. (2023). Responses of rubber tree seedlings (Hevea brasiliensis) to phosphorus-deficient soils. *Soil Science and Plant Nutrition.* 69(2): 188–200 https://doi.org/10.1080/00380768.2022.2164675

Steiner, C., Teixeira, W. G., Lehmann, J., Nehls, T., de Macêdo, J. L. V., Blum, W. E. H., and Zech, W. (2007). Long-term effects of manure, charcoal, and mineral fertilization on crop production and fertility on a highly weathered Central Amazonian upland soil. Plant and Soil,291: 275–290. https:// doi.org/10.1007/s11104-007-9193-9

Sun, K., Ro, K.S., Guo, M., Novak, J.M., Mashayekhi, H., and Xing, B. (2011). Sorption of bisphenol A, 17α-ethinyl estradiol, and phenanthrene on thermally and hydrothermally produced biochars. *Bioresource Technology*, 102(10), 5757–5763.. 10.1016/j.biortech.2011.03.038

Thomas, G.W. (1996) Soil pH and Soil Acidity. In: Sparks, D.L., Page, A.L., Helmke, P.A., Loeppert, R.H., Soltanpour, P.N., Tabatabai, M.A., Johnston, C.T. and Sumner, M.E., Eds., Methods of Soil Analysis: Part 3 Chemical Methods, 5.3, Soil Science Society of America, Inc., American Society of Agronomy, Inc., Madison, WI, 475-490. https://doi.org/10.2136/sssabookser5.3.c16

Uchimiya, M., Wartelle, L.H., Klasson, K.T., Fortier, C.A., and Lima, I.M. (2011). Influence of pyrolysis temperature on biochar property and function as a heavy metal sorbent in soil. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 59(6), 2501–2510. https://doi.org/10.1021/jf104206c

Warren-Thomas, E., Dolman, P. M., and Edwards, D. P. (2015). Increasing demand for natural rubber necessitates a robust sustainability initiative to mitigate impacts on tropical biodiversity. Conservation Letters. 8(4): 230–241. https://doi.org/10.1111/conl.12170

Xiao, X., Chen, Z., and Chen, B. (2016).H/C atomic ratio as a smart linkage between pyrolytic temperatures, aromatic clusters and sorption properties of biochars derived from diverse precursory materials. *Scientific Reports, 6, 22644.*. https://doi.org/10.1038/srep22644.

ผลของถ่านชีวภาพจากไม้ยางพาร่วมกับปุ๋ยยูเรียต่อการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในดินปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

Effects of rubberwood biochar combined with urea fertilizer on soil carbon dioxide emissions in maize-cultivated soil

พิมพ์ระยา จึงไพศาล[1*] วันวิสาข์ ปั้นศักดิ์[1] เบญจภรณ์ ประภักดี[1] ณภัสนันท์ พสุการัชต์ชัย[1] และวิชญา รงค์สยามานนท์[1]

Pimraya Chungphaisal[1*], Wanwisa Pansak[1], Benjaphorn Prapagdee[1], Naphatsarnan Phasukarratchai[1] and Witchaya Rongsayamanont[1]

[1]*คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล นครปฐม ประเทศไทย*

[1]*Faculty of Environment and Resource Studies, Mahidol University, Nakhon Pathom, Thailand*

[*]*Corresponding Author E-mail Address : pimraya.chn@student.mahidol.ac.th*

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใส่ถ่านชีวภาพจากไม้ยางพาร่วมกับปุ๋ยยูเรียต่อการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ในดินปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ โดยใช้วิธีการบ่มดินในห้องปฏิบัติการที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 56 วัน ทำการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely randomized design; CRD) ประกอบด้วย 5 กรรมวิธี กรรมวิธีละ 8 ซ้ำ ได้แก่ T1: ดินอย่างเดียว (กรรมวิธีควบคุม) T2: ดินร่วมกับปุ๋ยยูเรีย T3: ดินร่วมกับถ่านชีวภาพจากไม้ยางพารา T4: ดินร่วมกับถ่านชีวภาพจากไม้ยางพาราและปุ๋ยยูเรีย และ T5: ดินที่ผ่านการฆ่าเชื้อร่วมกับปุ๋ยยูเรีย ผลการศึกษาพบว่า กรรมวิธี T2 มีการปลดปล่อยก๊าซ CO_2 สะสมสูงสุดเท่ากับ 124.02 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (เพิ่มขึ้นร้อยละ 21.18 เมื่อเทียบกับกรรมวิธีควบคุม) รองลงมาคือ T3 (117.93 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ขณะที่การใส่ถ่านชีวภาพร่วมกับปุ๋ยยูเรีย (T4) มีการปลดปล่อยก๊าซ CO_2 สะสมเพียง 106.97 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งเพิ่มขึ้นเพียงร้อยละ 4.52 เมื่อเทียบกับกรรมวิธีควบคุม (T1; 102.34 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) และลดลงร้อยละ 13.75 เมื่อเทียบกับการใส่ปุ๋ยยูเรียเดี่ยว (T2) สำหรับ T5 มีค่าเท่ากับ 105.33 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เมื่อพิจารณาสมดุลคาร์บอน (Carbon balance) สุทธิในระบบ พบว่า กรรมวิธี T4 มีประสิทธิภาพในการกักเก็บคาร์บอนสุทธิสูงสุด โดยแสดงค่าสมดุลคาร์บอนติดลบ (-0.10 กรัม) ในขณะที่ T3 และ T2 ส่งผลให้เกิดการสูญเสียคาร์บอนออกจากระบบมากที่สุด โดยมีค่าสมดุลคาร์บอนเป็นบวกเท่ากับ 1.93 และ 1.89 กรัม ตามลำดับ ผลการศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่า การใส่ถ่านชีวภาพจากไม้ยางพาร่วมกับปุ๋ยยูเรียเป็นแนวทางที่เหมาะสมในการเพิ่มศักยภาพการกักเก็บคาร์บอนในดิน และบรรเทาการปลดปล่อยก๊าซ CO_2 ในภาคเกษตรกรรมได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: ถ่านชีวภาพ ไม้ยางพารา การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

Abstract

This research aimed to investigate the effects of rubberwood biochar combined with urea fertilizer on carbon dioxide (CO_2) emissions in maize-cultivated soil. A laboratory soil incubation experiment was conducted at room temperature for 56 days. The experiment followed a completely randomized design (CRD) with 5 treatments and 8 replications: T1: soil only (control), T2: soil with urea fertilizer, T3: soil with rubberwood biochar, T4: soil with rubberwood biochar and urea fertilizer, and T5: sterilized soil with urea fertilizer. The results showed that T2 exhibited the highest cumulative CO_2 emissions at 124.02 mg/kg (an increase of 21.18% compared to the control), followed by T3 (117.93 mg/kg). In contrast, the combination of biochar and urea (T4) resulted in cumulative CO_2 emissions of only 106.97 mg/kg. This represented a mere 4.52% increase compared to the control (T1; 102.34 mg/kg) and a 13.75% reduction compared to the application of urea alone (T2). For T5, cumulative CO_2 emissions were 105.33 mg/kg. Regarding the net carbon balance of the system, T4 demonstrated the highest net carbon sequestration efficiency, with a negative carbon balance value of -0.10 g. Conversely, T3 and T2 led to the greatest carbon loss from the soil system, yielding positive carbon balance values of 1.93 g and 1.89 g, respectively. These findings suggest that applying rubberwood biochar in combination with urea fertilizer is an effective approach to enhance soil carbon sequestration potential and mitigate CO_2 emissions in agriculture efficiently.

Keywords: Biochar, Rubberwood, Carbon dioxide emissions

บทนำ

ปัจจุบันประเทศไทยมีการปลูกพืชเชิงเดี่ยวอย่างแพร่หลาย โดยเฉพาะพืชไร่ เช่น ข้าว อ้อย และข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่มีสัดส่วนในการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปริมาณมาก (Chataut et al., 2023) โดยข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นหนึ่งในพืชเศรษฐกิจหลักที่มีแนวโน้มในการขยายพื้นที่การเพาะปลูกเพิ่มขึ้นทุกปี จากข้อมูลของสำนักงานนโยบายและยุทธศาสตร์การค้า กระทรวงพาณิชย์ (2568) รายงานว่า ในปี พ.ศ. 2550 มีพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ประมาณ 6.3 ล้านไร่ และในช่วงปี พ.ศ. 2553-2555 พื้นที่เพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ภายหลังจากนั้นพื้นที่เพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มีความผันผวน โดยอยู่ในช่วงระหว่าง 6-7 ล้านไร่อย่างต่อเนื่องจนถึงปัจจุบัน ทั้งนี้ การปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในฤดูแล้ง พบว่ามีการปลดปล่อยคาร์บอน โดยมีค่าเฉลี่ย 77.38 ± 20.03 กิโลกรัมสมมูลคาร์บอนต่อไร่ต่อฤดูกาล (kg C-eq/rai/season) และจากการใช้ปุ๋ยเคมีมีการปลดปล่อยคาร์บอนมากถึง 51.04±13.81 กิโลกรัมสมมูลคาร์บอนต่อไร่ (สาวิตรี และคณะ, 2564) นอกจากนี้การเพาะปลูกพืชเชิงเดี่ยวอย่างต่อเนื่องยังส่งผลให้ดินเสื่อมโทรม ลดความอุดมสมบูรณ์ของดิน ลดความสามารถในการกักเก็บคาร์บอน และส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศในระยะยาว รวมทั้งเพิ่มการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากดิน และทำให้มีสารเคมีตกค้างในดิน (Lal, 2020; Wijitkosum et al., 2025) แม้ว่าภาคการเกษตรจะมีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกหลายชนิด เช่น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ก๊าซมีเทน (CH_4) และก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N_2O) แต่การศึกษานี้มุ่งเน้นไปที่ก๊าซ CO_2 เป็นสำคัญ เนื่องจากเป็นก๊าซหลักที่สะท้อนถึงกิจกรรมการเปลี่ยนแปลงอินทรีย์คาร์บอน การย่อยสลายอินทรียวัตถุ

ในดิน ซึ่งได้รับผลกระทบโดยตรงจากกิจกรรมการจัดการดินและการใส่สารปรับปรุงดิน อีกทั้งยังเป็นตัวบ่งชี้ที่สามารถแสดงศักยภาพการกักเก็บคาร์บอนสุทธิและการสูญเสียคาร์บอนของดินได้อย่างชัดเจนที่สุด (Utomo, 2012) เพื่อลดผลกระทบที่กล่าวมาข้างต้น การประยุกต์ใช้ถ่านชีวภาพ (Biochar) จึงเป็นแนวทางที่ได้รับความสนใจในฐานะวัสดุปรับปรุงบำรุงดินที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม โดยพบว่าถ่านชีวภาพสามารถปรับปรุงสมบัติทางกายภาพ เคมี และชีวภาพของดินได้อย่างมีนัยสำคัญ ทำให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์เพิ่มขึ้น และเนื่องจากมีโครงสร้างรูพรุนที่สามารถเป็นที่อยู่อาศัยให้กับจุลินทรีย์ ทำให้มีศักยภาพในการส่งเสริมชุมชนจุลินทรีย์ในดิน ส่งเสริมการเจริญเติบโตและความหลากหลาย ทำให้มีการหมุนเวียนธาตุอาหารที่ดีขึ้น (Bai et al., 2025; Wijitkosum et al., 2025) รวมทั้งยังช่วยลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยถ่านชีวภาพผลิตจากกระบวนการไพโรไลซิสของชีวมวลที่อุณหภูมิสูง ภายใต้สภาวะที่มีออกซิเจนต่ำหรือไม่มีออกซิเจน ถือเป็นวัสดุที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบสูงที่มีศักยภาพในการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกและเพิ่มการกักเก็บคาร์บอนในดินเกษตรกรรม (สุรินทร์, 2564; Jeffery et al., 2017) ซึ่งหนึ่งในวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรที่มีศักยภาพสูงในประเทศไทยคือ เศษไม้ยางพารา เนื่องจากประเทศไทยเป็นผู้ผลิตยางพารารายใหญ่ของโลก ทำให้มีปริมาณกิ่งก้านและเศษไม้จากการตัดโค่นต้นยางที่หมดอายุการให้ผลผลิตเป็นจำนวนมาก (Kasawapat et al., 2024) การนำไม้ยางพารามาผลิตเป็นถ่านชีวภาพไม่เพียงแต่เป็นการจัดการวัสดุเหลือทิ้งตามหลักเศรษฐกิจหมุนเวียน (Circular Economy) แต่ถ่านชีวภาพจากไม้ยางพารายังมีคุณสมบัติเด่นในด้านการมีรูพรุนสูงและความเสถียรของคาร์บอน ซึ่งเหมาะสำหรับการนำมาใช้ปรับปรุงดินเพื่อการกักเก็บคาร์บอนในระยะยาว (Ghani et al., 2013; Ali et al., 2022) โดยผลของการใช้ถ่านชีวภาพร่วมกับปุ๋ยไนโตรเจนต่อการเปลี่ยนแปลงการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในดินปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ยังต้องการการศึกษาที่ชัดเจน เนื่องจากการประยุกต์ใช้ถ่านชีวภาพเพียงอย่างเดียวในดินอาจส่งผลให้จุลินทรีย์ถูกจำกัดด้วยปริมาณไนโตรเจนที่มีอยู่ไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโต ในทางตรงกันข้ามการเติมปุ๋ยยูเรียร่วมด้วยจะช่วยเพิ่มความพร้อมของไนโตรเจน ซึ่งอาจปรับเปลี่ยนรูปแบบการตอบสนองของจุลินทรีย์ กิจกรรมทางชีวภาพ และกระบวนการหมุนเวียนคาร์บอนในดินให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น (Zhou et al., 2025)

ดังนั้นในการวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใส่ถ่านชีวภาพจากไม้ยางพาร่วมกับการใช้ปุ๋ยยูเรีย ต่อการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในดินปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ซึ่งผลจากงานวิจัยนี้สามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการจัดการดินและลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกสำหรับเป็นแนวทางในการจัดการดินเพื่อการเกษตรอย่างยั่งยืนต่อไป

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

1. วัสดุและสารเคมี

1.1 ถ่านชีวภาพจากไม้ยางพารา จากจังหวัดราชบุรี โดยใช้ไม้ยางพาราส่วนปีกไม้ที่ผ่านการสับให้มีขนาดประมาณ 5 มิลลิเมตร ผ่านกระบวนการไพโรไลซิสที่อุณหภูมิเฉลี่ย 600 องศาเซลเซียส ในถังขนาด 50 ลิตร ซึ่งให้ค่าผลผลิตถ่านชีวภาพร้อยละ 31.62 (ไม่รวมน้ำหนักของเชื้อเพลิงที่ใช้ในการจุดติดไฟ)

1.2 ดิน เป็นชุดดินลพบุรี (Lop Buri Series; Lb) กลุ่มชุดดินที่ 28 จากแปลงเกษตรกรที่มีการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ต่อเนื่อง จากตำบลพุกร่าง อำเภอพระพุทธบาท จังหวัดสระบุรี ลักษณะดินมีการเกิดจากตะกอนน้ำพาที่มีแร่ดินเหนียวส่วนใหญ่เป็นพวกมอนต์มอริลโลไนต์ทับถมอยู่บนชั้นปูนมาร์ล หรือตะพักเขาหินปูน สภาพพื้นที่ราบเรียบถึงค่อนข้างราบเรียบ มีความลาดชัน 1-5 % การระบายน้ำค่อนข้างดี มีการไหลบ่าของน้ำบนผิวดินระดับช้าถึงปานกลาง การซึมผ่านได้ของน้ำช้า (กรมพัฒนาที่ดิน, 2548)

1.3 ปุ๋ยยูเรีย (46-0-0) เป็นปุ๋ยสารอินทรีย์สังเคราะห์ที่มีไนโตรเจนเป็นส่วนประกอบในอัตราส่วนร้อยละ 46 โดยน้ำหนัก

2. การดำเนินการทดลอง

2.1 การเตรียมตัวอย่างดิน

ทำการเตรียมดิน โดยนำดินที่เก็บจากแปลงที่มีการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ต่อเนื่องที่ระดับความลึก 0-10 เซนติเมตร มาผึ่งแห้งและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร จากนั้นจะทำการบ่มตัวอย่าง โดยทำการบ่มดินล่วงหน้า (Pre-incubated) ที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 7 วัน ระดับความชื้น 40%WHC เพื่อกระตุ้นจุลินทรีย์ให้เกิดกิจกรรมในดิน

2.2 การออกแบบการทดลอง

การทดลองจะทำการวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) ในการทดลองจะประกอบด้วย 5 กรรมวิธี กรรมวิธีละ 8 ซ้ำ แบ่งเป็นขวดที่ 1-4 เพื่อศึกษาการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และขวดที่ 5-8 เพื่อเก็บตัวอย่างดินสำหรับวิเคราะห์สมบัติของดิน โดยแต่ละกรรมวิธีมีองค์ประกอบ ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 (T1): ดินอย่างเดียว (200 กรัม) (กรรมวิธีควบคุม)

กรรมวิธีที่ 2 (T2): ดิน (200 กรัม) + ปุ๋ยยูเรีย (0.04 กรัม)

กรรมวิธีที่ 3 (T3): ดิน (200 กรัม) + ถ่านชีวภาพจากไม้ยางพารา (4 กรัม)

กรรมวิธีที่ 4 (T4): ดิน (200 กรัม) + ถ่านชีวภาพจากไม้ยางพารา (4 กรัม) + ปุ๋ยยูเรีย (0.04 กรัม)

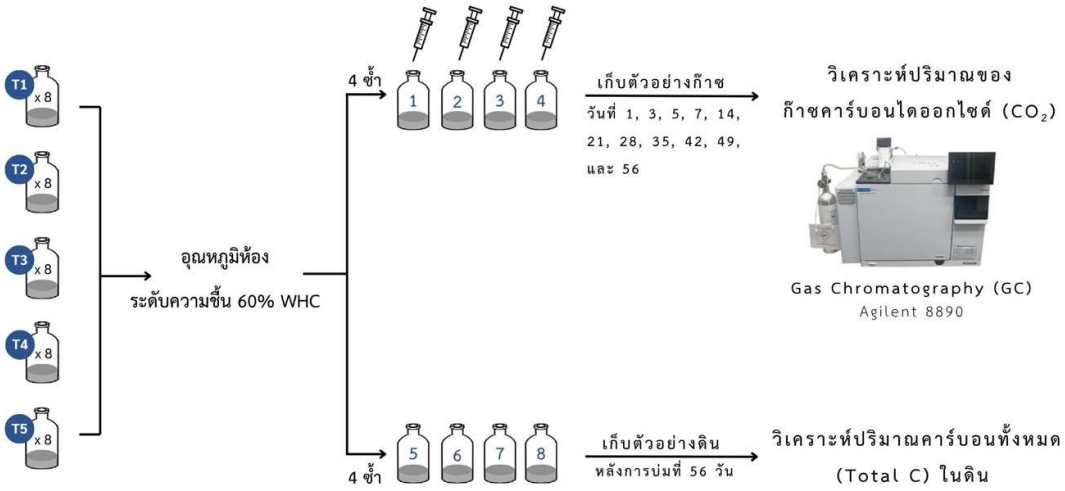
กรรมวิธีที่ 5 (T5): ดินที่ผ่านการฆ่าเชื้อ โดย Autoclave 121°C 15 psi 15 นาที (200 กรัม) + ปุ๋ยยูเรีย (0.04 กรัม)

หมายเหตุ: อัตราการใส่ถ่านชีวภาพอัตรา 2% w/w (Yang et al., 2022)

อัตราการใส่ปุ๋ยยูเรียอ้างอิงจากเอกสารคำแนะนำเทคโนโลยีการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน, 2563)

2.3 การบ่มดินและการเก็บตัวอย่าง

ดินที่ผ่านจากการบ่มล่วงหน้า นำมาใส่ถ่านชีวภาพและปุ๋ยยูเรียตามแต่ละกรรมวิธี โดยตัวอย่างดินข้างต้นจะทำการบ่มในขวดแก้ว (Duran) ขนาด 500 มิลลิลิตร ปิดด้วยจุกยาง ที่อุณหภูมิห้องทำการบ่มดินในห้องปฏิบัติการระยะสั้นเป็นระยะเวลา 56 วัน ระดับความชื้น 60%WHC ระหว่างการบ่มดินจะทำการเก็บตัวอย่างก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จากขวดบริเวณ Headspace โดยจะใช้กระบอกฉีดยาเก็บก๊าซปริมาณ 10 มิลลิลิตร จากนั้นฉีดก๊าซผ่าน Septum เข้าสู่ขวด Vial ขนาด 10 มิลลิลิตรที่อยู่ในสภาวะสุญญากาศ โดยเก็บตัวอย่างก๊าซหลังทำการบ่มเป็นเวลา 1, 3, 5, 7, 14, 21, 28, 35, 42, 49 และ 56 วัน ตามลำดับ เพื่อนำไปวิเคราะห์ปริมาณของก๊าซ CO_2 ด้วยเครื่อง Gas Chromatography (GC) รุ่น Agilent 8890 (Yang et al., 2022; Almeida et al., 2019) และทำการเก็บตัวอย่างดินหลังบ่มในวันที่ 56 เพื่อทำการวิเคราะห์ปริมาณคาร์บอนในดิน (รูปที่ 1)



รูปที่ 1 แผนผังการบ่มดินและการเก็บตัวอย่าง

2.4 การวิเคราะห์สมบัติทางเคมีและกายภาพของถ่านชีวภาพจากไม้ยางพารา และดินปลูกข้าวโพด

นำตัวอย่างถ่านชีวภาพจากไม้ยางพารา และตัวอย่างดินปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มาผึ่งให้แห้งในที่ร่มและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร เพื่อวิเคราะห์สมบัติทางเคมีและกายภาพ ดังนี้ ค่าการนำฟ้า (EC) วิเคราะห์ด้วยเครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้า (EC meter) โดยใช้อัตราส่วนดินต่อน้ำกลั่นที่ 1:5 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) วิเคราะห์ด้วยเครื่องวัดค่า pH (pH meter) ที่อัตราส่วนดินต่อน้ำ 1:1 (Smith and Doran., 1996) การวิเคราะห์ปริมาณคาร์บอนทั้งหมด (Total C) และปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (Total N) ในตัวอย่างดินด้วยวิธีเผาไหม้แบบแห้ง (Dry combustion method) (ทัศนีย์และจงรักษ์, 2542) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available P) สกัดโดยวิธี Blay II และปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (Available K) โดยใช้น้ำยาสกัด 1N NH_4OAc (ทัศนีย์และจงรักษ์, 2542) ในขณะที่สมบัติทางกายภาพของดิน ทำการวิเคราะห์เนื้อดิน (Soil texture) ใช้เครื่องมือไฮโดรมิเตอร์ (Hydrometer technique) (Gee and Or, 2002) และค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน (Water holding capacity; WHC) ใช้วิธีการซึมผ่านน้ำ (Percolation method) (Nelson et al., 2024)

2.5 การประเมินสมดุลคาร์บอน (Carbon Balance Assessment) เพื่อประเมินผลกระทบสุทธิของการใส่ถ่านชีวภาพร่วมกับปุ๋ยยูเรียต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์บอนในดิน การศึกษานี้ได้ทำการคำนวณสมดุลคาร์บอนสุทธิ (Net Carbon Balance; $C_{balance}$) ในแต่ละกรรมวิธีหลังสิ้นสุดระยะเวลาการบ่มดิน โดยพิจารณาจากผลต่างระหว่างปริมาณคาร์บอนทั้งหมดที่สูญเสียออกจากระบบในรูปของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สะสม กับปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินที่เปลี่ยนแปลงไป ตามสมการของ Rahman (2013) ดังนี้

$$C_{balance} = \text{input} - \text{output}$$

โดยที่:

$C_{balance}$ คือ สมดุลคาร์บอนสุทธิของระบบ (กรัมคาร์บอน)

Input คือ คาร์บอนดั้งเดิมที่มีอยู่ในดินร่วมกับคาร์บอนที่เติมเพิ่มจากถ่านชีวภาพจากไม้ยางพาราและปุ๋ยยูเรีย

Output คือ การปลดปล่อยคาร์บอนออกสู่บรรยากาศและคาร์บอนคงเหลืออยู่ในดิน

หลักเกณฑ์ในการแปลผลข้อมูล:

- ค่าสมดุลคาร์บอนที่เป็นลบ ($C_{balance}$<0) แสดงว่าระบบดินมีศักยภาพในการกักเก็บคาร์บอนสุทธิ (Net Carbon Sequestration) หรือมีการสะสมคาร์บอนเพิ่มขึ้นในดิน เนื่องจากปริมาณคาร์บอนในดินที่เพิ่มขึ้น มีค่ามากกว่าปริมาณคาร์บอนที่สูญเสียไปในรูปของก๊าซ
- ค่าสมดุลคาร์บอนที่เป็นบวก ($C_{balance}$>0) แสดงว่าระบบดินเกิดการสูญเสียคาร์บอนสุทธิ (Net Carbon Loss) ออกสู่บรรยากาศ เนื่องจากกระบวนการย่อยสลายของจุลินทรีย์และการปลดปล่อยก๊าซ CO_2 สูงขึ้นจนเกินกว่าความสามารถในการกักเก็บคาร์บอนที่ใส่ลงไปในดิน ซึ่งสะท้อนถึงการเกิดปรากฏการณ์ความเร่งในการย่อยสลายอินทรียวัตถุเดิมในดิน

2.6 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One way analysis of variance; ANOVA) ของข้อมูลปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์รายวัน การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สะสม และสมดุลคาร์บอน ทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของแต่ละกรรมวิธีด้วยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ด้วยโปรแกรม IBM SPSS Statistics เวอร์ชั่น 31.0.1.0

ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

สมบัติทางเคมีและกายภาพของถ่านชีวภาพจากไม้ยางพารา และดินที่ใช้ในการทดลอง

ถ่านชีวภาพมีความเป็นด่างสูง (pH 9.40) ในขณะที่มีค่าการนำไฟฟ้าอยู่ในระดับต่ำ (22.33 ไมโครซีเมนส์ต่อเซนติเมตร) ซึ่งแสดงถึงความเข้มข้นของเกลือที่ละลายน้ำได้ในระดับต่ำ โดยผลดังกล่าวสอดคล้องกับงานวิจัยของ Wijitkosum et al. (2025) ที่รายงานว่าถ่านชีวภาพจากลำต้นของมันสำปะหลังมีความเป็นด่างสูง (pH 9.60) ซึ่งมีแนวโน้มเดียวกันว่าถ่านชีวภาพจากชีวมวลพืชมีสมบัติเป็นด่าง นอกจากนี้ถ่านชีวภาพจากไม้ยางพารายังมีความเสถียรของคาร์บอนสูง โดยมีปริมาณคาร์บอนทั้งหมดสูงมาก (75.09%) มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในระดับต่ำ (0.54%) ส่งผลให้มีอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) 139 ซึ่งเป็นค่าที่สูงมาก แสดงความคงทนต่อการย่อยสลายของโครงสร้างลิกโนเซลลูโลสที่ถูกคาร์บอไนซ์และศักยภาพในการกักเก็บคาร์บอนในดินในระยะยาว เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยของ Almeida et al. (2019) พบว่าแนวโน้มดังกล่าวสอดคล้องกับถ่านชีวภาพจากเศษไม้สน และถ่านชีวภาพจากไม้ไผ่ซึ่งเป็นวัสดุในกลุ่มลิกโนเซลลูโลสเช่นเดียวกัน โดยมีปริมาณคาร์บอนคงเหลือสูงและไนโตรเจนต่ำหลังผ่านกระบวนการไพโรไลซิส ส่งผลให้มีค่า C/N ratio สูงและแสดงถึงความเสถียรของคาร์บอนในลักษณะเดียวกัน ในขณะเดียวกันถ่านชีวภาพจากไม้ยางพารายังมีปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 6,317 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 1,404 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งสะท้อนศักยภาพในการเพิ่มธาตุอาหารและช่วยปรับปรุงความอุดมสมบูรณ์ของดิน (ตารางที่ 1)

ดินจากแปลงที่มีการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ต่อเนื่อง จากตำบลพุกร่าง อำเภอพระพุทธบาท จังหวัดสระบุรี มีลักษณะเป็นดินร่วนปนทราย (Sandy loam) ซึ่งจัดเป็นกลุ่มดินเนื้อหยาบ มี pH 7.71 โดยอยู่ในช่วงเป็นกลางถึงด่างอ่อน ซึ่งยังเหมาะสมต่อการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์และการใช้ประโยชน์ของธาตุอาหารส่วนใหญ่ มีความสามารถในการแลกประจุบวก (Cation Exchange Capacity; CEC) 28.92 มิลลิอิควิวาเลนต์ต่อดิน 100 กรัม ซึ่งอยู่ในระดับสูงมาก หมายถึงดินมีความสามารถในการยึดจับธาตุอาหารสูง และมีค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน 80% จัดอยู่ในระดับสูง แสดงว่าดินสามารถกักเก็บน้ำได้ดี นอกจากนี้ยังมีปริมาณคาร์บอนทั้งหมด 6.16% ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะเฉพาะของชุดดินลพบุรี ซึ่งจัดอยู่ในกลุ่มดิน Vertisols

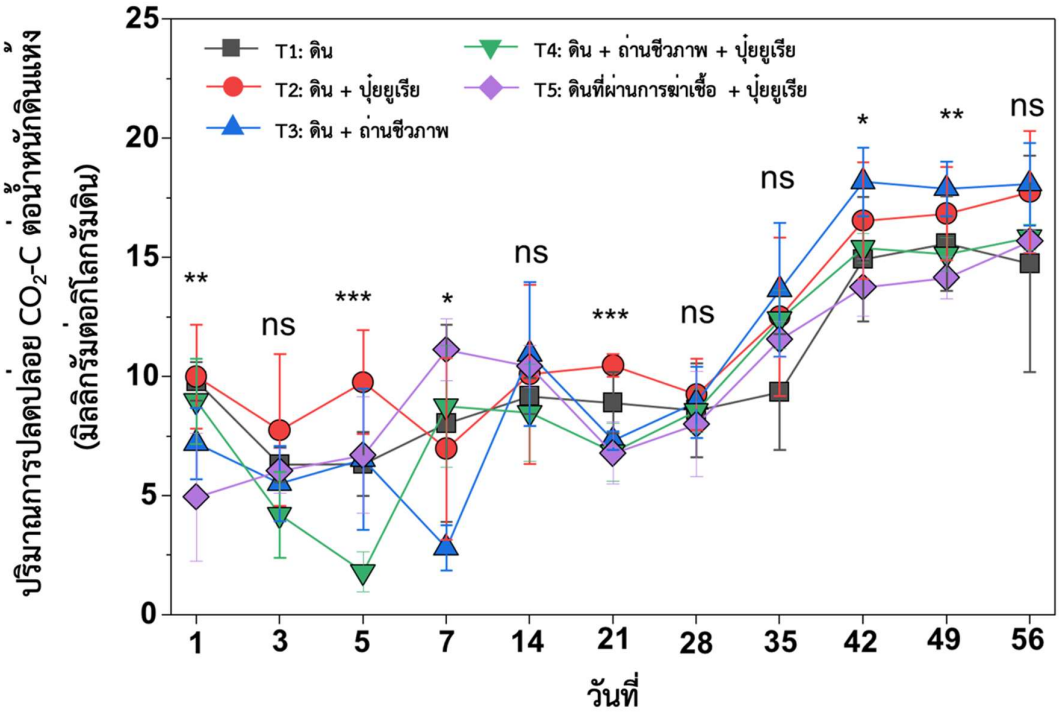
ที่มีวัตถุต้นกำเนิดดินมาจากชั้นปูนมาร์ลและหินปูน ส่งผลให้ดินมีสภาพเป็นด่างอ่อน (pH 7.71) ค่าคาร์บอนที่สูงมากนี้เป็นผลรวมของอินทรีย์คาร์บอน และคาร์บอนอนินทรีย์ในรูปของสารประกอบคาร์บอเนต ($CaCO_3$) ประกอบกับการที่ดินมีปริมาณแร่ดินเหนียวกลุ่มมอนต์มอริลโลไนต์สูงและมีค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (CEC) สูงถึง 28.92 มิลลิอิควิวาเลนต์ต่อดิน 100 กรัม ซึ่งช่วยปกป้องโครงสร้างคาร์บอนจากการย่อยสลายของจุลินทรีย์ผ่านกลไกทางกายภาพและเคมี และพบว่า ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด 0.19% อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) คือ 33 ซึ่งจัดอยู่ในระดับสูง แสดงถึงความไม่สมดุลของธาตุอาหาร โดยมีคาร์บอนมากแต่มีไนโตรเจนต่ำ อาจส่งผลให้การย่อยสลายอินทรียวัตถุเป็นไปอย่างช้า และอาจเกิดการดึงไนโตรเจนจากดิน (Nitrogen immobilization) สำหรับธาตุอาหารพืช พบว่ามีปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ 20.45 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อยู่ในระดับที่ต่ำมาก ซึ่งอาจเป็นปัจจัยจำกัดการเจริญเติบโตของพืช ในขณะที่มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 198.18 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อยู่ในระดับที่สูงมาก มีการสะสมของฟอสฟอรัสในดินสูง อาจเกิดจากการใส่ปุ๋ยสะสมต่อเนื่องในการปลูกข้าวโพด (กรมพัฒนาที่ดิน, 2559; กรมพัฒนาที่ดิน, 2562) (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 สมบัติทางเคมีและกายภาพของถ่านชีวภาพจากไม้ยางพารา และดินปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

สมบัติทางเคมีกายภาพ	ถ่านชีวภาพจากไม้ยางพารา	ดินปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์
Total C (%)	75.09	6.16
Total N (%)	0.54	0.19
C/N ratio	139	33
Exchangeable K (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)	6,317	-
Available K (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)	-	20.45
Available P (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)	1,404	198.18
pH	9.40	7.71
EC (ไมโครซีเมนส์ต่อเซนติเมตร)	22.33	-
Soil texture	-	ดินร่วนปนทราย
WHC (%)	-	80
CEC (มิลลิอิควิวาเลนต์ต่อดิน 100 กรัม)	-	28.92

การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการบ่มดิน

การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) จากการบ่มดินภายใต้กรรมวิธีต่าง ๆ มีการเปลี่ยนแปลงตามระยะเวลา (รูปที่ 2) โดยในช่วงเริ่มต้นการบ่ม (วันที่ 1-7) พบว่าการปลดปล่อยก๊าซ CO_2 มีความผันผวนมากในทุกกรรมวิธี และในช่วงวันที่ 14-28 มีความผันผวนเล็กน้อย หลังจากนั้นจึงมีแนวโน้มการปลดปล่อยก๊าซ CO_2 เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจนถึงช่วงปลายการบ่ม (วันที่ 35-56)

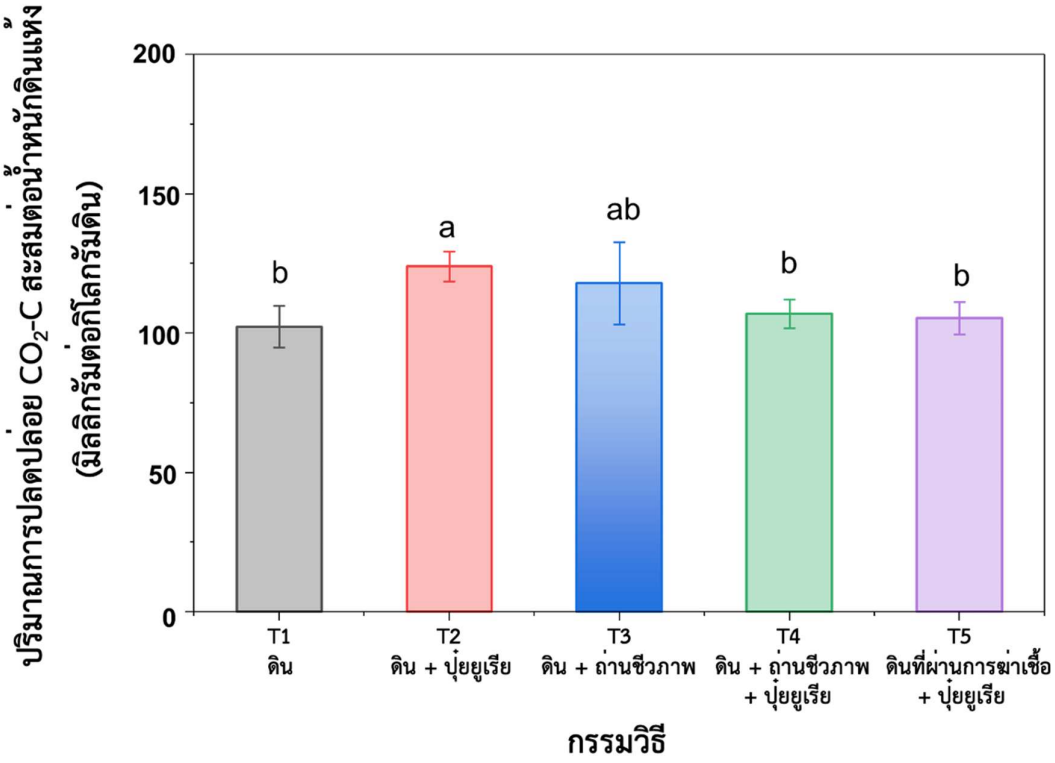


รูปที่ 2 ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ต่อน้ำหนักดินแห้ง จากการบ่มดินภายใต้กรรมวิธีต่าง ๆ ระยะเวลา 56 วัน

หมายเหตุ: *, **, และ *** หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05, 0.01 และ 0.001 ตามลำดับ ($p \leq 0.05$, $p \leq 0.01$ และ $p \leq 0.001$)

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกรรมวิธี (รูปที่ 2) พบว่าการใส่ปุ๋ยยูเรียมีแนวโน้มในการเพิ่มการปลดปล่อยก๊าซ CO_2 โดยในกรรมวิธี T2 มีค่าการปลดปล่อยก๊าซ CO_2 สูงกว่ากรรมวิธี T1 ที่มีดินเพียงอย่างเดียว อาจเนื่องจากไนโตรเจนจากปุ๋ยยูเรียช่วยกระตุ้นการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในดิน โดยเป็นแหล่งอาหารที่จำเป็นต่อการสร้างเซลล์ มีแนวโน้มทำให้อัตราการย่อยสลายอินทรียวัตถุและคาร์บอนในดินเพิ่มขึ้น และกรรมวิธี T3 ซึ่งมีการใส่ถ่านชีวภาพ มีแนวโน้มการปลดปล่อยก๊าซ CO_2 สูงกว่ากรรมวิธี T4 ที่มีการใส่ถ่านชีวภาพร่วมกับปุ๋ยยูเรีย โดยเฉพาะในช่วงปลายของการบ่ม ซึ่งเกิดจากความไม่สมดุลของธาตุอาหาร โดยเฉพาะค่า C/N ratio ที่สูงในกรรมวิธี T3 ส่งผลให้จุลินทรีย์ตกอยู่ในสภาวะจำกัดไนโตรเจน (N-limitation) จึงต้องเร่งกระบวนการย่อยสลายอินทรียวัตถุในดินเพื่อดึงไนโตรเจนมาใช้ในการเจริญเติบโต (Microbial N-mining) ซึ่งส่งผลต่อเนื่องให้เกิดการปลดปล่อยก๊าซ CO_2 เพิ่มมากขึ้น ขณะที่กรรมวิธี T4 ซึ่งมีการใส่ทั้งถ่านชีวภาพร่วมกับปุ๋ยยูเรีย ทำให้มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดสูงกว่า อาจส่งผลจุลินทรีย์มีไนโตรเจนเพียงพอ ดังนั้นประสิทธิภาพการใช้คาร์บอนจึงเพิ่มขึ้น และสัดส่วนการสูญเสียคาร์บอนในรูปก๊าซ CO_2 ลดลง โดยจากงานวิจัยของ Bei et al. (2022) พบว่าการเติมไนโตรเจนจะเพิ่มอัตราการปลดปล่อยก๊าซ CO_2 อย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.01$) ในช่วงเริ่มต้นของการบ่ม และจะลดลงตั้งแต่วันที่ 3 เป็นต้นไป นอกจากนี้ กรรมวิธี T3 มีการปลดปล่อยก๊าซ CO_2 สูงที่สุดในช่วงปลายของการบ่มเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีอื่น ในทางตรงข้ามกรรมวิธี

T5 ซึ่งเป็นดินที่ผ่านการฆ่าเชื้อร่วมกับปุ๋ยยูเรียมีแนวโน้มการปลดปล่อยก๊าซ CO_2 ค่อนข้างต่ำในบางช่วงของการบ่ม แต่ไม่แตกต่างอย่างชัดเจนจากกรรมวิธีอื่นตลอดระยะเวลาการบ่ม



รูปที่ 3 ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) สะสมต่อน้ำหนักดินแห้ง จากการบ่มดินภายใต้กรรมวิธีต่าง ๆ ระยะเวลา 56 วัน

หมายเหตุ: a และ b แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งวิเคราะห์โดยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

จากรูปที่ 3 แสดงปริมาณการปลดปล่อยก๊าซ CO_2 สะสมต่อน้ำหนักดินแห้งจากการบ่มดินภายใต้กรรมวิธีต่าง ๆ พบว่า ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซ CO_2 สะสมภายใต้กรรมวิธีต่าง ๆ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กรรมวิธี T2 ที่มีการเติมปุ๋ยยูเรีย มีการปลดปล่อยก๊าซ CO_2 สะสมมีค่าเฉลี่ยสูงสุด (124.02 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมดิน) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าไนโตรเจนจากปุ๋ยยูเรียช่วยกระตุ้นการปลดปล่อยก๊าซ CO_2 ที่มาจากการเพิ่มกิจกรรมจุลินทรีย์และการย่อยสลายอินทรียวัตถุในดิน และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากกรรมวิธี T1 (กรรมวิธีควบคุม) กรรมวิธี T4 (ดินใส่ถ่านชีวภาพร่วมกับปุ๋ยยูเรีย) และกรรมวิธี T5 (ดินที่ผ่านการฆ่าเชื้อร่วมกับปุ๋ยยูเรีย) สำหรับกรรมวิธี T3 (ดินร่วมกับถ่านชีวภาพ) ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซ CO_2 สะสมเฉลี่ย (117.93 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมดิน) มีแนวโน้มสูงกว่ากรรมวิธี T1 เล็กน้อยแต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติจากกรรมวิธี T2 เนื่องจากดินที่มี C/N ratio สูง จากการใส่ถ่านชีวภาพที่มี C/N ratio สูงและมีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดต่ำสามารถกระตุ้นให้เกิด Priming effect ซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงอัตราการย่อยสลายอินทรียวัตถุเดิมในดิน ส่งผลให้กิจกรรมของจุลินทรีย์และการย่อยสลายอินทรียวัตถุในดินเพิ่มขึ้น โดยปริมาณไนโตรเจนที่จำกัดทำให้จุลินทรีย์ต้องดึง

ไนโตรเจนจากดินมาใช้ เกิดการสูญเสียคาร์บอนในรูปก๊าซ CO_2 เพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกรรมวิธี T2 กับกรรมวิธี T4 พบว่าการใส่ถ่านชีวภาพร่วมกับปุ๋ยยูเรียช่วยลดปริมาณการปลดปล่อยก๊าซ CO_2 สะสมลงได้อย่างชัดเจน โดยค่าที่ได้ในกรรมวิธี T4 (106.97 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมดิน) ลดลงมาอยู่ในระดับที่ใกล้เคียงกับกรรมวิธี T1 (102.34 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมดิน) อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ การใส่ถ่านชีวภาพร่วมกับปุ๋ยยูเรีย ทำให้มีไนโตรเจนเพียงพอ ส่งผลให้ประสิทธิภาพการใช้คาร์บอนของจุลินทรีย์เพิ่มขึ้น โดยคาร์บอนจะถูกนำไปสะสมในชีวมวลมากขึ้น ส่งผลให้การปลดปล่อยก๊าซ CO_2 ลดลง เมื่อเทียบกับการใส่ถ่านชีวภาพเพียงอย่างเดียว ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Zhou et al. (2025) ที่พบว่าการใส่ถ่านชีวภาพร่วมกับไนโตรเจนมีการปลดปล่อยก๊าซ CO_2 สะสมน้อยกว่าดินที่มีการเติมถ่านชีวภาพอย่างเดียว โดยการปลดปล่อยก๊าซ CO_2 ที่เพิ่มขึ้นอาจเกิดจากการสลายตัวของคาร์บอนที่ย่อยสลายได้ง่าย (Labile C) ของถ่านชีวภาพและการเพิ่มขึ้นของชีวมวลจุลินทรีย์หลังจากการใส่ถ่านชีวภาพ ในขณะที่กรรมวิธี T5 (ดินที่ผ่านการฆ่าเชื้อกับปุ๋ยยูเรีย) มีค่าปริมาณการปลดปล่อยก๊าซ CO_2 สะสมเฉลี่ย 105.33 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมดิน ซึ่งมีค่าต่ำกว่ากรรมวิธี T2 แต่ใกล้เคียงกับกรรมวิธี T1 และกรรมวิธี T4 ซึ่งอาจบ่งชี้ว่ากิจกรรมของจุลินทรีย์ในดินมีบทบาทสำคัญต่อการปลดปล่อยก๊าซ CO_2 เมื่อมีการใส่ปุ๋ยยูเรีย เนื่องจากดินที่ผ่านการฆ่าเชื้อไม่มีกิจกรรมของจุลินทรีย์ ทำให้กระบวนการย่อยสลายอินทรียวัตถุลดลง ถึงแม้จะมีการเติมไนโตรเจนที่มาจากปุ๋ยยูเรีย ขณะที่กรรมวิธี T4 ที่มีจุลินทรีย์ในดิน แต่มีการใส่ถ่านชีวภาพซึ่งช่วยควบคุมการปลดปล่อยคาร์บอนและลดอัตราการย่อยสลายคาร์บอน ทำให้ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซ CO_2 ไม่สูงมาก และกรรมวิธี T1 ที่มีดินเพียงอย่างเดียว มีปริมาณการปลดปล่อยก๊าซ CO_2 สะสมต่ำที่สุด (102.34 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมดิน) เนื่องจากไม่มีการเติมแหล่งคาร์บอนและไนโตรเจนเพิ่มเติมจึงส่งผลให้กิจกรรมของจุลินทรีย์และการย่อยสลายอินทรียวัตถุเกิดขึ้นในระดับต่ำ

สมดุลคาร์บอนจากการบ่มดิน

ในการพิจารณา 3 ส่วนหลัก ได้แก่ C input (Soil C Day 0), C output (Emission C และ Soil C Day 56), และ C balance (ตารางที่ 2) สามารถอธิบายผลการวิจัยและการอภิปรายผลได้ดังนี้

ปริมาณคาร์บอนนำเข้า (C input) มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.001$) โดยกรรมวิธี T4 ที่มีการใส่ถ่านชีวภาพร่วมกับปุ๋ยยูเรีย และกรรมวิธี T3 ที่มีการใส่ถ่านชีวภาพ มีค่า C input สูงสุด (12.75 กรัม และ 12.70 กรัม ตามลำดับ) ซึ่งแสดงถึงการเปลี่ยนแปลงของจุลินทรีย์และกระบวนการย่อยสลายอินทรียวัตถุในช่วงแรกของการบ่ม

ปริมาณคาร์บอนขาออก (C output) ในการปลดปล่อยก๊าซ CO_2 (Emission C) พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.001$) โดยกรรมวิธี T2 ที่มีการใส่ปุ๋ยยูเรียมีค่าสูงสุด (0.025 กรัม) และปริมาณคาร์บอนคงเหลือในดิน (Soil C) หลังผ่านการบ่มเป็นระยะเวลา 56 วัน พบว่ากรรมวิธี T4 มีค่าสูงสุด (12.83 กรัม) รองลงมาคือ กรรมวิธี T3 (10.75 กรัม) และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญจากกรรมวิธีอื่น

ตารางที่ 2 สมดุลคาร์บอน (Carbon balance) ภายใต้กรรมวิธีต่าง ๆ

กรรมวิธี	C input (g)	C output (g)			C balance (g)
	Soil C (Day 0)	Emission C	Soil C (Day 56)	Total	
ดิน	9.50b	0.021b	8.59c	8.61c	0.90ab
ดิน + ปุ๋ยยูเรีย	9.54b	0.025a	7.62d	7.65d	1.89a
ดิน + ถ่านชีวภาพ	12.70a	0.024ab	10.75b	10.78b	1.93a
ดิน + ถ่านชีวภาพ + ปุ๋ยยูเรีย	12.75a	0.021b	12.83a	12.85a	-0.10b
ดินที่ผ่านการฆ่าเชื้อ + ปุ๋ยยูเรีย	8.62b	0.021b	8.74c	8.76c	-0.14b
F-test	***	***	***	***	*

หมายเหตุ : $C_{balance}$<0 : ระบบดินมีศักยภาพในการกักเก็บคาร์บอนสุทธิ และ $C_{balance}$>0 : ระบบดินเกิดการสูญเสียคาร์บอนสุทธิ (Rahman, 2013) a, b และ c แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งวิเคราะห์โดยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดย *, **, และ *** หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05, 0.01 และ 0.001 ตามลำดับ ($p \le 0.05$, $p \le 0.01$ และ $p \le 0.001$)

เมื่อพิจารณาสมดุลคาร์บอน (C balance) พบว่ากรรมวิธี T3 และกรรมวิธี T2 มีการสูญเสียคาร์บอนในดินสูงกว่ากรรมวิธีอื่นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \le 0.05$) โดยกรรมวิธี T3 ที่มีการใส่ถ่านชีวภาพเพียงอย่างเดียว มีการสูญเสียคาร์บอนสุทธิสูงสุด (C balance = 1.93 กรัม) อาจเนื่องมาจาก Labile C และคาร์บอนที่เสถียร (Recalcitrant C) ของถ่านชีวภาพถูกใช้เป็นแหล่งพลังงานทันทีหลังใส่ลงดิน อาจส่งผลให้จุลินทรีย์เพิ่มกิจกรรมและเร่งการย่อยสลายคาร์บอน ทำให้เกิด Priming effect เชิงบวกและมีการปลดปล่อยก๊าซ CO_2 สูงขึ้นในระยะเริ่มต้น (ประมาณ 0-56 วัน) โดยผลกระทบนี้อาจเกิดเพียงระยะสั้น และในระยะยาว Recalcitrant C ของถ่านชีวภาพอาจช่วยเพิ่มการกักเก็บคาร์บอนในดินได้ (Zimmerman et al., 2011) กรรมวิธี T2 ที่ใส่ปุ๋ยยูเรียเพียงอย่างเดียว มีการสูญเสียคาร์บอน (C balance = 1.89 กรัม) โดยมีการสูญเสียคาร์บอนสุทธิในระดับต่ำกว่ากรรมวิธี T3 เล็กน้อย ในขณะที่กรรมวิธี T5 ซึ่งเป็นดินที่ผ่านการฆ่าเชื้อร่วมกับปุ๋ยยูเรีย และกรรมวิธี T4 ที่มีการใส่ถ่านชีวภาพร่วมกับปุ๋ยยูเรีย มีการกักเก็บคาร์บอน (C balance = -0.14 กรัม และ -0.10 กรัม ตามลำดับ) เนื่องมาจากการเกิด Priming effect ของถ่านชีวภาพที่มีผลเชิงลบต่อการแปรสภาพคาร์บอนในดิน (Yang et al., 2025) และกรรมวิธี T1 ซึ่งเป็นกรรมวิธีควบคุมที่มีดินเพียงอย่างเดียว มีการสูญเสียคาร์บอนสุทธิต่ำสุด (C balance = 0.90 กรัม)

บทสรุป

จากการศึกษาผลของการใส่ถ่านชีวภาพจากไม้ยางพาราร่วมกับปุ๋ยยูเรียต่อการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในดินปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ภายใต้การทดลองบ่มดินในห้องปฏิบัติการระยะสั้นเป็นเวลา 56 วัน สรุปได้ว่าการใช้ถ่านชีวภาพจากไม้ยางพาราร่วมกับปุ๋ยยูเรีย (T4) เป็นแนวทางที่มีประสิทธิภาพในการบรรเทาปริมาณการปลดปล่อยก๊าซ CO_2 สะสมลงได้ร้อยละ 13.75 เมื่อเทียบกับการใส่ปุ๋ยยูเรียเพียงอย่างเดียว (T2) และส่งเสริมการสะสมคาร์บอนในระบบดินระยะสั้นได้ดีที่สุด โดยมีค่าสมดุลคาร์บอนสุทธิเป็นลบ (-0.10 กรัม) ซึ่งแตกต่างจากการใส่ถ่านชีวภาพเพียงอย่างเดียว (T3) หรือปุ๋ยยูเรียเพียงอย่างเดียว (T2) ที่ส่งผลให้เกิดการสูญเสียคาร์บอนสุทธิออกนอกระบบดินอย่างมีนัยสำคัญ (มีค่าสมดุลคาร์บอนเป็นบวกเท่ากับ 1.93 และ 1.89 กรัม ตามลำดับ) ดังนั้นการใช้ถ่านชีวภาพจากไม้ยางพาราร่วมกับปุ๋ยไนโตรเจนจึงเป็นแนวทางที่เหมาะสมในการจัดการ

ดินระยะเริ่มต้น เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการสะสมคาร์บอนควบคู่ไปกับการบรรเทาการปลดปล่อยก๊าซ CO_2 ในการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ อย่างไรก็ตาม เนื่องจากข้อจำกัดที่เป็นการศึกษาภายใต้สภาวะควบคุมระยะสั้น จึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในระดับแปลงปลูกจริงในระยะยาว เพื่อประเมินความเสถียรของคาร์บอนและประสิทธิภาพการกักเก็บคาร์บอนในดินอย่างยั่งยืนต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณบริษัท Green Carbon ที่ให้ความอนุเคราะห์ตัวอย่างถ่านชีวภาพจากไม้ยางพาราสำหรับงานวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาที่ดิน. (2548). ลักษณะและสมบัติของชุดดินในภาคกลางของประเทศไทย. ค้นเมื่อ 18 เมษายน 2569. http://osl101.ldd.go.th/pdf/book/std_book/D_Cseries_thai.pdf

กรมพัฒนาที่ดิน. (2559). ปุ๋ยอินทรีย์และการใช้ประโยชน์ในประเทศไทย. ค้นเมื่อ 19 เมษายน 2569. http://www1.ldd.go.th/WEB_PSD/PDF/expert work/3.pdf

กรมพัฒนาที่ดิน. (2562). คู่มือการวิเคราะห์ดินทางเคมี เพื่อประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดิน. ค้นเมื่อ 19 เมษายน 2569. https://e-library.ldd.go.th/library/flip/bib10134f/bib10134f.html#

ทัศนีย์ อัตตะนันท์ และจงรักษ์ จันทร์เจริญสุข. (2542). แบบฝึกหัดและคู่มือปฏิบัติการการวิเคราะห์ดินและพืช. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพมหานคร.

สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน กรมวิชาการเกษตร กระทรวงการเกษตรและสหกรณ์. (2563). เทคโนโลยีการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์. ค้นเมื่อ 17 กันยายน 2568. https://www.doa.go.th/fcri/wp-content/ uploads/2020/techno/E-Book-4.pdf

สาวิตรี ม่วงศรี, สุภาวดี ผลประเสริฐ, ธนกฤต เนียมหอม, และวิธิดา พัฒนอิสรานุกูล. (2564). การปลดปล่อยคาร์บอนจากการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในฤดูแล้งของประเทศไทย. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 29(6): 950–965.

สำนักงานนโยบายและยุทธศาสตร์การค้า กระทรวงพาณิชย์. (2568). โครงการจัดทำข้อเสนอเชิงนโยบายการสร้างเสถียรภาพและความเข้มแข็งทางการค้าสินค้าพืชไร่ (มันสำปะหลังและข้าวโพดเลี้ยงสัตว์). ค้นเมื่อ 15 พฤษภาคม 2569. https://uploads.tpso.go.th/รายงานฉบับสมบูรณ์%20โครงการพืชไร่%20(มันสำปะหลังและข้าวโพดเลี้ยงสัตว์).pdf

สุรินทร์ ไวยเจริญ. (2564). การศึกษาการผลิตถ่านชีวภาพและทดลองใช้ปรับปรุงดินสำหรับการปลูกพืชสมุนไพรฟ้าทะลายโจรในระบบเกษตรอินทรีย์แบบมีส่วนร่วม. รายการการวิจัย. สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 9 กรมพัฒนาที่ดิน.

Ali, L., Palamanit, A., Techato, K., Ullah, A., Chowdhury, M. S., and Phoungthong, K. (2022). Characteristics of biochars derived from the pyrolysis and co-Pyrolysis of rubberwood sawdust and sewage sludge for further applications. Sustainability. 14(7): 3829.

Almeida, R. F., Spokas, K. A., de Bortoli Teixeira, D., and Júnior, N. L. S. (2019). Biochar insights from laboratory incubations monitoring O_2 consumption and CO_2 production. Biochar. 1(3): 249–258. https://doi.org/10.1007/s42773-019-00021-6

Bai, J., De Almeida Moreira, B. R., Bai, Y., Nadar, C. G., Feng, Y., and Yadav, S. (2025). Assessing biochar's impact on greenhouse gas emissions, microbial biomass, and enzyme activities in agricultural soils through meta-analysis and machine learning. Science of The Total Environment. 963: 178541. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2025.178541

Bei, S., Li, X., Kuyper, T. W., Chadwick, D. R., and Zhang, J. (2022). Nitrogen availability mediates the priming effect of soil organic matter by preferentially altering the straw carbon-assimilating microbial community. Science of The Total Environment. 815: 152882. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.152882

Chataut, G., Bhatta, B., Joshi, D., Subedi, K., and Kafle, K. (2023). Greenhouse gases emission from agricultural soil: A review. Journal of Agriculture and Food Research. 11: 100533. https://doi.org/10.1016/j.jafr.2023.100533

Gee, G. W., and Or, D. (2002). Particle-size analysis. In J. H. Dane and G. C. Topp, Editors. Methods of soil analysis: Part 4, physical methods. Soil Science Society of America: Madison. 255–293.

Ghani, W. A. W. A. K., Mohd, A., da Silva, G., Bachmann, R. T., Taufiq-Yap, Y. H., Rashid, U., and Al-Muhtaseb, A. a. H. (2013). Biochar production from waste rubber-wood-sawdust and its potential use in C sequestration: chemical and physical characterization. Industrial Crops and Products. 44: 18–24. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2012.10.017

Jeffery, S., Abalos, D., Prodana, M., Bastos, A. C., van Groenigen, J. W., Hungate, B. A., and Verheijen, F. (2017). Biochar boosts tropical but not temperate crop yields. Environmental Research Letters. 12(5): 053001. https://doi.org/10.1088/1748-9326/aa67bd

Kasawapat, J., Khamwichit, A., and Dechapanya, W. (2024). Waste-to-energy conversion of rubberwood residues for enhanced biomass fuels: process optimization and eco-efficiency evaluation. Energies. 17(21): 5444. https://doi.org/10.3390/en17215444

Lal, R. (2020). Home gardening and urban agriculture for advancing food and nutritional security in response to the COVID-19 pandemic. Food Security. 12(4): 871–876. https://doi.org/10.1007/s12571-020-01058-3

Nelson, J. T., Adjuik, T. A., Moore, E. B., VanLoocke, A. D., Ramirez Reyes, A., and McDaniel, M. D. (2024). A simple, affordable, do-It-Yourself method for measuring soil maximum water holding capacity. Communications in Soil Science and Plant Analysis. 55(8): 1190–1204. https://doi.org/10.1080/00103624.2023.2296988

Rahman, M. M. (2013). Carbon dioxide emission from soil. Agricultural Research. 2(2): 132–139. https://doi.org/10.1007/s40003-013-0061-y

Smith, J. L., and Doran, J. W. (1996). Measurement and use of pH and electrical conductivity for soil quality analysis. In J. W. Doran and A. J. Jones, Editors.. Methods for assessing soil quality. Soil Science Society of America: Madison. 169–185.

Utomo, M., Buchari, H., Banuwa, I., Fernando, L., & Saleh, R. (2012). Carbon Storage and Carbon Dioxide Emission as Influenced by Long-term Conservation Tillage and Nitrogen Fertilization in Corn-Soybean Rotation. Journal TANAH TROPIKA (Journal of Tropical Soils). 17: 75–84. https://doi.org/10.5400/jts.2012.17.1.75

Wijitkosum, S., Sriburi, T., and Chutivisut, P. (2025). Biochar amendment improves soil properties and augments soil bacteria on continuous maize cultivation over two years. International Journal of Environmental Science and Technology. 22(13): 12349–12362. https://doi.org/10.1007/s13762-025-06484-4

Yang, W., Zhang, L., Wang, Z., Zhang, J., Li, P., and Su, L. (2025). Effects of biochar and nitrogen fertilizer on microbial communities, CO_2 emissions, and organic carbon content in soil. Scientific Reports. 15(1): 9789. https://doi.org/10.1038/s41598-025-94784-7

Yang, Y., Sun, K., Liu, J., Chen, Y., and Han, L. (2022). Changes in soil properties and CO_2 emissions after biochar addition: role of pyrolysis temperature and aging. Science of The Total Environment. 839: 156333. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.156333

Zhou, X., Feng, Z., Yao, Y., Liu, R., Shao, J., Jia, S., Gao, Y., Xue, K., Chen, H., Fu, Y., and He, Y. (2025). Nitrogen input alleviates the priming effects of biochar addition on soil organic carbon decomposition. Soil Biology and Biochemistry. 202: 109689. https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2024.109689

Zimmerman, A. R., Gao, B., and Ahn, M.-Y. (2011). Positive and negative carbon mineralization priming effects among a variety of biochar-amended soils. Soil Biology and Biochemistry. 43(6): 1169–1179. https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2011.02.005

การศึกษาศักยภาพในการพัฒนาระบบการจัดการขยะมูลฝอยอย่างยั่งยืน ในพื้นที่ที่การให้บริการจัดเก็บขยะมูลฝอยยังไม่ทั่วถึง

Assessment of the potential for developing sustainable solid waste management systems in areas with inadequate waste collection services

ญาณิศา นิลมณี[1] ฟารานัส นุ้ยคดี[1] สิมนัส ตรีเดช[1*] และมณฑล สุวรรณประภา[1]
Yanisa Ninmani[1], Faranas Nuikadee[1] Simanata Threedeach[1*] and Montol Suwanpraha[1]

[1] หลักสูตรอนามัยสิ่งแวดล้อมและสาธารณภัย คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต*
[1] Environmental Health and Public Disaster, Faculty of Science and Technology, Suan Dusit University*
[*]Corresponding Author E-mail Address : simanata_thr@dusit.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาพฤติกรรมการคัดแยกและการจัดการขยะมูลฝอยของประชาชน วิเคราะห์ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับพฤติกรรม และประเมินศักยภาพการพัฒนาระบบจัดการขยะมูลฝอยอย่างยั่งยืนในพื้นที่ที่การให้บริการจัดเก็บขยะยังไม่ทั่วถึง โดยวิธีวิจัยเชิงสำรวจ เก็บข้อมูลครัวเรือน 365 ครัวเรือน ในพื้นที่ 1 ตำบล ครอบคลุม 6 หมู่บ้าน ในจังหวัดสุราษฎร์ธานี วิเคราะห์ด้วยสถิติเชิงพรรณนา และเชิงอนุมาน พบว่าขยะมูลฝอยครัวเรือนมีองค์ประกอบหลักเป็นขยะอินทรีย์ (ร้อยละ 32.45) และขยะรีไซเคิล (ร้อยละ 27.17) โดยมีปริมาณขยะรวม 798.50 กิโลกรัมต่อวัน เฉลี่ย 0.57 กิโลกรัมต่อคนต่อวัน ประชาชนมีพฤติกรรมคัดแยกขยะสม่ำเสมอร้อยละ 49.04 และมีการนำขยะอินทรีย์และขยะรีไซเคิลไปใช้ประโยชน์ระดับหนึ่ง อย่างไรก็ตาม พบขยะบางส่วนทิ้งรวมกับขยะทั่วไป ผลวิเคราะห์ปัจจัยพบว่า ทัศนคติและความสนใจมีส่วนร่วมมีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการจัดการขยะอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) ขณะที่การรับรู้เกี่ยวกับจุดทิ้งขยะประเภทพิเศษมีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการจัดการขยะอันตราย สำหรับความยินดีจ่ายค่าบริการ พบว่ามีความสัมพันธ์กับความถี่ในการจัดการขยะ การรับรู้ระบบ และการมีบริการจัดเก็บขยะ มากกว่าปริมาณขยะที่เกิดขึ้น การประเมินศักยภาพของพื้นที่พบว่ามีศักยภาพสูงในการพัฒนาระบบจัดการขยะที่เน้นการจัดการที่ต้นทางและการหมุนเวียนทรัพยากร เช่น ขยะอินทรีย์และขยะรีไซเคิล โดยมีข้อจำกัดด้านการเข้าถึงระบบรองรับและการจัดการขยะบางประเภท เช่น ขยะอันตรายและขยะอิเล็กทรอนิกส์ ดังนั้น การพัฒนาระบบการจัดการขยะในพื้นที่ควรมุ่งเน้นการบูรณาการระหว่างพฤติกรรมของประชาชนและการพัฒนาระบบโครงสร้างพื้นฐาน เพื่อให้เกิดการจัดการขยะอย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืนในระยะยาว

คำสำคัญ: การจัดการขยะมูลฝอย พฤติกรรมการคัดแยกขยะ ขยะครัวเรือน ความยินดีในการจ่าย การจัดการขยะอย่างยั่งยืน

Abstract

This study aimed to examine household waste separation and management behaviors, analyze factors associated with such behaviors, and assess the potential for developing a sustainable solid waste management system in areas with limited waste collection services. A survey research design was employed, with data collected from 365 households across six villages in one subdistrict, Surat Thani province. Data were analyzed using descriptive and inferential statistics. The results indicated that the major components of household solid waste were organic waste (32.45%) and recyclable waste (27.17%). The total waste generation was 798.50 kg/day, with an average of 0.57 kg/person/day. Approximately 49.04% of respondents consistently practiced waste separation, and a considerable portion of organic and recyclable waste was reused or recycled. However, a proportion of waste was still disposed of as mixed waste. Factor analysis revealed that attitudes and willingness to participate were significantly associated with waste management behaviors. Awareness of designated disposal points for special waste was significantly ($p<0.05$) related to hazardous waste management practices. In terms of willingness to pay, the findings showed that it was associated with waste disposal frequency, awareness of the waste management system, and the availability of collection services, rather than the quantity of waste generated. The assessment of the study area indicated a high potential for developing a sustainable waste management system, particularly through source separation and resource recovery of organic and recyclable waste. Nevertheless, limitations remain in terms of access to supporting infrastructure and the management of specific waste types, such as hazardous and electronic waste. Therefore, enhancing waste management systems in such areas should focus on integrating behavioral change with infrastructure development to improve efficiency and sustainability in the long term.

Keywords: Solid waste management, Waste separation behavior, Household waste, Willingness to pay, Sustainable waste management

บทนำ

ปัญหาขยะมูลฝอยนับเป็นประเด็นด้านสิ่งแวดล้อมที่สำคัญทั้งในระดับโลกและระดับประเทศ อันเป็นผลมาจากการเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากร การขยายตัวของชุมชนเมือง และการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการบริโภคในสังคมสมัยใหม่ ส่งผลให้ปริมาณขยะมูลฝอยมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง หากขาดการจัดการที่มีประสิทธิภาพย่อมก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม สุขภาพอนามัย และคุณภาพชีวิตของประชาชน ทั้งในด้านมลพิษทางดิน น้ำ และอากาศ รวมถึงปัญหาทัศนียภาพของชุมชนและภาระด้านงบประมาณของภาครัฐ (กระทรวงมหาดไทย, 2567; Kaza et al., 2018) ในระดับโลก มีรายงานว่าปริมาณขยะมูลฝอยชุมชนอยู่ที่ประมาณ 2.1–2.3 พันล้านตันต่อปี และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเป็นประมาณ 3.8 พันล้านตันต่อปีภายในปี พ.ศ. 2593 หากไม่มีมาตรการจัดการที่เหมาะสม ขณะเดียวกันยังพบว่ามีประชากรกว่า 2.7 พันล้านคนทั่วโลกที่ยังไม่สามารถเข้าถึงบริการจัดเก็บขยะ

ได้อย่างเพียงพอ โดยเฉพาะในพื้นที่ชนบท ซึ่งสะท้อนถึงความเหลื่อมล้ำด้านการให้บริการและโครงสร้างพื้นฐานด้านการจัดการขยะ (United Nations Environment Programme, 2024) สำหรับประเทศไทย ในปี พ.ศ. 2566 มีปริมาณขยะมูลฝอยชุมชนประมาณ 26.95–27.2 ล้านตันต่อปี หรือประมาณ 74,000 ตันต่อวัน และมีอัตราการเกิดขยะเฉลี่ยประมาณ 1.1–1.15 กิโลกรัมต่อคนต่อวัน อย่างไรก็ตาม ยังพบว่าขยะส่วนหนึ่งประมาณร้อยละ 20–25 ถูกกำจัดด้วยวิธีที่ไม่เหมาะสม เช่น การทิ้งกองหรือการเผาในที่โล่ง ซึ่งสะท้อนถึงข้อจำกัดด้านการให้บริการและโครงสร้างพื้นฐานในหลายพื้นที่ (กรมควบคุมมลพิษ, 2566)

ในระดับนโยบาย ภาครัฐได้กำหนดแนวทางและมาตรการในการบริหารจัดการมูลฝอยอย่างเป็นระบบ โดยมุ่งเน้นการคัดแยกขยะตั้งแต่ต้นทาง การเก็บ ขน และกำจัดอย่างถูกสุขลักษณะ ตลอดจนการส่งเสริมการมีส่วนร่วมของประชาชนและองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น (กระทรวงมหาดไทย, 2567) อย่างไรก็ตาม แม้จะมีกรอบนโยบายและกฎหมายรองรับอย่างชัดเจน แต่ในทางปฏิบัติยังคงพบข้อจำกัดด้านการให้บริการและโครงสร้างพื้นฐาน รวมถึงความหลากหลายของพฤติกรรมและทัศนคติของประชาชน ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อประสิทธิภาพของระบบการจัดการขยะในระดับพื้นที่ (UNEP, 2024) ในบริบทของพื้นที่ชนบทหรือพื้นที่ที่การให้บริการจัดเก็บขยะมูลฝอยยังไม่ทั่วถึง ประชาชนมักต้องจัดการขยะด้วยตนเอง ส่งผลให้เกิดรูปแบบการจัดการที่หลากหลาย เช่น การเผาขยะ การฝังกลบในพื้นที่ส่วนบุคคล หรือการนำกลับมาใช้ประโยชน์บางส่วน แม้วิธีการดังกล่าวจะช่วยลดปริมาณขยะได้ในระดับหนึ่ง แต่หลายกรณียังไม่สอดคล้องกับหลักการจัดการขยะอย่างยั่งยืน และอาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพในระยะยาว (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2019; Kaza et al., 2018) อย่างไรก็ตาม งานวิจัยด้านการจัดการขยะมูลฝอยในประเทศไทยส่วนใหญ่มุ่งเน้นการศึกษาปริมาณขยะหรือประสิทธิภาพของระบบการจัดการในพื้นที่ที่มีการให้บริการอยู่แล้ว ขณะที่การศึกษาครั้งนี้มุ่งเน้นพฤติกรรมและศักยภาพของชุมชนในพื้นที่ที่การให้บริการจัดเก็บขยะมูลฝอยยังไม่ครอบคลุม ซึ่งเป็นบริบทที่แตกต่างจากงานวิจัยที่รายงานไว้ก่อนหน้า (Thummikkaphong et al., 2026) ทั้งนี้ แนวคิดการจัดการขยะมูลฝอยอย่างยั่งยืน (Sustainable Solid Waste Management) มุ่งเน้นการลดปริมาณขยะตั้งแต่ต้นทาง การนำกลับมาใช้ใหม่และการรีไซเคิล รวมถึงการกำจัดอย่างเหมาะสม โดยคำนึงถึงมิติด้านสิ่งแวดล้อม เศรษฐกิจ และสังคมอย่างบูรณาการ (UNEP, 2024) ซึ่งเป็นแนวทางสำคัญในการพัฒนาระบบการจัดการขยะในพื้นที่ที่ยังมีข้อจำกัดด้านการให้บริการ

ดังนั้น การศึกษานี้จึงมุ่งเน้นการสำรวจและวิเคราะห์สถานการณ์การเกิดขยะ พฤติกรรมการจัดการขยะ และปัจจัยที่เกี่ยวข้องในระดับครัวเรือน เพื่อประเมินศักยภาพในการพัฒนาระบบการจัดการขยะมูลฝอยอย่างยั่งยืนในพื้นที่ศึกษา ซึ่งครอบคลุมจำนวน 1 ตำบล รวม 6 หมู่บ้าน โดยพื้นที่ดังกล่าวเป็นหนึ่งในพื้นที่ที่การให้บริการจัดเก็บขยะมูลฝอยยังไม่ทั่วถึง กล่าวคือ ยังไม่มีระบบเก็บขนขยะอย่างสม่ำเสมอจากองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น และขาดจุดให้บริการถังขยะแยกประเภทที่ประชาชนสามารถเข้าถึงได้อย่างเพียงพอ ส่งผลให้ครัวเรือนต้องจัดการขยะมูลฝอยด้วยตนเอง โดยรูปแบบที่พบ ได้แก่ การเผาขยะ การทิ้งรวม และการนำบางส่วนกลับมาใช้ประโยชน์ ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงทั้งข้อจำกัดของระบบและศักยภาพของชุมชนในการจัดการขยะในระดับครัวเรือน การศึกษานี้ใช้ข้อมูลจากการสัมภาษณ์ครัวเรือนผ่านแบบสอบถาม ร่วมกับการสัมภาษณ์หน่วยงานราชการในระดับท้องถิ่น ซึ่งสามารถสะท้อนภาพรวมของพฤติกรรม ความพร้อม และข้อจำกัดของชุมชนได้อย่างครอบคลุม และเหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์เชิงระบบในบริบทพื้นที่ที่ยังขาดข้อมูลเชิงปริมาณจากการวัดจริง ผลการศึกษาที่ได้จะช่วยให้เข้าใจทั้งในมิติของปริมาณและองค์ประกอบของขยะ พฤติกรรมและทัศนคติของประชาชน ตลอดจนช่องว่างของระบบการให้บริการ ซึ่งสามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการกำหนดแนวทางพัฒนาระบบการจัดการขยะที่เหมาะสมกับบริบทของพื้นที่ ทั้งในด้านการส่งเสริมการคัดแยกขยะ ณ แหล่งกำเนิด การพัฒนาระบบเก็บขนที่เหมาะสม และการสร้างการมีส่วนร่วมของชุมชน อันจะนำไปสู่การจัดการขยะมูลฝอยอย่างยั่งยืนและสอดคล้องกับนโยบายด้านสิ่งแวดล้อมของประเทศในระยะยาว

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

การศึกษานี้เป็นการวิจัยเชิงปริมาณในลักษณะการวิจัยเชิงสำรวจ โดยใช้ข้อมูลจากครัวเรือนเป็นฐานในการวิเคราะห์ มุ่งศึกษาพฤติกรรมการคัดแยกและการจัดการขยะมูลฝอยของประชาชนในพื้นที่ศึกษา 1 ตำบล ครอบคลุม 6 หมู่บ้าน ภายในจังหวัดสุราษฎร์ธานี พื้นที่วิจัยได้รับการคัดเลือกแบบเฉพาะเจาะจง เนื่องจากเป็นพื้นที่ที่การให้บริการจัดเก็บขยะมูลฝอยยังไม่ครอบคลุม ส่งผลให้ครัวเรือนมีบทบาทสำคัญในการจัดการขยะมูลฝอยด้วยตนเอง จึงเหมาะสมต่อการศึกษาพฤติกรรมและปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการขยะมูลฝอยในระดับครัวเรือน นอกจากนี้ พื้นที่ดังกล่าวยังเอื้อต่อการเข้าถึงกลุ่มตัวอย่างและได้รับความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลภาคสนามเป็นอย่างดี

1. การเก็บรวบรวมข้อมูลจากแบบสอบถามและการสัมภาษณ์

การเก็บข้อมูลดำเนินการโดยใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือหลัก ครอบคลุมข้อมูลด้านลักษณะครัวเรือน ประเภทและปริมาณขยะ พฤติกรรมการคัดแยก วิธีการจัดการขยะ รวมถึงความรู้และทัศนคติของประชาชนต่อการจัดการขยะมูลฝอย ดำเนินการในช่วงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2568 ถึง มีนาคม พ.ศ. 2569 โดยเก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 365 ครัวเรือน ซึ่งได้จากการคำนวณตามสูตรของ Yamane (1967) จากประชากรทั้งหมด 3,959 คน กลุ่มตัวอย่างได้รับการคัดเลือกโดยใช้วิธีการเลือกตัวอย่างแบบเฉพาะเจาะจง (Purposive Sampling) โดยกระจายการเก็บข้อมูลให้ครอบคลุมทั้ง 6 หมู่บ้าน และคัดเลือกครัวเรือนที่ยินยอมเข้าร่วมการวิจัย นอกจากนี้ ผู้วิจัยได้สอบถามข้อมูลประกอบจากเจ้าหน้าที่องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น เพื่อทำความเข้าใจบริบทและสภาพการดำเนินงานด้านการจัดการขยะมูลฝอยในพื้นที่ โดยใช้ข้อมูลดังกล่าวเพื่อประกอบการตีความผลการศึกษา ข้อมูลที่ได้จึงสะท้อนทั้งพฤติกรรมของประชาชนและสภาพการดำเนินงานในระดับพื้นที่ โดยเป็นข้อมูลจากการรายงานของครัวเรือน ซึ่งเหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์ในพื้นที่ที่ยังขาดข้อมูลเชิงปริมาณจากการวัดจริง

ทั้งนี้ แบบสอบถามได้รับการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) โดยผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 3 ท่าน และผ่านเกณฑ์ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์ (Index of Item-Objective Congruence: IOC) ก่อนนำไปใช้เก็บรวบรวมข้อมูล

2. การวิเคราะห์ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับพฤติกรรมการจัดการขยะ

ข้อมูลจากการสำรวจถูกนำมาวิเคราะห์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยด้านลักษณะประชากร โครงสร้างครัวเรือน ทัศนคติ และการรับรู้ กับพฤติกรรมการจัดการขยะมูลฝอยของประชาชน โดยใช้สถิติอนุมาน ได้แก่ การทดสอบไคสแควร์ (Chi-square test) สำหรับการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรเชิงกลุ่ม และการวิเคราะห์ถดถอยโลจิสติก (logistic regression) เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการจัดการขยะ การวิเคราะห์ความสัมพันธ์แบบไคสแควร์ถูกนำมาใช้เพื่อตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยสำคัญ ได้แก่ ระดับการศึกษา อายุ และขนาดครัวเรือน กับพฤติกรรมการจัดการขยะในด้านต่าง ๆ ได้แก่ การคัดแยกขยะก่อนทิ้ง การจัดการขยะอินทรีย์ การจัดการขยะรีไซเคิล และการจัดการขยะอันตราย รวมถึงการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างทัศนคติของประชาชนต่อความสำคัญของการคัดแยกขยะ ระดับความสนใจในการเข้าร่วมกิจกรรมลดขยะ และความต้องการให้หน่วยงานท้องถิ่นเข้ามาดำเนินการ กับพฤติกรรมการจัดการขยะดังกล่าว นอกจากนี้ ยังมีการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างการรับรู้เกี่ยวกับการมีจุดรับทิ้งขยะประเภทพิเศษในชุมชน กับพฤติกรรมการจัดการขยะอันตราย สำหรับการวิเคราะห์ถดถอยโลจิสติก ได้กำหนดตัวแปรตามเป็นพฤติกรรมการจัดการขยะ (เช่น การจัดการขยะอันตรายอย่างถูกต้อง/ไม่ถูกต้อง หรือการคัดแยกขยะ) ซึ่งถูกแปลงให้อยู่ในรูปตัวแปรทวิภาค (binary variable) และกำหนด

ตัวแปรอิสระ ได้แก่ อายุ ทัศนคติต่อการคัดแยกขยะ การรับรู้เกี่ยวกับจุดทิ้งขยะประเภทพิเศษ ระดับความสนใจในการเข้าร่วมกิจกรรมลดขยะ และความต้องการให้หน่วยงานท้องถิ่นเข้ามาจัดการขยะ เพื่อวิเคราะห์ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมดังกล่าว ผลการวิเคราะห์ถดถอยโลจิสติกถูกนำเสนอในรูปของค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย (B) ค่า odds ratio (Exp(B)) และค่าระดับนัยสำคัญทางสถิติ (p-value) โดยกำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05

3. การประเมินศักยภาพในการพัฒนาระบบการจัดการขยะมูลฝอย

กรอบการประเมินพัฒนาขึ้นจากแนวคิดการจัดการขยะมูลฝอยอย่างยั่งยืน (Sustainable Solid Waste Management: SSWM) ของ UNEP (2024) ซึ่งให้ความสำคัญกับการบูรณาการมิติด้านทรัพยากร พฤติกรรม ระบบสนับสนุน และการมีส่วนร่วมของชุมชนในการพัฒนาระบบการจัดการขยะอย่างยั่งยืน ผลการวิเคราะห์จากข้อมูลเชิงพรรณนาและการวิเคราะห์ปัจจัยถูกนำมาสังเคราะห์เพื่อประเมินศักยภาพในการพัฒนาระบบการจัดการขยะมูลฝอยอย่างยั่งยืน โดยใช้กรอบการประเมิน 4 มิติ ได้แก่ 1) ศักยภาพด้านทรัพยากร จากปริมาณและองค์ประกอบของขยะ 2) ความพร้อมด้านพฤติกรรม จากรูปแบบการคัดแยกและการจัดการขยะของครัวเรือน 3) ช่องว่างของระบบ จากข้อจำกัดด้านการให้บริการและโครงสร้างพื้นฐาน และ 4) ความต้องการของชุมชน จากระดับความสนใจและความยินดีในการเข้าร่วมกิจกรรมหรือสนับสนุนระบบจัดการขยะ การประเมินดังกล่าวนำไปสู่การเสนอแนวทางในการพัฒนาระบบการจัดการขยะที่เหมาะสมกับบริบทของพื้นที่ ทั้งในด้านการจัดการขยะอินทรีย์ การส่งเสริมการรีไซเคิล และการพัฒนาระบบการเก็บขนที่เหมาะสม ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดการจัดการขยะมูลฝอยอย่างยั่งยืนและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในระดับชุมชน

ผลการวิจัย

ผลการวิจัยจากการสำรวจพฤติกรรมการคัดแยกและการจัดการขยะมูลฝอยของประชาชนในพื้นที่ศึกษา ถูกนำมาวิเคราะห์และนำเสนอใน 3 ส่วนหลัก ได้แก่ 1) ผลการสำรวจสถานการณ์การเกิดขยะและพฤติกรรมการจัดการขยะในระดับครัวเรือน 2) การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับพฤติกรรมการจัดการขยะ และ 3) การประเมินศักยภาพในการพัฒนาระบบการจัดการขยะมูลฝอยอย่างยั่งยืนในพื้นที่ศึกษา ข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถามซึ่งเป็นข้อมูลจากการรายงานของครัวเรือน ถูกนำมาวิเคราะห์ทั้งในเชิงพรรณนาและเชิงอนุมาน เพื่อสะท้อนภาพรวมของสถานการณ์การจัดการขยะในระดับพื้นที่ ระบุปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมของประชาชน และสังเคราะห์ศักยภาพในการพัฒนาระบบการจัดการขยะให้สอดคล้องกับบริบทของชุมชนอย่างยั่งยืน

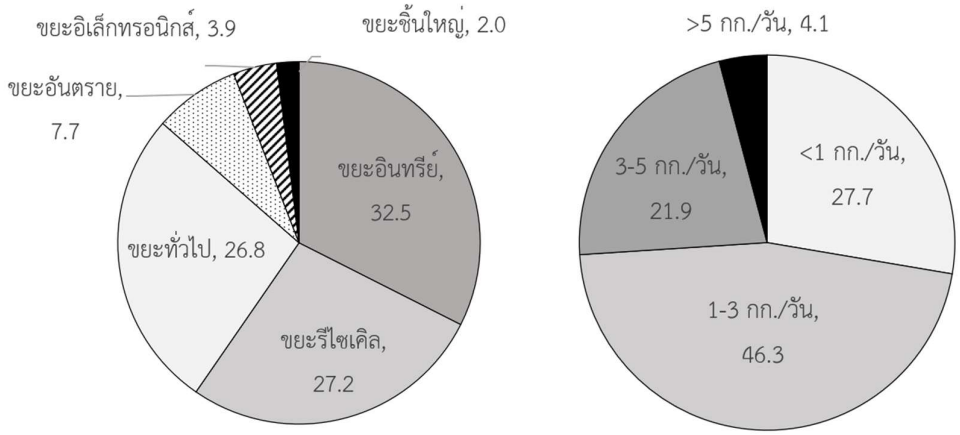
1. ผลการสำรวจสถานการณ์การเกิดขยะและพฤติกรรมการจัดการขยะในระดับครัวเรือน

1.1 ลักษณะทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง

ผลการสำรวจจากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 365 ครัวเรือน พบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง (ร้อยละ 69.67) และอยู่ในช่วงอายุ 50–59 ปี (ร้อยละ 35.79) รองลงมาคือกลุ่มอายุ 60 ปีขึ้นไป (ร้อยละ 27.87) โดยลักษณะที่อยู่อาศัยเกือบทั้งหมดเป็นบ้านเดี่ยว (ร้อยละ 99.45) และระดับการศึกษาส่วนใหญ่อยู่ในระดับต่ำกว่ามัธยมศึกษาและมัธยมศึกษาในสัดส่วนใกล้เคียงกัน (ร้อยละ 34.43)

1.2 องค์ประกอบและปริมาณขยะมูลฝอยในครัวเรือน

เมื่อพิจารณาโครงสร้างของขยะมูลฝอยในครัวเรือน พบว่า ขยะอินทรีย์มีสัดส่วนสูงที่สุด คิดเป็นประมาณร้อยละ 32.45 ของปริมาณขยะทั้งหมด รองลงมาคือขยะรีไซเคิล (ร้อยละ 27.17) และขยะทั่วไป (ร้อยละ 26.83) ขณะที่ขยะอันตราย ขยะอิเล็กทรอนิกส์ และขยะชิ้นใหญ่มีสัดส่วนค่อนข้างต่ำ (ร้อยละ 7.68, 3.89 และ 1.98 ตามลำดับ) (รูปที่ 1) โดยรูปแบบดังกล่าวมีความสอดคล้องกันในทุกหมู่บ้าน สะท้อนให้เห็นว่าขยะที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่เป็นขยะอินทรีย์จากกิจกรรมในครัวเรือนเป็นหลัก ในด้านปริมาณขยะ พบว่าครัวเรือนส่วนใหญ่มีปริมาณขยะอยู่ในช่วง 1–3 กิโลกรัมต่อวัน (ร้อยละ 46.30) รองลงมาคือกลุ่มที่มีปริมาณต่ำกว่า 1 กิโลกรัมต่อวัน (ร้อยละ 27.67) และ 3–5 กิโลกรัมต่อวัน (ร้อยละ 21.92) โดยมีเพียงส่วนน้อยที่มีปริมาณขยะมากกว่า 5 กิโลกรัมต่อวัน (ร้อยละ 4.11) (รูปที่ 1) สำหรับความถี่ในการจัดการขยะ พบว่าประชาชนส่วนใหญ่นำขยะไปจัดการทุก 2–3 วัน (ร้อยละ 32.05) รองลงมาคือการจัดการแบบไม่สม่ำเสมอ (ร้อยละ 30.41) และสัปดาห์ละครั้ง (ร้อยละ 26.03) ขณะที่การจัดการขยะทุกวันมีสัดส่วนน้อย (ร้อยละ 11.51)



(ก) รูปย่อยที่ 1 (ข) รูปย่อยที่ 2

รูปที่ 1 ข้อมูลการเกิดขยะชุมชนในพื้นที่ที่ทำการศึกษา โดย (ก) สัดส่วนการเกิดขยะประเภทต่างๆ ในครัวเรือน (ร้อยละ) และ (ข) สัดส่วนปริมาณการเกิดขยะครัวเรือนในแต่ละวัน (ร้อยละ)

1.3 พฤติกรรมการคัดแยกและการจัดการขยะมูลฝอย

ในด้านพฤติกรรมการคัดแยกขยะ พบว่าประชาชนมีพฤติกรรมคัดแยกขยะอย่างสม่ำเสมอร้อยละ 49.04 และคัดแยกเป็นบางครั้งร้อยละ 43.01 ขณะที่ร้อยละ 7.95 ไม่คัดแยกขยะเลย เมื่อพิจารณารูปแบบการจัดการขยะ พบว่าขยะอินทรีย์ส่วนใหญ่ถูกนำไปใช้ประโยชน์ โดยรูปแบบที่พบ ได้แก่ การทำปุ๋ยหมัก (ร้อยละ 55.62) และการให้อาหารสัตว์ (ร้อยละ 29.59) ขณะที่ขยะรีไซเคิลส่วนใหญ่ถูกแยกขายหรือส่งต่อให้ผู้รับซื้อของเก่า (ร้อยละ 85.21) สำหรับการจัดการขยะอันตราย พบว่ากลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่รับรู้และใช้บริการจุดรับทิ้ง (ร้อยละ 56.99) รองลงมาคือกลุ่มที่รับรู้แต่ไม่ใช้บริการ (ร้อยละ 29.86) และกลุ่มที่ไม่ทราบข้อมูล (ร้อยละ 13.15)

1.4 ทัศนคติ การมีส่วนร่วม และความยินดีในการจ่ายค่าบริการ

ในด้านทัศนคติ พบว่าประชาชนส่วนใหญ่เห็นว่าการคัดแยกขยะมีความสำคัญในระดับสูง (ร้อยละ 79.73) สำหรับปัญหาที่เกี่ยวข้องกับการคัดแยกขยะ พบว่าปัจจัยที่เกี่ยวข้องส่วนใหญ่เป็นข้อจำกัดด้านอุปกรณ์และความพร้อมของพื้นที่ โดย

กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ระบุว่าไม่มีถังแยกประเภท (ร้อยละ 69.04) รองลงมาคือการที่ชุมชนไม่มีพื้นที่รองรับ (ร้อยละ 19.45) และข้อจำกัดด้านเวลา (ร้อยละ 16.16) ขณะที่ปัจจัยด้านความรู้ เช่น การไม่ทราบวิธีการคัดแยก พบในสัดส่วนที่น้อยกว่า (ร้อยละ 5.48) นอกจากนี้ ประชาชนส่วนใหญ่มีความสนใจเข้าร่วมกิจกรรมลดขยะ โดยพบว่ามีความสนใจในระดับมากร้อยละ 51.78 และสนใจบ้างร้อยละ 33.42 ขณะที่มีเพียงร้อยละ 14.79 ที่ไม่สนใจเข้าร่วมกิจกรรม

ในด้านความยินดีในการจ่ายค่าบริการจัดการขยะรายเดือน พบว่ากลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ยินดีจ่ายในระดับต่ำ (ไม่เกิน 50 บาทต่อเดือน) จำนวน 207 ราย รองลงมาคือกลุ่มที่ยินดีจ่ายในระดับปานกลาง (51–100 บาท) จำนวน 77 ราย และระดับสูง (101–300 บาท) จำนวน 38 ราย ขณะที่มีเพียงส่วนน้อยที่ยินดีจ่ายในระดับสูงมาก (มากกว่า 300 บาท) จำนวน 14 ราย นอกจากนี้ พบว่ามีกลุ่มที่ไม่ยินดีจ่ายจำนวน 22 ราย และกลุ่มที่ระบุการจ่ายแบบยืดหยุ่น เช่น ตามอัตราที่เรียกเก็บหรือปริมาณขยะ จำนวน 7 ราย

ผลการสำรวจในส่วนนี้แสดงภาพรวมของสถานการณ์การเกิดขยะมูลฝอยและพฤติกรรมการจัดการขยะในระดับครัวเรือน โดยครอบคลุมทั้งประเภทและสัดส่วนของขยะ ปริมาณขยะที่เกิดขึ้น รวมถึงรูปแบบการคัดแยกและการจัดการขยะของประชาชน ซึ่งข้อมูลดังกล่าวเป็นฐานสำคัญสำหรับการวิเคราะห์ปัจจัยที่เกี่ยวข้องและการประเมินศักยภาพในการพัฒนาระบบการจัดการขยะในขั้นตอนถัดไป

2. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับพฤติกรรมการจัดการขยะ

จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับพฤติกรรมการจัดการขยะของประชาชน โดยใช้สถิติไคสแควร์ (Chi-square test) ดังในตารางที่ 1 พบว่า ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมสามารถจำแนกได้เป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ ปัจจัยด้านประชากร ปัจจัยด้านโครงสร้างครัวเรือน และปัจจัยด้านทัศนคติและการรับรู้ ในส่วนของปัจจัยด้านประชากร พบว่า ระดับการศึกษาไม่มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับพฤติกรรมการคัดแยกขยะ ($p = 0.236$) แม้ว่ากลุ่มที่มีระดับการศึกษาสูงกว่าจะมีแนวโน้มคัดแยกขยะมากกว่าเล็กน้อยก็ตาม แต่ความแตกต่างดังกล่าวยังไม่เพียงพอในเชิงสถิติ ในขณะที่อายุ พบว่ามีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมบางด้านอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ได้แก่ การคัดแยกขยะก่อนทิ้ง ($p = 0.010$) การจัดการขยะอันตราย ($p < 0.001$) และการรับรู้เกี่ยวกับจุดทิ้งขยะประเภทพิเศษ ($p < 0.001$) ขณะที่พฤติกรรมด้านการจัดการขยะอินทรีย์ ($p = 0.152$) และการจัดการขยะรีไซเคิล ($p = 0.484$) ไม่พบความสัมพันธ์กับอายุอย่างมีนัยสำคัญ สำหรับปัจจัยด้านโครงสร้างครัวเรือน พบว่า ขนาดครัวเรือนมีความสัมพันธ์กับปริมาณขยะที่เกิดขึ้นในครัวเรือนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = 0.008$)

ในด้านทัศนคติ พบว่า ทัศนคติต่อความสำคัญของการคัดแยกขยะมีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการคัดแยกขยะ ($p < 0.001$) การจัดการขยะอินทรีย์ ($p = 0.003$) และการจัดการขยะอันตราย ($p = 0.032$) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่การจัดการขยะรีไซเคิล ($p = 0.282$) และการรับรู้เกี่ยวกับจุดทิ้งขยะประเภทพิเศษ ($p = 0.064$) ไม่พบความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญ ในส่วนของความสนใจในการเข้าร่วมกิจกรรมลดขยะ พบว่ามีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการคัดแยกขยะ ($p < 0.001$) การจัดการขยะอินทรีย์ ($p < 0.001$) การจัดการขยะรีไซเคิล ($p < 0.001$) การจัดการขยะอันตราย ($p < 0.001$) และการรับรู้เกี่ยวกับจุดทิ้งขยะประเภทพิเศษ ($p < 0.001$) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในทางตรงกันข้าม ความต้องการให้หน่วยงานท้องถิ่นเข้ามาดำเนินการจัดเก็บขยะ ไม่พบความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการจัดการขยะในทุกด้าน ได้แก่ การคัดแยกขยะ ($p = 0.151$) การจัดการขยะอินทรีย์ ($p = 0.795$) การจัดการขยะรีไซเคิล ($p = 0.692$) การจัดการขยะอันตราย ($p = 0.864$) และการรับรู้เกี่ยวกับจุดทิ้งขยะประเภทพิเศษ ($p = 0.120$) นอกจากนี้ ยังพบว่าการรับรู้เกี่ยวกับจุดทิ้งขยะประเภทพิเศษมีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการจัดการขยะอันตรายอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.001$)

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยกับพฤติกรรมการจัดการขยะ (Chi-square test)

ปัจจัย	ตัวแปรพฤติกรรม	χ^2	df	p-value
ระดับการศึกษา	การคัดแยกขยะก่อนทิ้ง	10.434	8	0.236
อายุ	การคัดแยกขยะก่อนทิ้ง	20.171	8	0.010*
	การจัดการขยะอินทรีย์	21.745	16	0.152
	การจัดการขยะรีไซเคิล	15.563	16	0.484
	การจัดการขยะอันตราย	43.204	12	0.000*
	การรับรู้จุดทิ้งขยะประเภทพิเศษ	41.692	12	0.000*
ขนาดครัวเรือน	ปริมาณขยะมูลฝอยของครัวเรือน	17.365	6	0.008*
ทัศนคติต่อการคัดแยกขยะ	การคัดแยกขยะก่อนทิ้ง	31.564	2	0.000*
	การจัดการขยะอินทรีย์	15.990	4	0.003*
	การจัดการขยะรีไซเคิล	5.057	4	0.282
	การจัดการขยะอันตราย	8.825	3	0.032*
	การรับรู้จุดทิ้งขยะประเภทพิเศษ	7.271	3	0.064
การสนใจเข้าร่วมกิจกรรมลดขยะ	การคัดแยกขยะก่อนทิ้ง	51.127	4	0.000*
	การจัดการขยะอินทรีย์	33.819	8	0.000*
	การจัดการขยะรีไซเคิล	28.630	8	0.000*
	การจัดการขยะอันตราย	32.526	6	0.000*
	การรับรู้จุดทิ้งขยะประเภทพิเศษ	41.319	6	0.000*
บริการรถเก็บขยะส่วนท้องถิ่น	การคัดแยกขยะก่อนทิ้ง	3.776	2	0.151
	การจัดการขยะอินทรีย์	1.679	4	0.795
	การจัดการขยะรีไซเคิล	2.237	4	0.692
	การจัดการขยะอันตราย	0.738	3	0.864
	การรับรู้จุดทิ้งขยะประเภทพิเศษ	5.830	3	0.120
วิธีจัดการขยะอันตราย	การรับรู้จุดทิ้งขยะประเภทพิเศษ	36.443	9	0.000*

หมายเหตุ *p<0.05

จากการวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติก (logistic regression) เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความยินดีในการจ่ายค่าบริการจัดการขยะของประชาชน ดังตารางที่ 2 พบว่า มีเพียงบางปัจจัยเท่านั้นที่มีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพบว่า ความถี่ในการนำขยะออกไปจัดการของครัวเรือน (p = 0.014) การรับรู้เกี่ยวกับจุดทิ้งขยะประเภทพิเศษ (p < 0.001) และความต้องการให้มีบริการจัดเก็บขยะของหน่วยงานท้องถิ่น (p = 0.014) เป็นปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับความยินดีในการจ่ายค่าบริการอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงให้เห็นว่าปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการรับรู้และการเข้าถึงระบบการจัดการขยะ รวมถึงลักษณะการใช้บริการจริงของประชาชน มีบทบาทสำคัญต่อการตัดสินใจจ่ายค่าบริการ ในขณะที่ปัจจัยด้านปริมาณขยะที่เกิดขึ้นในครัวเรือน ได้แก่ ปริมาณขยะมูลฝอยรวม ปริมาณขยะอินทรีย์ และปริมาณขยะรีไซเคิล ไม่พบความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เช่นเดียวกับพฤติกรรมการคัดแยกขยะ วิธีการจัดการขยะอินทรีย์ และความสนใจในการเข้าร่วมกิจกรรมลด

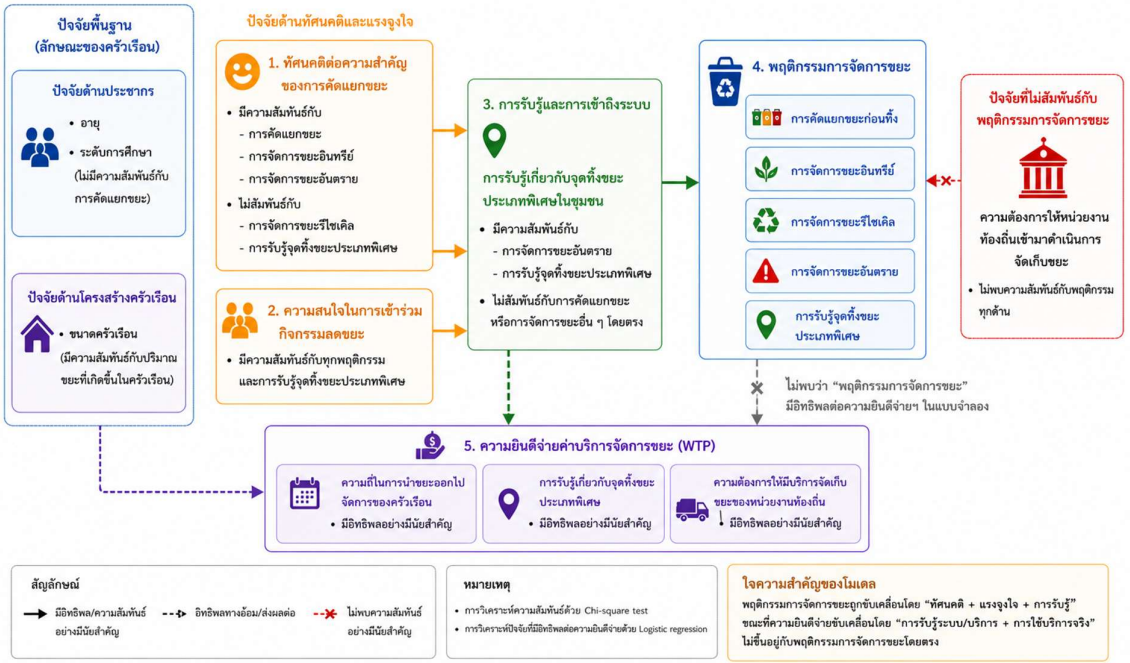
ขยะ ซึ่งไม่พบอิทธิพลต่อความยินดีในการจ่ายค่าบริการในแบบจำลองนี้ ผลการศึกษานี้สะท้อนให้เห็นว่า ความยินดีในการจ่ายค่าบริการจัดการขยะของประชาชนไม่ได้ขึ้นอยู่กับปริมาณขยะหรือพฤติกรรมพื้นฐานเพียงอย่างเดียว แต่มีความเกี่ยวข้องกับการรับรู้ การเข้าถึงบริการ และประสบการณ์ในการใช้ระบบจัดการขยะของชุมชนเป็นสำคัญ

จากผลการวิเคราะห์พบว่า ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับพฤติกรรมการจัดการขยะและความยินดีในการจ่ายค่าบริการมีความเชื่อมโยงกันหลายมิติ โดยปัจจัยด้านทัศนคติ การรับรู้ และการเข้าถึงระบบมีบทบาทสำคัญต่อการเกิดพฤติกรรม ขณะที่ความยินดีในการจ่ายค่าบริการมีความสัมพันธ์กับประสบการณ์ในการใช้บริการและการรับรู้ระบบมากกว่าพฤติกรรมโดยตรง ผู้วิจัยจึงได้สังเคราะห์ผลการวิเคราะห์ทั้งหมดเป็นโมเดลความสัมพันธ์ของปัจจัยที่เกี่ยวข้อง ดังแสดงในรูปที่ 2

ตารางที่ 2 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความยินดีจ่ายค่าบริการจัดการขยะ (Logistic regression)

ตัวแปร	df	p-value
ปริมาณขยะมูลฝอยของครัวเรือนโดยเฉลี่ยต่อวัน	3	0.523
ความถี่ในการนำขยะในครัวเรือนออกไปจัดการ	3	0.014*
ปริมาณขยะอินทรีย์ในครัวเรือนโดยเฉลี่ยต่อวัน	3	0.168
ปริมาณขยะรีไซเคิลในครัวเรือนโดยเฉลี่ยต่อวัน	3	0.147
การคัดแยกขยะก่อนทิ้งของครัวเรือน	2	0.226
วิธีจัดการขยะอินทรีย์ของครัวเรือน	4	0.130
การรับรู้จุดทิ้งขยะประเภทพิเศษ	3	0.000*
การสนใจเข้าร่วมกิจกรรมลดขยะ	2	0.378
บริการรถเก็บขยะส่วนท้องถิ่น	1	0.014*

หมายเหตุ *p<0.05



รูปที่ 2 โมเดลความสัมพันธ์ของปัจจัยที่เกี่ยวข้องกบพฤติกรรมการจัดการขยะและความยินดีจ่ายค่าบริการต่อการจัดการขยะของประชาชน

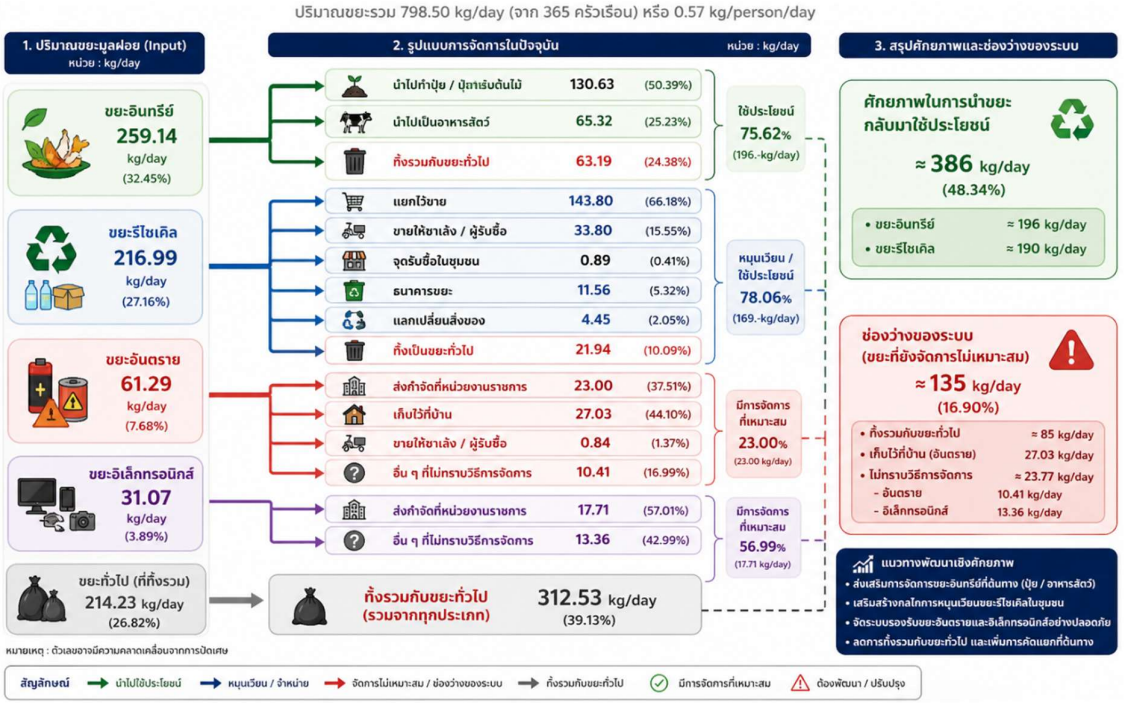
3. การประเมินศักยภาพในการพัฒนาระบบการจัดการขยะมูลฝอยอย่างยั่งยืนในพื้นที่ศึกษา

การประเมินศักยภาพในงานวิจัยนี้เป็นการประเมินเชิงพรรณนา (Descriptive Assessment) โดยอาศัยการสังเคราะห์ข้อมูลจากปริมาณและองค์ประกอบของขยะ รูปแบบการจัดการขยะของครัวเรือน พฤติกรรมของประชาชน และข้อมูลการไหลของขยะในพื้นที่ เพื่อพิจารณาโอกาสและข้อจำกัดในการพัฒนาระบบการจัดการขยะมูลฝอยในระดับชุมชน โดยมิได้กำหนดเกณฑ์การให้คะแนนหรือดัชนีศักยภาพเชิงปริมาณ จากผลการวิเคราะห์ในส่วนก่อนหน้า พบว่า ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับพฤติกรรมการจัดการขยะและความยินดีในการจ่ายค่าบริการมีลักษณะเชื่อมโยงกันในหลายมิติ ทั้งด้านทัศนคติ การรับรู้ การเข้าถึงระบบ และลักษณะการใช้บริการของประชาชน ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าการพัฒนาระบบการจัดการขยะมูลฝอยในระดับพื้นที่จำเป็นต้องพิจารณาทั้งด้านปริมาณขยะ พฤติกรรมของประชาชน และความพร้อมของระบบบริการควบคู่กัน ดังนั้น ในส่วนนี้จึงมุ่งประเมินศักยภาพของพื้นที่ศึกษาในการพัฒนาระบบการจัดการขยะมูลฝอย โดยพิจารณาจากข้อมูลปริมาณและองค์ประกอบของขยะในครัวเรือน รวมถึงรูปแบบการจัดการขยะในปัจจุบันของประชาชน เพื่อนำมาวิเคราะห์ศักยภาพเบื้องต้นของพื้นที่ในการพัฒนาระบบจัดการขยะที่เหมาะสม

ปริมาณขยะเฉลี่ยต่อครัวเรือนในแต่ละวัน คำนวณโดยใช้ค่ากลางของแต่ละช่วงข้อมูล โดยกำหนดค่ากลางของช่วงน้อยกว่า 1 กิโลกรัม/วัน เท่ากับ 0.5 กิโลกรัม/วัน ช่วง 1–3 กิโลกรัม/วัน เท่ากับ 2 กิโลกรัม/วัน ช่วง 3–5 กิโลกรัม/วัน เท่ากับ 4 กิโลกรัม/วัน และช่วงมากกว่า 5 กิโลกรัม/วัน กำหนดค่าประมาณเท่ากับ 6 กิโลกรัม/วัน จากการคำนวณพบว่าพื้นที่ศึกษามีปริมาณขยะรวมประมาณ 798.50 กิโลกรัมต่อวัน จาก 365 ครัวเรือน คิดเป็นปริมาณขยะเฉลี่ย 2.19 กิโลกรัมต่อครัวเรือนต่อวัน หรือประมาณ 0.57 กิโลกรัมต่อคนต่อวัน (ประชากรรวม 1,397 คน) เมื่อจำแนกตามประเภท พบว่า ขยะอินทรีย์มีปริมาณสูงที่สุด (259.14 กิโลกรัม/วัน) รองลงมาคือขยะรีไซเคิล (216.99 กิโลกรัม/วัน) และขยะทั่วไป (214.23 กิโลกรัม/วัน) ขณะที่

ขยะอันตราย ขยะอิเล็กทรอนิกส์ และขยะชิ้นใหญ่มีปริมาณน้อยกว่า ได้แก่ 61.29, 31.07 และ 15.83 กิโลกรัมต่อวัน ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาร่วมกับรูปแบบการจัดการขยะในปัจจุบันของประชาชน พบว่า ขยะอินทรีย์ส่วนใหญ่ร้อยละ 75.62 ของปริมาณขยะอินทรีย์ทั้งหมด ถูกนำไปใช้ประโยชน์ เช่น การให้อาหารสัตว์และการทำปุ๋ย ซึ่งสะท้อนถึงศักยภาพของพื้นที่ในการพัฒนาระบบจัดการขยะอินทรีย์ในระดับชุมชน ขณะที่ขยะรีไซเคิลร้อยละ 78.06 ของปริมาณขยะรีไซเคิลทั้งหมด มีการคัดแยกและหมุนเวียนกลับเข้าสู่ระบบผ่านการขายหรือโครงการของหน่วยงานภาครัฐ เช่น ธนาคารขยะหรือกิจกรรมแลกเปลี่ยน สะท้อนถึงศักยภาพในการพัฒนาเศรษฐกิจหมุนเวียนในระดับชุมชน สำหรับขยะอันตราย พบว่ามีการรวบรวมเพื่อนำไปกำจัดอย่างเหมาะสมร้อยละ 56.99 อย่างไรก็ตาม ยังพบว่ามีขยะบางส่วนจากหลายประเภทถูกทิ้งรวมกับขยะทั่วไป ส่งผลให้มีปริมาณขยะที่เข้าสู่ระบบกำจัดแบบรวมสูงถึง 312.53 กิโลกรัมต่อวัน นอกจากนี้ ยังมีขยะบางส่วน โดยเฉพาะขยะอันตราย (10.41 กิโลกรัม/วัน) ขยะอิเล็กทรอนิกส์ (13.36 กิโลกรัม/วัน) และขยะชิ้นใหญ่ (15.83 กิโลกรัม/วัน) ที่ไม่สามารถระบุรูปแบบการจัดการได้อย่างชัดเจน (รูปที่ 3)



รูปที่ 3 แผนภาพการไหลของขยะมูลฝอยและรูปแบบการจัดการขยะในครัวเรือนของพื้นที่ที่ศึกษา

โดยสรุป การประเมินศักยภาพจากปริมาณและองค์ประกอบของขยะร่วมกับรูปแบบการจัดการในปัจจุบัน แสดงให้เห็นว่าพื้นที่ศึกษามีศักยภาพในการพัฒนาระบบการจัดการขยะที่เน้นการจัดการที่ต้นทางและการนำกลับมาใช้ประโยชน์ โดยเฉพาะขยะอินทรีย์และขยะรีไซเคิลซึ่งมีปริมาณสูงและมีการนำไปใช้ประโยชน์อยู่แล้วในระดับหนึ่ง อย่างไรก็ตาม ยังพบว่ามีขยะจำนวนหนึ่งที่ถูกทิ้งรวมกับขยะทั่วไป รวมถึงขยะบางประเภทที่ไม่สามารถระบุรูปแบบการจัดการได้อย่างชัดเจน ซึ่งสะท้อนถึงช่องว่างของระบบจัดการขยะในพื้นที่ เมื่อพิจารณาร่วมกับแผนภาพการไหลของขยะ จะเห็นได้ว่าพื้นที่ศึกษามีทั้ง "ศักยภาพ" และ "ข้อจำกัด" อยู่ร่วมกัน กล่าวคือ แม้จะมีฐานพฤติกรรมและรูปแบบการจัดการที่สามารถต่อยอดได้ แต่ยังจำเป็นต้องพัฒนาระบบรองรับในบางส่วน โดยเฉพาะการจัดการขยะที่มีความเสี่ยงและการลดปริมาณขยะที่เข้าสู่ระบบกำจัด

แบบรวม ผลการศึกษานี้จึงชี้ให้เห็นว่าการพัฒนาระบบการจัดการขยะในพื้นที่ควรมุ่งเน้นการเสริมสร้างการจัดการที่ต้นทาง การสนับสนุนกลไกการหมุนเวียนทรัพยากรในชุมชน และการพัฒนาระบบรองรับขยะเฉพาะประเภท เพื่อให้สามารถนำไปสู่การจัดการขยะอย่างยั่งยืนในระดับพื้นที่ได้อย่างเหมาะสม

การอภิปรายผล

ผลการศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าขยะมูลฝอยในระดับครัวเรือนมีองค์ประกอบหลักเป็นขยะอินทรีย์และขยะรีไซเคิล ซึ่งสอดคล้องกับรายงานสถานการณ์ขยะมูลฝอยของกรมควบคุมมลพิษ (2566) ที่ระบุว่าขยะอินทรีย์ยังคงเป็นสัดส่วนสูงสุดของขยะชุมชนในประเทศไทย และมีศักยภาพในการนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้สูง ทั้งนี้ลักษณะดังกล่าวยังสอดคล้องกับแนวโน้มระดับภูมิภาคที่รายงานโดย (United Nations Environment Programme, 2024) ซึ่งชี้ว่าประเทศกำลังพัฒนามีขยะอินทรีย์เป็นองค์ประกอบหลัก และควรมุ่งเน้นการจัดการที่ต้นทาง ในด้านพฤติกรรม พบว่าประชาชนมีการคัดแยกขยะและนำไปใช้ประโยชน์ในระดับหนึ่ง โดยเฉพาะขยะอินทรีย์และขยะรีไซเคิล ซึ่งสะท้อนถึงศักยภาพเชิงพฤติกรรมของชุมชน อย่างไรก็ตาม ยังพบว่ามีขยะบางส่วนที่ถูกทิ้งรวมกับขยะทั่วไป ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของกรมควบคุมมลพิษ (2566) ที่ระบุว่าปัญหาหลักของการจัดการขยะในประเทศไทยยังอยู่ที่การคัดแยกไม่สมบูรณ์และข้อจำกัดด้านระบบรองรับ

ผลการวิเคราะห์ปัจจัยพบว่า ทัศนคติ และความสนใจในการมีส่วนร่วม มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการจัดการขยะอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดด้านพฤติกรรมสิ่งแวดล้อม (โสมสกาว และอุ่นกัง 2568; Ajzen, 1991) ที่อธิบายว่าทัศนคติและความตั้งใจเป็นตัวกำหนดพฤติกรรม อย่างไรก็ตาม ผลการศึกษานี้พบว่าทัศนคติไม่สามารถอธิบายพฤติกรรมได้ในทุกมิติ โดยเฉพาะพฤติกรรมบางประเภท เช่น การจัดการขยะรีไซเคิล ซึ่งอาจขึ้นอยู่กับปัจจัยด้านโครงสร้างและความสะดวกในการเข้าถึงมากกว่า นอกจากนี้ การรับรู้เกี่ยวกับจุดทิ้งขยะประเภทพิเศษมีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการจัดการขยะอันตรายอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งสอดคล้องกับงานศึกษาพฤติกรรมการจัดการขยะระดับครัวเรือนที่พบว่าพฤติกรรมจริงยังขึ้นอยู่กับปัจจัยด้านโครงสร้างและบริบทของพื้นที่ร่วมด้วย (ชินภัทร, 2567; นพเก้า และคณะ 2568) โดยการเข้าถึงระบบและโครงสร้างพื้นฐานเป็นปัจจัยสำคัญในการส่งเสริมพฤติกรรมการจัดการขยะที่ถูกต้อง โดยเฉพาะขยะที่ต้องการการจัดการเฉพาะ ในส่วนของความยินดีในการจ่ายค่าบริการ พบว่ามีความสัมพันธ์กับการรับรู้ระบบและลักษณะการใช้บริการ มากกว่าปริมาณขยะหรือพฤติกรรมพื้นฐาน ซึ่งสะท้อนว่าการยอมรับในการจ่ายค่าบริการขึ้นอยู่กับการรับรู้คุณภาพบริการและความเชื่อมั่นในระบบ

ผลการวิเคราะห์ด้วย Logistic Regression ยังแสดงให้เห็นว่าปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการรับรู้ระบบและรูปแบบการให้บริการมีอิทธิพลต่อความยินดีในการจ่ายค่าบริการจัดการขยะมูลฝอยของประชาชน ซึ่งสะท้อนว่าการยอมรับค่าบริการไม่ได้เกิดจากปริมาณขยะที่เกิดขึ้นเพียงอย่างเดียว แต่ขึ้นอยู่กับความเชื่อมั่นว่าระบบสามารถให้บริการได้อย่างมีประสิทธิภาพและตอบสนองต่อความต้องการของชุมชน ผลการศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่าการพัฒนาระบบจัดการขยะมูลฝอยควรดำเนินควบคู่ไปกับการสร้างความเข้าใจ การสื่อสารข้อมูล และการยกระดับคุณภาพการให้บริการ เพื่อเพิ่มการยอมรับและการมีส่วนร่วมของประชาชนในการสนับสนุนค่าใช้จ่ายของระบบ ทั้งนี้ ความยินดีในการจ่ายค่าบริการถือเป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยสร้างความมั่นคงด้านงบประมาณสำหรับการดำเนินงานด้านการจัดการขยะมูลฝอยในระยะยาว อันจะนำไปสู่การพัฒนาระบบเก็บขน การจัดการขยะเฉพาะประเภท และโครงสร้างพื้นฐานที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น ซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญของการจัดการขยะมูลฝอยอย่างยั่งยืนในระดับชุมชน

เมื่อพิจารณาร่วมกับผลการวิเคราะห์เชิงปริมาณและแผนภาพการไหลของขยะ พบว่าพื้นที่ศึกษามีแนวโน้มที่เอื้อต่อการพัฒนาระบบจัดการขยะที่เน้นการลดที่ต้นทางและการหมุนเวียนทรัพยากร โดยเฉพาะในกลุ่มขยะอินทรีย์และขยะรีไซเคิล อย่างไรก็ตาม ยังมีช่องว่างของระบบในส่วนของขยะที่ถูกทิ้งรวมและขยะที่ไม่สามารถระบุรูปแบบการจัดการได้อย่างชัดเจน

โดยเฉพาะขยะอันตรายและขยะอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งเป็นขยะที่มีความเสี่ยงและต้องการระบบจัดการเฉพาะ ดังนั้น ผลการศึกษานี้จึงชี้ให้เห็นว่า การพัฒนาระบบการจัดการขยะมูลฝอยอย่างยั่งยืนในระดับพื้นที่ควรมุ่งเน้นการบูรณาการระหว่างพฤติกรรมของประชาชนและโครงสร้างของระบบ โดยเน้นการจัดการที่ต้นทาง การเพิ่มการเข้าถึงระบบรองรับ และการสนับสนุนกลไกเศรษฐกิจหมุนเวียนในระดับชุมชน เพื่อให้สามารถลดปริมาณขยะที่เข้าสู่ระบบกำจัดและเพิ่มประสิทธิภาพของระบบโดยรวมได้อย่างยั่งยืน

จากผลการศึกษา สามารถเสนอแนะแนวทางในการพัฒนาระบบการจัดการขยะมูลฝอยในระดับพื้นที่ได้ดังนี้ ประการแรก ควรส่งเสริมการจัดการขยะที่ต้นทาง โดยเฉพาะขยะอินทรีย์และขยะรีไซเคิล ซึ่งเป็นขยะที่มีปริมาณสูงในพื้นที่ศึกษาและมีศักยภาพในการนำกลับมาใช้ประโยชน์อยู่แล้ว การสนับสนุนองค์ความรู้และการสร้างแรงจูงใจให้ประชาชนสามารถจัดการขยะภายในครัวเรือนได้อย่างต่อเนื่อง จะช่วยลดปริมาณขยะที่เข้าสู่ระบบกำจัดปลายทางได้อย่างมีนัยสำคัญ ประการที่สอง ควรพัฒนาและเพิ่มการเข้าถึงระบบรองรับขยะเฉพาะประเภท โดยเฉพาะขยะอันตรายและขยะอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งจากผลการศึกษาพบว่ายังมีบางส่วนที่ไม่สามารถระบุรูปแบบการจัดการได้อย่างชัดเจน การจัดให้มีจุดรับทิ้งที่เข้าถึงได้ง่าย สม่ำเสมอ และมีการประชาสัมพันธ์อย่างทั่วถึง จะช่วยส่งเสริมให้ประชาชนจัดการขยะได้อย่างถูกต้องมากขึ้น ประการที่สาม ควรส่งเสริมกลไกการหมุนเวียนทรัพยากรในระดับชุมชน เช่น ธนาคารขยะ ระบบรับซื้อของเก่า หรือกิจกรรมแลกเปลี่ยน ซึ่งสอดคล้องกับพฤติกรรมของประชาชนที่มีการคัดแยกและนำขยะรีไซเคิลไปใช้ประโยชน์อยู่แล้ว โดยการพัฒนากลไกเหล่านี้ให้มีความต่อเนื่องและเข้มแข็ง จะช่วยเพิ่มมูลค่าของขยะและลดปริมาณของเสียได้ ประการที่สี่ ควรพัฒนาการสื่อสารและสร้างความตระหนักรู้ควบคู่กับการพัฒนาระบบ เนื่องจากผลการศึกษาพบว่าทัศนคติและการรับรู้มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรม แต่ไม่เพียงพอหากไม่มีระบบรองรับที่เหมาะสม ดังนั้น การดำเนินการควรเน้นทั้งด้านพฤติกรรมและโครงสร้างไปพร้อมกัน สุดท้าย ควรพิจารณาการพัฒนารูปแบบการให้บริการจัดการขยะที่สอดคล้องกับบริบทของพื้นที่ โดยคำนึงถึงความต้องการและความยินดีในการจ่ายค่าบริการของประชาชน เพื่อให้ระบบสามารถดำเนินการได้อย่างยั่งยืนในระยะยาว

อย่างไรก็ตาม การศึกษาครั้งนี้มีข้อจำกัดบางประการที่ควรพิจารณาในการตีความผลการศึกษา ได้แก่ ข้อมูลส่วนใหญ่ได้มาจากการรายงานของกลุ่มตัวอย่าง (self-report) ซึ่งอาจมีความคลาดเคลื่อนจากสภาพความเป็นจริง นอกจากนี้ พื้นที่ศึกษาครอบคลุมเพียง 1 ตำบล จึงอาจมีข้อจำกัดในการอ้างอิงผลไปยังพื้นที่อื่นที่มีบริบทแตกต่างกัน อีกทั้งการประเมินปริมาณขยะอาศัยข้อมูลจากการตอบแบบสอบถามของครัวเรือนและไม่ได้ใช้วิธีการชั่งน้ำหนักขยะจริง ดังนั้น การศึกษาในอนาคตควรมีการเก็บข้อมูลภาคสนามร่วมกับการวัดปริมาณขยะจริง และขยายพื้นที่ศึกษาให้ครอบคลุมบริบทที่หลากหลายมากขึ้น เพื่อเพิ่มความแม่นยำและความสามารถในการประยุกต์ใช้ผลการศึกษาในระดับพื้นที่ที่กว้างขึ้น

บทสรุป

ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าการจัดการขยะมูลฝอยในระดับครัวเรือนมีลักษณะเป็นระบบที่เชื่อมโยงระหว่างองค์ประกอบของขยะ พฤติกรรมของประชาชน และโครงสร้างของระบบจัดการ โดยพบว่าพื้นที่ศึกษามีขยะอินทรีย์และขยะรีไซเคิลเป็นองค์ประกอบหลัก ซึ่งเอื้อต่อการพัฒนาการจัดการที่ต้นทางและการนำกลับมาใช้ประโยชน์ อย่างไรก็ตาม แม้ประชาชนจะมีพฤติกรรมการคัดแยกและการใช้ประโยชน์จากขยะในระดับหนึ่ง แต่ยังคงมีขยะบางส่วนที่ถูกทิ้งรวมและขยะบางประเภทที่ไม่สามารถระบุรูปแบบการจัดการได้อย่างชัดเจน ซึ่งสะท้อนถึงข้อจำกัดของระบบจัดการขยะในพื้นที่ ในด้านปัจจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่าทัศนคติและความสนใจในการมีส่วนร่วมมีบทบาทต่อพฤติกรรมการจัดการขยะ แต่ไม่สามารถอธิบายพฤติกรรมได้ทั้งหมด โดยเฉพาะในกรณีที่เกี่ยวข้องกับการเข้าถึงระบบและความสะดวกในการจัดการ นอกจากนี้ การรับรู้เกี่ยวกับระบบจัดการขยะ โดยเฉพาะจุดทิ้งขยะประเภทพิเศษ มีความสำคัญต่อพฤติกรรมการจัดการขยะที่ถูกต้อง ขณะที่

ความยินดีในการจ่ายค่าบริการมีความสัมพันธ์กับการรับรู้คุณภาพและการเข้าถึงบริการ มากกว่าปัจจัยด้านปริมาณขยะ ดังนั้น การพัฒนาระบบการจัดการขยะมูลฝอยอย่างยั่งยืนในระดับพื้นที่ควรมุ่งเน้นการบูรณาการระหว่างการส่งเสริมพฤติกรรมของประชาชนและการพัฒนาระบบรองรับ โดยให้ความสำคัญกับการจัดการที่ต้นทาง การเพิ่มการเข้าถึงโครงสร้างพื้นฐาน และการสนับสนุนกลไกการหมุนเวียนทรัพยากรในชุมชน เพื่อให้สามารถลดปริมาณขยะที่เข้าสู่ระบบกำจัด และยกระดับประสิทธิภาพของระบบจัดการขยะโดยรวมได้อย่างยั่งยืน

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษานี้พัฒนาต่อยอดจากงานภาคนิพนธ์ระดับปริญญาตรีของหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาอนามัยสิ่งแวดล้อมและสาธารณภัย คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต โดยคณะผู้วิจัยขอขอบคุณผู้มีส่วนร่วมในการเก็บข้อมูล และชุมชนในพื้นที่ศึกษาที่ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดี

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงมหาดไทย. (2567). ประกาศกระทรวงมหาดไทย เรื่อง การจัดการมูลฝอย พ.ศ. 2567. ค้นเมื่อ 15 มีนาคม 2569. https://ratchakitcha.soc.go.th/documents/21482.pdf?fbclid=IwAR0GdJta720jRWRmhanmk_RVtk0VqM01_v4UZgooS84V_1nYab7KlcR694w.

กรมควบคุมมลพิษ. (2566). รายงานสถานการณ์มลพิษของประเทศไทย ปี พ.ศ. 2566. กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. ค้นเมื่อ 31 มีนาคม 2569. https://www.pcd.go.th/ebook/book18/PCD%202024.html

ชินภัทร์ เย็นฉ่ำ. (2567). การศึกษาพฤติกรรมการจัดการขยะมูลฝอยของครัวเรือนในเขตพื้นที่องค์การบริหารส่วนตำบลหนองเหียง อำเภอพนัสนิคม จังหวัดชลบุรี. วิทยานิพนธ์ปริญญารัฐศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชายุทธศาสตร์และความมั่นคง คณะรัฐศาสตร์และนิติศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา.

นพเก้า บัวงาม, พัชรี ศรีกุตา, สิริสุดา ฐานะปัตโต และนฤพร พร่องครบุรี. (2568). ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการจัดการขยะมูลฝอยในครัวเรือน อำเภอด่านขุนทด จังหวัดนครราชสีมา. วารสารวิชาการสำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 9 จังหวัดนครราชสีมา. 31(3): 77-90.

โสมสกาว เพชรานนท์ และอุ่นกัง แซ่ลิ้ม. (2568). ปัจจัยที่ส่งผลต่อพฤติกรรมการคัดแยกขยะมูลฝอยของประชาชนในกรุงเทพมหานคร. วารสารเศรษฐศาสตร์ประยุกต์และกลยุทธ์การจัดการ. 12(1): 205-223.

Ajzen I. (1991). The theory of planned behavior. Organizational Behavior and Human Decision Processes. 50(2): 179-211.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2019). 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Volume 5 – Waste. IPCC.

Kaza S., Yao L., Bhada-Tata P., Woerden F.V. and Levine D. (2018). What a waste 2.0: a global snapshot of solid waste management to 2050. Urban Development, World Bank. Accessed 1 Apr 2026. http://hdl.handle.net/10986/30317.

Thummikkaphong S., Kumsri S. and Singsook C. (2026). Knowledge, attitudes, and practices of source municipal solid waste management in rural and urban communities of Chachoengsao province, Thailand. Creative Science. 18(2): 265874.

United Nations Environment Programme (UNEP). (2024). Global waste management outlook 2024: beyond an age of waste - turning rubbish into a resource. Accessed 1 Apr 2026. https://www.unep.org/resources/global-waste-management-outlook-2024

Yamane T. (1967). Statistics: An Introductory Analysis (2nd ed.). New York: Harper and Row.

การพัฒนาไบโอเรซินเสริมแรงด้วยเส้นใยมะพร้าวเพื่อเป็นวัสดุคอมโพสิตทางเลือกที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

Development of bio-resin reinforced with coconut coir fiber as an environmentally friendly alternative composite material

วิมลมณี วิสาสะ[1*] ภูมิภัทร ขอยืดกลาง[1] วรรณษา ไชยสวัสดิ์[1] วราลี สินธุวา[1] และพอรินทร์ พุกพูนธนพัฒน์[1]

Wimolmanee Wisasa[1*], Phumipat Khoyudklang[1] Wannasa Chaisawad[1] Waralee Sinthuwa[1] and Porin Pukpoonthanapat [1]

[1]โรงเรียนวชิรธรรมสาธิต จังหวัดกรุงเทพมหานคร*

[1]Wachirathamsatit school Bangkok*

[*]Corresponding Author E-mail Address : wphirsakdi@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและศึกษาคุณสมบัติเบื้องต้นของไบโอเรซิน (Bio-resin) จากพอลิเมอร์ธรรมชาติ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาวัสดุคอมโพสิตที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม โดยเตรียมไบโอเรซินจากแป้งมันสำปะหลัง เจลาติน และกลีเซอรอล ผ่านกระบวนการควบคุมอุณหภูมิแบบคงที่ในช่วง 50–80 องศาเซลเซียส จากการทดลองจำนวน 4 ครั้ง พบว่าสูตรการผลิตที่ 4 ให้ไบโอเรซินที่มีลักษณะเหนียวหนืดสม่ำเสมอ สามารถยึดเกาะกับเส้นใยมะพร้าวได้ดีที่สุด จึงนำมาพัฒนาเป็นแผ่นไบโอคอมโพสิตเสริมแรงด้วยเส้นใยมะพร้าว จากการทดสอบสมบัติเชิงกลเบื้องต้นโดยการวัดการยืดตัวก่อนและหลังการแตกหัก พบว่าวัสดุมีค่าความเครียดขณะยืดหยุ่น (Elastic strain) ร้อยละ 10.0 และมีค่าการยืดตัวเมื่อขาด (Elongation at break) ร้อยละ 25.0 แสดงให้เห็นว่าวัสดุมีแนวโน้มของความเหนียวและสามารถยืดตัวได้ในระดับหนึ่งก่อนเกิดการแตกหัก ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าไบโอเรซินจากเส้นใยมะพร้าวมีศักยภาพในการพัฒนาเป็นวัสดุคอมโพสิตทดแทนวัสดุสังเคราะห์ เช่น ไฟเบอร์กลาส อีกทั้งยังช่วยเพิ่มมูลค่าให้กับวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรและลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

คำสำคัญ: ไบโอเรซิน, เส้นใยมะพร้าว, วัสดุคอมโพสิต, ไฟเบอร์กลาส, วัสดุชีวภาพ

Abstract

This research aimed to develop and study the preliminary properties of bio-resin from natural polymers for environmentally friendly composite material applications. The bio-resin was prepared from cassava starch, gelatin, and glycerol using a constant temperature control process at 50–80°C. Four experimental trials were conducted, and the fourth formulation provided the most suitable viscosity and consistency with the best adhesion to coconut fiber. Therefore, it was selected for developing coconut fiber-reinforced biocomposite sheets. Preliminary mechanical testing was performed by measuring elongation before and

after fracture. The results showed an elastic strain of 10.0% and an elongation at break of 25.0%, indicating a tendency toward toughness and flexibility before fracture. The findings suggest that coconut fiber-based bio-resin has potential for development as an alternative composite material to synthetic materials such as fiberglass. In addition, the material can increase the value of agricultural waste and reduce environmental impacts from non-biodegradable materials.

Keywords: Bio-resin, Coconut fiber, Composite material, Fiberglass, Biomaterial

บทนำ

ในปัจจุบันโลกกำลังเผชิญกับปัญหาภาวะโลกร้อน (Global warming) ที่ทวีความรุนแรงมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง ซึ่งมีสาเหตุสำคัญจากการเพิ่มขึ้นของก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse gases) ในบรรยากาศ โดยเฉพาะก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (Carbon dioxide; CO_2) และก๊าซมีเทน (Methane; CH_4) ที่ส่งผลให้เกิดการกักเก็บความร้อนในชั้นบรรยากาศมากขึ้น นำไปสู่การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate change) และส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศ เศรษฐกิจ และคุณภาพชีวิตของมนุษย์ทั่วโลก โดยก๊าซมีเทนมีศักยภาพในการกักเก็บความร้อนสูงกว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ประมาณ 80 เท่าในช่วง 20 ปีแรกหลังการปล่อยสู่บรรยากาศ และมีส่วนทำให้อุณหภูมิโลกเพิ่มขึ้นประมาณร้อยละ 30 ตั้งแต่ยุคปฏิวัติอุตสาหกรรม (International Energy Agency, 2024)

แหล่งกำเนิดหนึ่งของก๊าซเรือนกระจกมาจากการย่อยสลายของขยะชีวภาพ (Biodegradable waste) แบบไร้ออกซิเจน (Anaerobic decomposition) เช่น เศษวัสดุทางการเกษตร เปลือกพืช เส้นใยธรรมชาติ และเศษอินทรียวัตถุต่าง ๆ เมื่อวัสดุเหล่านี้ถูกทิ้งสะสมหรือฝังกลบเป็นเวลานาน จะเกิดการหมักหมมและปล่อยก๊าซมีเทนรวมถึงก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกสู่บรรยากาศ ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมที่มีวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรจำนวนมาก ซึ่งวัสดุเหล่านี้มีศักยภาพในการนำกลับมาใช้ประโยชน์เพื่อลดปริมาณขยะและเพิ่มมูลค่าให้กับวัสดุชีวภาพ

เส้นใยมะพร้าวเป็นวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่มีศักยภาพในการนำกลับมาใช้ประโยชน์ เนื่องจากจัดอยู่ในกลุ่มเส้นใยลิกโนเซลลูโลส (Lignocellulosic fiber) ซึ่งประกอบด้วยเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน โดยเฉพาะลิกนิน (Lignin) ที่มีปริมาณค่อนข้างสูง ส่งผลให้เส้นใยมะพร้าวมีความแข็งแรง ทนต่อความชื้น ทนต่อการย่อยสลาย และสามารถดูดซับแรงกระแทกได้ดี จึงเหมาะสำหรับนำมาใช้เป็นวัสดุเสริมแรงในวัสดุคอมโพสิต (Composite material) (Jawaid and Khalil, 2011; Nissar et al., 2025)

ในปัจจุบันวัสดุสังเคราะห์ เช่น ไฟเบอร์กลาส (Fiberglass) ถูกนำมาใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตชิ้นส่วนโครงสร้างต่าง ๆ เนื่องจากมีความแข็งแรง น้ำหนักเบา และทนต่อการกัดกร่อน อย่างไรก็ตาม กระบวนการผลิตไฟเบอร์กลาสต้องใช้พลังงานสูงและมีการใช้สารเคมี เช่น สไตรีน (Styrene) และสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย (Volatile organic compounds; VOCs) ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อระบบทางเดินหายใจ สุขภาพของผู้ปฏิบัติงาน และสิ่งแวดล้อมโดยรอบ (Stamm et al., 2022) นอกจากนี้ไฟเบอร์กลาสยังเป็นวัสดุที่ย่อยสลายได้ยาก (Non-biodegradable) ทำให้เกิดปัญหาขยะสะสมในระยะยาว เมื่อพิจารณาร่วมกับรายงานขององค์การอุตุนิยมวิทยาโลก (World Meteorological Organization; WMO) ที่ระบุว่าในปี ค.ศ. 2023 อุณหภูมิเฉลี่ยของโลกสูงกว่าช่วงก่อนยุคอุตสาหกรรมประมาณ 1.45 องศาเซลเซียส (World Meteorological Organization, 2024) จึงสะท้อนให้เห็นถึงความจำเป็นในการพัฒนาวัสดุทางเลือกที่ลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

ด้วยเหตุนี้ คณะผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการพัฒนาไบโอเรซิน (Bio-resin) จากพอลิเมอร์ธรรมชาติ โดยใช้แป้งมันสำปะหลัง เจลาติน และกลีเซอรอล ร่วมกับการเสริมแรงด้วยเส้นใยมะพร้าว เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการพัฒนาเป็นวัสดุคอมโพสิตชีวภาพที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากระบวนการผลิตไบโอเรซินที่เหมาะสม ศึกษาความสามารถในการขึ้นรูปและการยึดเกาะกับเส้นใยมะพร้าว รวมถึงประเมินสมบัติเชิงกลเบื้องต้น ได้แก่ ค่าความเครียดขณะยืดหยุ่น (Elastic strain) และค่าการยืดตัวเมื่อขาด (Elongation at break) โดยมีสมมติฐานว่าไบโอเรซินที่เสริมแรงด้วยเส้นใยมะพร้าวจะมีความสามารถในการขึ้นรูป มีความเหนียว และมีศักยภาพในการพัฒนาเป็นวัสดุคอมโพสิตทางเลือกสำหรับลดการพึ่งพาวัสดุสังเคราะห์ที่ย่อยสลายได้ยาก

งานวิจัยนี้จึงมีคุณค่าทางวิชาการในด้านการพัฒนาวัสดุคอมโพสิตชีวภาพจากเส้นใยมะพร้าวซึ่งเป็นวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรร่วมกับไบโอเรซินจากพอลิเมอร์ธรรมชาติ โดยสามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการพัฒนาวัสดุทางเลือกที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ลดการพึ่งพาวัสดุสังเคราะห์ที่ย่อยสลายได้ยาก และสอดคล้องกับแนวคิด BCG Economy อย่างเป็นรูปธรรม ได้แก่ การใช้วัสดุชีวภาพ การเพิ่มมูลค่าวัสดุเหลือใช้ และการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม อีกทั้งยังเชื่อมโยงกับ SDG 9 ด้านนวัตกรรมและอุตสาหกรรม SDG 12 ด้านการผลิตและการบริโภคที่ยั่งยืน และ SDG 13 ด้านการรับมือกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

3.1 รูปแบบการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง เพื่อพัฒนาไบโอเรซินจากพอลิเมอร์ธรรมชาติและศึกษาความเหมาะสมของสูตรไบโอเรซินสำหรับใช้เป็นวัสดุคอมโพสิตเสริมแรงด้วยเส้นใยมะพร้าว โดยดำเนินการทดลองเปรียบเทียบสูตรไบโอเรซินจำนวน 3 สูตร รวมการทดลองทั้งหมด 4 ครั้ง จากนั้นคัดเลือกสูตรที่มีลักษณะเนื้อเรซินเหมาะสมที่สุดเพื่อนำไปผสมกับเส้นใยมะพร้าวและขึ้นรูปเป็นแผ่นไบโอคอมโพสิต

การศึกษานี้มุ่งประเมินสมบัติเบื้องต้นของวัสดุ ได้แก่ ลักษณะเนื้อไบโอเรซิน ความสามารถในการขึ้นรูป การยึดเกาะกับเส้นใยมะพร้าว และสมบัติเชิงกลเบื้องต้น ได้แก่ ค่าความเครียดขณะยืดหยุ่นและค่าการยืดตัวเมื่อขาด

3.2 วัสดุและอุปกรณ์

วัสดุที่ใช้ในการทดลองประกอบด้วย แป้งมันสำปะหลัง เจลาติน กลีเซอรอล น้ำกลั่น และเส้นใยมะพร้าว โดยแป้งมันสำปะหลังทำหน้าที่เป็นพอลิเมอร์ฐาน เจลาตินช่วยเพิ่มความสามารถในการสร้างโครงสร้างของวัสดุ กลีเซอรอลทำหน้าที่เป็นพลาสติไซเซอร์เพื่อเพิ่มความยืดหยุ่น น้ำกลั่นใช้เป็นตัวกลางในการละลายและกระจายตัวของวัตถุดิบ ส่วนเส้นใยมะพร้าวใช้เป็นวัสดุเสริมแรงในแผ่นไบโอคอมโพสิต

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ เครื่องให้ความร้อนพร้อมระบบกวนสาร เทอร์มอมิเตอร์ ภาชนะทนความร้อน บีกเกอร์ น้ำร้อนสำหรับให้ความร้อนทางอ้อม แม่พิมพ์สำหรับขึ้นรูปแผ่นวัสดุ เตาอบ ไม้บรรทัด และอุปกรณ์พื้นฐานสำหรับการเตรียมตัวอย่าง เช่น บีกเกอร์ แท่งแก้วคนสาร และเครื่องชั่ง

3.3 สูตรที่ใช้ในการทดลอง

การทดลองนี้เริ่มต้นจากการพัฒนาไบโอเรซินจำนวน 3 สูตรหลัก และมีการทดลองรวมทั้งหมด 4 ครั้ง โดยสูตรที่ 4 เป็นสูตรที่พัฒนาต่อยอดจากสูตรที่ 3 หลังจากพบปัญหาว่าเนื้อไบโอเรซินในสูตรเดิมมีความเหลวและไม่สามารถขึ้นรูปได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ในการพัฒนาสูตรที่ 4 มีการปรับสัดส่วนของวัตถุดิบและใช้บีกเกอร์น้ำร้อนสำหรับให้ความร้อนทางอ้อม โดยประยุกต์ใช้หลักการให้ความร้อนแบบ Water bath heating เพื่อควบคุมอุณหภูมิของสารละลายให้คงที่มากขึ้น และมีการปรับอุณหภูมิในทุกขั้นตอนที่ต้องให้ความร้อนรวมถึงปรับปริมาณให้มีความเหมาะสมมากขึ้น ส่งผลให้ไบโอเรซินมีความเหนียวหนืดสม่ำเสมอ สามารถยึดเกาะกับเส้นใยมะพร้าวและขึ้นรูปได้ดีกว่าสูตรก่อนหน้า

สูตรที่ใช้ในการผลิตไบโอเรซินสูตรที่ 4 ประกอบด้วย แป้งมันสำปะหลัง 175 กรัม เจลาติน 10 กรัม กลีเซอรอล 1 มิลลิลิตร และน้ำกลั่นรวม 1,217 มิลลิลิตร โดยควบคุมอุณหภูมิในช่วง 50–80 องศาเซลเซียสตลอดกระบวนการผลิต เพื่อป้องกันการเสียสภาพของวัตถุดิบจากความร้อนสูงเกินไป

3.4 การเตรียมไบโอเรซิน

เริ่มต้นจากการละลายเจลาตินในน้ำกลั่นที่อุณหภูมิประมาณ 50–60 องศาเซลเซียส พร้อมเติมกลีเซอรอลเพื่อช่วยเพิ่มความยืดหยุ่นให้กับวัสดุ จากนั้นเตรียมสารละลายแป้งมันสำปะหลังโดยผสมแป้งกับน้ำกลั่นและให้ความร้อนร่วมกับการกวนอย่างต่อเนื่องจนเกิดกระบวนการเจลาติไนเซชัน (Gelatinization)

ในการทดลองช่วงแรก พบว่าไบโอเรซินบางสูตรมีลักษณะเหลวเกินไปและไม่สามารถขึ้นรูปได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งคาดว่าเกิดจากอุณหภูมิที่ไม่คงที่และการละลายของวัตถุดิบที่ไม่สมบูรณ์ ดังนั้นจึงมีการพัฒนาสูตรที่ 4 โดยปรับสัดส่วนของวัตถุดิบและใช้บีกเกอร์น้ำร้อนสำหรับให้ความร้อนทางอ้อม เพื่อควบคุมอุณหภูมิของสารละลายให้คงที่มากขึ้น

การให้ความร้อนดังกล่าวใช้วิธีวางภาชนะบรรจุสารละลายลงในบีกเกอร์ที่มีน้ำร้อน เพื่อให้เกิดการถ่ายเทความร้อนทางอ้อม (Indirect heating) และช่วยลดการได้รับความร้อนโดยตรงจากแหล่งกำเนิดความร้อน ส่งผลให้สารละลายมีความสม่ำเสมอมากขึ้นและลดการจับตัวเป็นก้อนของวัตถุดิบ

ผลจากการปรับปรุงกระบวนการดังกล่าวทำให้สูตรที่ 4 มีลักษณะเหนียวหนืดเหมาะสม สามารถยึดเกาะกับเส้นใยมะพร้าวได้ดีกว่าสูตรก่อนหน้า และสามารถขึ้นรูปเป็นแผ่นไบโอคอมโพสิตได้ในระดับเบื้องต้น

3.5 การคัดเลือกสูตรไบโอเรซินที่เหมาะสม

หลังจากผลิตไบโอเรซินแต่ละสูตรแล้ว ทำการสังเกตและเปรียบเทียบลักษณะทางกายภาพของเนื้อไบโอเรซิน ได้แก่ ความเหลว ความหนืด ความสม่ำเสมอ การเซตตัว และความสามารถในการคงรูป สูตรที่มีลักษณะเหลวเกินไปหรือไม่สามารถขึ้นรูปได้จะไม่ถูกนำไปผสมกับเส้นใยมะพร้าว เนื่องจากไม่เหมาะสมต่อการใช้เป็นวัสดุประสานในคอมโพสิต

จากการทดลองพบว่าสูตรที่ 4 มีลักษณะเนื้อไบโอเรซินที่เหมาะสมที่สุด เนื่องจากมีความเหนียวหนืดเพียงพอ มีความสม่ำเสมอ และสามารถยึดเกาะกับเส้นใยมะพร้าวได้ดี จึงเลือกสูตรนี้สำหรับขั้นตอนการขึ้นรูปแผ่นไบโอคอมโพสิต

3.6 การขึ้นรูปแผ่นไบโอคอมโพสิตเสริมแรงด้วยเส้นใยมะพร้าว

นำไบโอเรซินสูตรที่ 4 มาผสมกับเส้นใยมะพร้าวที่เตรียมไว้ โดยกวนให้เส้นใยมะพร้าวกระจายตัวภายในเนื้อไบโอเรซินให้มากที่สุด จากนั้นเทส่วนผสมลงในแม่พิมพ์และปรับให้มีความหนาใกล้เคียงกันทั้งแผ่น แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิประมาณ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที เพื่อให้วัสดุเซตตัวและลดปริมาณน้ำส่วนเกิน

หลังจากอบแล้วนำชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์และปล่อยให้เย็นตัวที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นสังเกตลักษณะของแผ่นวัสดุ เช่น การคงรูป การแตกร้าว การแยกชั้นของวัสดุ และการกระจายตัวของเส้นใยมะพร้าว

3.7 การทดสอบสมบัติเบื้องต้นของวัสดุ

การทดสอบสมบัติเบื้องต้นของแผ่นไบโอคอมโพสิตแบ่งเป็น 2 ส่วน ได้แก่ การประเมินลักษณะทางกายภาพและการประเมินสมบัติเชิงกลเบื้องต้น

การประเมินลักษณะทางกายภาพทำโดยการสังเกตลักษณะของแผ่นวัสดุหลังการขึ้นรูป ได้แก่ ความสม่ำเสมอของเนื้อวัสดุ การยึดเกาะระหว่างไบโอเรซินกับเส้นใยมะพร้าว การแตกร้าว และการคงรูปของแผ่นวัสดุ

การประเมินสมบัติเชิงกลเบื้องต้นทำโดยการวัดความยาวของชิ้นทดสอบก่อนยืด หลังยืด และเมื่อเกิดการขาด โดยใช้ไม้บรรทัดเป็นเครื่องมือวัด จากนั้นนำค่าความยาวที่ได้มาคำนวณค่าความเครียดขณะยืดหยุ่นและค่าการยืดตัวเมื่อขาด การทดสอบนี้เป็นการประเมินเชิงเบื้องต้นเพื่อศึกษาพฤติกรรมการยืดตัวของวัสดุ ไม่ใช่การทดสอบแรงดึงตามมาตรฐานอุตสาหกรรม จึงอาจก่อให้เกิดความคลาดเคลื่อนจากข้อจำกัดของอุปกรณ์ วิธีการจับยึดชิ้นทดสอบ แรงดึงไม่คงที่ และตำแหน่งการอ่านค่าความยาว

ค่าความเครียดขณะยืดหยุ่นคำนวณจากสมการ

$$Elastic\ strain = \frac{L_1 - L_0}{L_0} \times 100 \quad (1)$$

โดยที่ L_0 คือ ความยาวเริ่มต้นของชิ้นทดสอบ และ L_1 คือ ความยาวของชิ้นทดสอบในช่วงที่ยังสามารถยืดตัวได้ก่อนเกิดการเสียรูปถาวร

ค่าการยืดตัวเมื่อขาดคำนวณจากสมการ

$$Elongation\ at\ break = \frac{L_b - L_0}{L_0} \times 100 \quad (2)$$

โดยที่ L_b คือ ความยาวของชิ้นทดสอบขณะเกิดการขาด และ L_0 คือ ความยาวเริ่มต้นของชิ้นทดสอบ

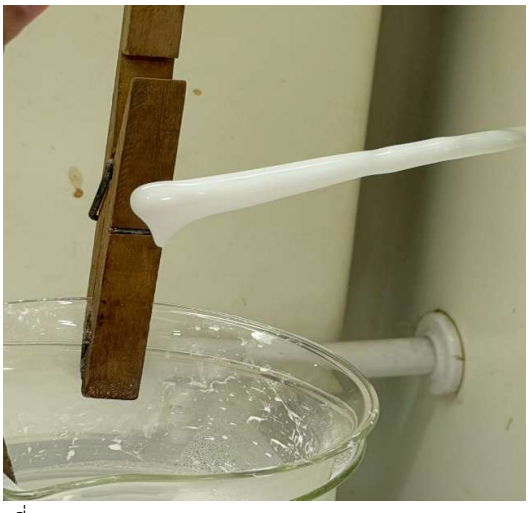
ผลการวิจัย

การวิจัยเรื่อง "การพัฒนาไบโอเรซินเสริมแรงด้วยเส้นใยมะพร้าวเพื่อเป็นวัสดุคอมโพสิตทางเลือกที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม" มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาศักยภาพของเส้นใยมะพร้าวในการพัฒนาเป็นวัสดุชีวภาพที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม โดยผลการศึกษาพบว่าเส้นใยมะพร้าว (Coconut fiber) เป็นเส้นใยกลุ่มลิกโนเซลลูโลส (Lignocellulosic fiber) ที่มีองค์ประกอบของเซลลูโลสประมาณ 27–45% เฮมิเซลลูโลสประมาณ 15–20% และมีปริมาณลิกนินสูงถึง 40–50% ซึ่งลิกนินในปริมาณสูงช่วยเพิ่มความแข็งแรง ความทนทานต่อการย่อยสลาย และความสามารถในการดูดซับแรงกระแทกได้ดี

ในด้านกระบวนการผลิต พบว่าสูตรการผลิตที่ 4 ให้ผลดีที่สุด โดยใช้บีกเกอร์น้ำร้อนสำหรับให้ความร้อนทางอ้อม เพื่อควบคุมอุณหภูมิของวัตถุดิบให้อยู่ในช่วง 50–80 องศาเซลเซียส ส่งผลให้ได้ไบโอเรซินที่มีความเหนียวหนืดเหมาะสม สามารถยึดเกาะกับเส้นใยมะพร้าวได้เป็นเนื้อเดียวกัน และสามารถขึ้นรูปเป็นแผ่นวัสดุได้ในระดับเบื้องต้น

ผลการทดสอบสมบัติเชิงกลเบื้องต้นของแผ่นไบโอเรซินเสริมแรงด้วยเส้นใยมะพร้าว พบว่ามีค่าความเครียดขณะยืดหยุ่น (Elastic strain) ร้อยละ 10.0 และมีค่าการยืดตัวเมื่อขาด (Elongation at break) ร้อยละ 25.0 ของความยาวเริ่มต้นก่อนเกิดการแตกหัก ซึ่งสะท้อนถึงศักยภาพของวัสดุในการนำไปพัฒนาเป็นวัสดุคอมโพสิตทดแทนวัสดุสังเคราะห์ เช่น ไฟเบอร์กลาส ได้ในอนาคต

นอกจากนี้ การนำเส้นใยมะพร้าวซึ่งเป็นวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาใช้ในการผลิตไบโอเรซิน ยังช่วยเพิ่มมูลค่าให้กับวัสดุชีวภาพ ลดปริมาณขยะทางการเกษตร และลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการใช้วัสดุสังเคราะห์ที่ย่อยสลายได้ยาก จึงเป็นอีกหนึ่งแนวทางในการพัฒนาวัสดุอย่างยั่งยืนตามแนวคิดเศรษฐกิจชีวภาพ-หมุนเวียน-สีเขียว (Bio-Circular-Green Economy; BCG Economy)



รูปที่ 1 ลักษณะของไบโอเรซินสูตรที่ 4



รูปที่ 2 ลักษณะแผ่นไบโอคอมโพสิตหลังผสมกับเส้นใยมะพร้าว

ตารางที่ 1 ผลการเปรียบเทียบลักษณะของไบโอเรซินแต่ละสูตร

สูตรการทดลอง	ผลการเปรียบเทียบลักษณะไบโอเรซิน		
	ลักษณะของไบโอเรซิน	ความสามารถในการขึ้นรูป	ผลการประเมิน
สูตรที่ 1	เหลว ไม่คงรูป	ไม่สามารถขึ้นรูปได้	ไม่เหมาะสม
สูตรที่ 2	เซตตัวช้า เนื้อไม่คงตัว	ขึ้นรูปได้ไม่ดี	ไม่เหมาะสม
สูตรที่ 3	เนื้อไม่สม่ำเสมอ ไม่ค่อยจับตัว	ขึ้นรูปได้ไม่ดี	ไม่เหมาะสม
สูตรที่ 4	เหนียวหนืดสม่ำเสมอ จับตัวกันได้	ขึ้นรูปได้	เหมาะสมต่อการขึ้นรูปเบื้องต้น

หมายเหตุ : สูตรที่ 4 พัฒนาจากสูตรที่ 3 โดยปรับสัดส่วนวัตถุดิบและใช้การให้ความร้อนทางอ้อมด้วยน้ำร้อนเพื่อควบคุมอุณหภูมิให้สม่ำเสมอมากขึ้น

ตารางที่ 2 ผลการขึ้นรูปแผ่นไบโอคอมโพสิตเสริมแรงด้วยเส้นใยมะพร้าว

รายการประเมิน	ผลการขึ้นรูปแผ่นไบโอคอมโพสิต	
	ผลการสังเกต	การแปลผล
การยึดเกาะระหว่างไบโอเรซินกับเส้นใยมะพร้าว	ไบโอเรซินสามารถเคลือบและยึดเกาะกับเส้นใยมะพร้าวได้ โดยเส้นใยถูกประสานอยู่ภายในเนื้อเรซิน	เหมาะสมต่อการขึ้นรูปเบื้องต้น
การกระจายตัวของเส้นใย	เส้นใยมะพร้าวกระจายตัวทั่วแผ่นวัสดุ แต่ยังพบการกระจุกตัวของเส้นใยในบางบริเวณ	ค่อนข้างเหมาะสมในระดับเบื้องต้น แต่ควรปรับปรุงการกระจายตัว
การคงรูปของแผ่นวัสดุ	วัสดุสามารถคงรูปเป็นแผ่นได้ภายในแม่พิมพ์	เหมาะสม
ความสม่ำเสมอของวัสดุ	ผิววัสดุมีลักษณะไม่เรียบทั้งหมด และมีความหนา/การเคลือบของเรซินไม่เท่ากันในบางจุด	ต้องปรับปรุงกระบวนการเกลี่ยและอัดขึ้นรูป
การแยกชั้นของวัสดุ	ไม่พบการแยกชั้นอย่างชัดเจนจากการสังเกตด้วยตาเปล่า	เหมาะสมในระดับเบื้องต้น
ความเหมาะสมโดยรวม	สามารถขึ้นรูปเป็นแผ่นไบโอคอมโพสิตได้ แต่ยังต้องปรับปรุงความสม่ำเสมอของเส้นใยและผิววัสดุ	เหมาะสมสำหรับการพัฒนาต่อ

หมายเหตุ : การประเมินเป็นการสังเกตลักษณะทางกายภาพเบื้องต้นของแผ่นไบโอคอมโพสิตหลังการขึ้นรูปด้วยตาเปล่า

จากการวัดความยาวของชิ้นทดสอบก่อนยืด ระหว่างยืด และเมื่อเกิดการขาด พบว่าชิ้นทดสอบมีความยาวเริ่มต้น 4.0 เซนติเมตร ความยาวในช่วงยืดหยุ่น 4.4 เซนติเมตร และความยาวเมื่อขาด 5.0 เซนติเมตร ดังแสดงในตารางที่ 3 จากนั้นนำค่าความยาวดังกล่าวมาคำนวณสมบัติเชิงกลเบื้องต้นของวัสดุ ได้ผลดังตารางที่ 4

ตารางที่ 3 ค่าความยาวของชิ้นทดสอบที่ใช้ในการคำนวณสมบัติเชิงกลเบื้องต้น

รายการวัด	ความยาว
	เซนติเมตร
ความยาวเริ่มต้นของชิ้นทดสอบ (L_0)	4.0
ความยาวในช่วงยืดหยุ่น (L_1)	4.4
ความยาวเมื่อขาด (L_β)	5.0

หมายเหตุ : ค่าความยาวดังกล่าววัดด้วยไม้บรรทัด และใช้สำหรับคำนวณสมบัติเชิงกลเบื้องต้นของแผ่นไบโอคอมโพสิต

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบสมบัติเชิงกลเบื้องต้นของแผ่นไบโอคอมโพสิตเสริมแรงด้วยเส้นใยมะพร้าว

สมบัติเชิงกล	ผลการทดลอง
	ร้อยละ (%)
ค่าความเครียดขณะยืดหยุ่น (Elastic strain)	10.0
ค่าการยืดตัวเมื่อขาด (Elongation at break)	25.0

หมายเหตุ : การทดสอบเป็นการประเมินสมบัติเชิงกลเบื้องต้น โดยวัดการเปลี่ยนแปลงความยาวของชิ้นทดสอบด้วยไม้บรรทัด จึงอาจมีความคลาดเคลื่อนจากข้อจำกัดของเครื่องมือและวิธีการวัด

การอภิปรายผล

5.1 การอภิปรายผลด้านองค์ประกอบทางเคมีและสมบัติเชิงกล

จากการศึกษาพบว่าเส้นใยมะพร้าวที่นำมาใช้เป็นวัสดุเสริมแรงในไบโอเรซินเป็นเส้นใยกลุ่มลิกโนเซลลูโลส (Lignocellulosic fiber) ที่มีปริมาณลิกนิน (Lignin) สูงประมาณ 40–50% ซึ่งลิกนินเป็นองค์ประกอบสำคัญที่ช่วยเพิ่มความแข็งแรง ความเหนียว และความทนทานต่อการย่อยสลายของเส้นใยธรรมชาติ ส่งผลให้วัสดุคอมโพสิตที่พัฒนาขึ้นมีสมบัติเชิงกลที่เหมาะสมต่อการใช้งานเบื้องต้น

ผลการทดสอบสมบัติเชิงกลเบื้องต้นของแผ่นไบโอคอมโพสิต พบว่ามีค่าความเครียดขณะยืดหยุ่น (Elastic strain) ร้อยละ 10.0 และมีค่าการยืดตัวเมื่อขาด (Elongation at break) ร้อยละ 25.0 แสดงให้เห็นว่าวัสดุสามารถยืดตัวได้ในระดับหนึ่งก่อนเกิดการแตกหัก สะท้อนถึงความเหนียวและความยืดหยุ่นของวัสดุ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Jawaid and Khalil

(2011) ที่รายงานว่าเส้นใยธรรมชาติที่มีปริมาณลิกนินสูงสามารถช่วยเพิ่มความสามารถในการดูดซับแรงกระแทกและช่วยลดการแตกหักของวัสดุคอมโพสิตได้

นอกจากนี้เส้นใยมะพร้าวยังมีโครงสร้างเส้นใยที่ค่อนข้างหยาบ จึงช่วยเพิ่มการยึดเกาะระหว่างเส้นใยกับไบโอเรซิน ส่งผลให้วัสดุมีความคงรูปมากขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับไบโอเรซินที่ไม่มีการเสริมแรงด้วยเส้นใยธรรมชาติ

5.2 การอภิปรายผลด้านกระบวนการผลิตไบโอเรซิน

จากการทดลองเปรียบเทียบสูตรไบโอเรซินจำนวน 4 ครั้ง พบว่าสูตรที่ 4 ให้ผลดีที่สุด เนื่องจากสามารถควบคุมความหนืดและความสม่ำเสมอของเนื้อไบโอเรซินได้เหมาะสม โดยใช้บีกเกอร์น้ำร้อนสำหรับให้ความร้อนทางอ้อมในช่วงอุณหภูมิประมาณ 50–80 องศาเซลเซียส ซึ่งช่วยควบคุมอุณหภูมิของวัตถุดิบให้มีความคงที่มากขึ้นและลดโอกาสการเสียสภาพจากความร้อนสูงเกินไป

เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรก่อนหน้า พบว่าสูตรที่มีอุณหภูมิไม่คงที่หรือมีการละลายของเจลาตินไม่สมบูรณ์จะทำให้เนื้อไบโอเรซินมีลักษณะเหลวเกินไป เกิดการแยกชั้น และไม่สามารถขึ้นรูปได้อย่างมีประสิทธิภาพ ขณะที่สูตรที่ 4 มีลักษณะเหนียวหนืดสม่ำเสมอ สามารถยึดเกาะกับเส้นใยมะพร้าวได้ดีที่สุด

การเลือกใช้แป้งมันสำปะหลังและเจลาตินเป็นวัสดุพื้นฐานในการผลิตไบโอเรซินยังช่วยลดการพึ่งพาวัสดุสังเคราะห์ประเภทเทอร์โมเซต เช่น อีพอกซีเรซิน (Epoxy resin) ซึ่งอาจมีสารเคมีที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและย่อยสลายได้ยาก อีกทั้งวัตถุดิบที่ใช้ในการศึกษานี้ยังสามารถหาได้ง่ายและมีต้นทุนต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับเรซินเชิงอุตสาหกรรม

5.3 การอภิปรายผลด้านการประยุกต์ใช้และผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าไบโอเรซินเสริมแรงด้วยเส้นใยมะพร้าวมีศักยภาพในการพัฒนาเป็นวัสดุคอมโพสิตจากธรรมชาติ เนื่องจากสามารถขึ้นรูปได้ มีความยืดหยุ่น และมีสมบัติเชิงกลเบื้องต้นที่เหมาะสมต่อการใช้งานบางประเภท

นอกจากนี้ การนำเส้นใยมะพร้าวซึ่งเป็นวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาใช้ในการผลิตไบโอเรซิน ยังช่วยเพิ่มมูลค่าให้กับวัสดุชีวภาพ ลดปริมาณขยะทางการเกษตร และลดปัญหาการหมักหมมของขยะชีวภาพที่อาจก่อให้เกิดก๊าซมีเทน ซึ่งเป็นหนึ่งในก๊าซเรือนกระจกที่ส่งผลต่อภาวะโลกร้อน

อีกทั้งวัสดุคอมโพสิตจากเส้นใยธรรมชาติยังเป็นอีกแนวทางหนึ่งในการลดการใช้ไฟเบอร์กลาส ซึ่งเป็นวัสดุสังเคราะห์ที่ย่อยสลายได้ยากและอาจส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในระยะยาว ดังนั้นวัสดุที่พัฒนาขึ้นจึงมีศักยภาพในการต่อยอดเป็นวัสดุทางเลือกที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมในอนาคต

บทสรุป

การวิจัยนี้เป็นการพัฒนาไบโอเรซินเสริมแรงด้วยเส้นใยมะพร้าว เพื่อเป็นแนวทางในการผลิตวัสดุคอมโพสิตทางเลือกที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม โดยใช้พอลิเมอร์ธรรมชาติ ได้แก่ แป้งมันสำปะหลัง เจลาติน และกลีเซอรอล ร่วมกับเส้นใยมะพร้าวซึ่งเป็นวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร จากการทดลองเปรียบเทียบสูตรไบโอเรซิน พบว่าสูตรที่ 4 ซึ่งพัฒนาจากสูตรก่อนหน้าโดยปรับสัดส่วนวัตถุดิบและใช้การให้ความร้อนทางอ้อมด้วยน้ำร้อน สามารถให้เนื้อไบโอเรซินที่มีความเหนียวหนืดเหมาะสมและสามารถยึดเกาะกับเส้นใยมะพร้าวได้ดีที่สุด เมื่อนำไปขึ้นรูปเป็นแผ่นไบโอคอมโพสิต พบว่าวัสดุสามารถคงรูปเป็นแผ่นได้ ไบโอเรซินสามารถเคลือบและประสานเส้นใยมะพร้าวได้ในระดับหนึ่ง แม้ยังพบการกระจุกตัวของเส้นใยและความไม่สม่ำเสมอของผิววัสดุในบางบริเวณ

ผลการทดสอบสมบัติเชิงกลเบื้องต้นพบว่า แผ่นไบโอคอมโพสิตเสริมแรงด้วยเส้นใยมะพร้าวมีค่าความเครียดขณะยืดหยุ่น (Elastic strain) ร้อยละ 10.0 และค่าการยืดตัวเมื่อขาด (Elongation at break) ร้อยละ 25.0 แสดงให้เห็นว่าวัสดุมีแนวโน้มของความเหนียวและสามารถยืดตัวได้ในระดับหนึ่งก่อนเกิดการแตกหัก อย่างไรก็ตาม ค่าดังกล่าวได้จากการประเมินเบื้องต้นด้วยการวัดความยาวของชิ้นทดสอบด้วยไม้บรรทัด จึงอาจเกิดความคลาดเคลื่อนจากข้อจำกัดของเครื่องมือวัด วิธีการจับยึดชิ้นทดสอบ และแรงดึงที่ไม่คงที่ ดังนั้นผลที่ได้ควรใช้เพื่อพิจารณาแนวโน้มของสมบัติวัสดุเท่านั้น ไม่ควรตีความเป็นค่ามาตรฐานเชิงวิศวกรรม

งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าเส้นใยมะพร้าวมีศักยภาพในการนำมาใช้เป็นวัสดุเสริมแรงในไบโอเรซิน เพื่อพัฒนาเป็นวัสดุคอมโพสิตชีวภาพที่ช่วยเพิ่มมูลค่าให้กับวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร และเป็นแนวทางในการลดการพึ่งพาวัสดุสังเคราะห์ที่ย่อยสลายได้ยาก สำหรับการพัฒนาต่อยอด ควรปรับปรุงกระบวนการเตรียมเส้นใย เช่น การตัดเส้นใยให้มีขนาดสม่ำเสมอ การกระจายเส้นใยก่อนผสม และการปรับสภาพผิวเส้นใย (Surface treatment) เพื่อลดการกระจุกตัวของเส้นใยและเพิ่มการยึดเกาะระหว่างเส้นใยกับไบโอเรซิน นอกจากนี้ควรทดสอบสมบัติเชิงกลด้วยเครื่องทดสอบแรงดึงอเนกประสงค์ (Universal Testing Machine; UTM) ตามมาตรฐาน ASTM D638 เพื่อยืนยันประสิทธิภาพของวัสดุให้มีความแม่นยำและน่าเชื่อถือทางวิศวกรรมมากขึ้น

เอกสารอ้างอิง

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. (ม.ป.ป.). บทที่ 2 สมบัติเชิงกลและโครงสร้างสัณฐานของพอลิเมอร์. ค้นเมื่อ 15 พฤษภาคม 2569, จาก https://archive.lib.cmu.ac.th/full/T/2555/chem40855wk_ch2.pdf

วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่. (ม.ป.ป.). ความเครียด (Strain) ในกลศาสตร์ของวัสดุ. ค้นเมื่อ 15 พฤษภาคม 2569, จาก http://building.cmtc.ac.th/main/images/stories/jiraporn/Streng%20of%20material/2.pdf

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. (2560). วัสดุวิศวกรรม. สำนักพิมพ์ สจล.: กรุงเทพฯ.

Arziyah D., Kasim A., Asben A. and Busniah M. (2025). Analysis of the chemical content of coconut husk as a raw material for furfural production. Journal of Applied Agricultural Science and Technology. 9(3): 413–424.

ASTM International. (2022). ASTM D638: standard test method for tensile properties of plastics. ASTM International: West Conshohocken.

Callister W.D. and Rethwisch D.G. (2018). Materials science and engineering: an introduction. 10th Edition. Wiley: Hoboken.

Chen H., Alee M., Chen Y., Zhou Y., Yang M., Ali A., Liu H., Chen L. and Yu L. (2021). Developing edible starch film used for packaging seasonings in instant noodles. Foods. 10(12): 3105. https://doi.org/10.3390/foods10123105

Faridul Hasan K.M., Horvath P.G., Bak M. and Alpar T. (2021). A state-of-the-art review on coir fiber-reinforced biocomposites. RSC Advances. 11: 10548–10574.

Hermawan A.A., Ariesta A., Ilcham A. and Murni S.W. (2021). Penggunaan resin hasil sekresi kutu lak pada pembuatan biokomposit dari sabut kelapa. Eksergi. 18(2).

Hossain M., Islam M., Van Vuure A. and Verpoest I. (2013). Coir fiber reinforced polymer composites: a review. Journal of Materials Science and Engineering. ค้นเมื่อ 15 พฤษภาคม 2569, จาก http://www.jmest.org/wp-content/uploads/JMESTN42353852.pdf

Jawaid M. and Khalil H.P.S.A. (2011). Cellulosic/synthetic fibre reinforced polymer hybrid composites: a review. Carbohydrate Polymers. 86(1): 1–18. https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2011.04.043

Kumar V. et al. (2022). Mechanical and durability performance of coconut fiber reinforced concrete: a state-of-the-art review. Materials. 15(10): 3601. https://www.mdpi.com/1996-1944/15/10/3601

Nissar M., Chethan K.N., Birjerane Y.A., Patil S., Shetty S. and Das A. (2025). Coconut coir fiber composites for sustainable architecture: a comprehensive review of properties, processing, and applications. Journal of Composites Science. 9(10): 516.

Pimpan K., Jantirak C. and Chotichayanun C. (2020). Thermoplastic cassava starch/white cabbage fiber biocomposite films for enhancing soil nutrients. The Journal of KMUTNB. 30(1): 104–115. https://doi.org/10.14416/j.kmutnb.2019.11.004

Rachakom A., Kongkeaw P., Namwone P. and Longkullabutra H. (2023). Effect of compositions on properties of biocomposite sheet fabricated from young coconut fiber and star apple peel powder. KKU Science Journal. 51(3): 205–215.

Sanyang M.L., Sapuan S.M., Jawaid M., Ishak M.R. and Sahari J. (2021). Properties of starch-based biodegradable films reinforced with natural fibers. Polymers. 13(9): 1420. https://www.mdpi.com/2073-4360/13/9/1420

Zhu B., Wang Q., Wei Y., Pan J. and Ye H. (2024). Sustainable bio-gelatin fiber-reinforced composites with ionic coordination: mechanical and thermal properties. Materials. 18: 4584. https://doi.org/10.3390/ma1804584

การวิเคราะห์สารฟลาโวนอยด์จากผลิตภัณฑ์ชาสมุนไพรจากอบเชยเถา
Analysis of Flavonoids Compounds in Herbal Tea Products Derived from Leaves and Roots of *Zygostelma benthamii* Baill.

อภิษฎา ประเสริฐสุข[1] ประภาภรณ์ สมพงษ์ผึ้ง[1] สิรวัลภ์ เรืองช่วย ตู้ประกาย[1] และ ปารินดา สุขสบาย[1]*

Apisada Prasertsuk[1*], Prapaporn Sompongphung[1] Sirawan Ruangchuay Tuprakay and Parinda Suksabye[1*]

[1] คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต กรุงเทพมหานคร

[1] Faculty of Science and Technology Suan Dusit University Bangkok

[*]Corresponding Author E-mail Address : parin_bung@yahoo.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ปริมาณสารฟลาโวนอยด์รวมของผลิตภัณฑ์ชาสมุนไพรจากใบและรากอบเชยเถา (*Zygostelma benthamii* Baill.) ที่ผ่านกระบวนการแปรรูปแตกต่างกัน 3 รูปแบบ ได้แก่ ชาเขียว (ไม่หมัก) ชาอู่หลง (กึ่งหมัก) และชาดำ (หมักสมบูรณ์) โดยพัฒนาผลิตภัณฑ์ชาสมุนไพรทั้งหมด 6 ชนิด ประกอบด้วย ชาเขียวจากใบอบเชยเถา ชาอู่หลงจากใบอบเชยเถา ชาดำจากใบอบเชยเถา ชาเขียวจากรากอบเชยเถา ชาอู่หลงจากรากอบเชยเถา และชาดำจากรากอบเชยเถา การวิเคราะห์ปริมาณสารฟลาโวนอยด์รวมใช้วิธี aluminium chloride colorimetric assay โดยใช้เควอซิทินเป็นสารมาตรฐาน ผลการทดลองพบว่า ชาเขียวจากใบอบเชยเถามีปริมาณสารฟลาโวนอยด์รวมสูงที่สุด เท่ากับ 2,726.25 ± 273.76 mgQE/g ผงชา รองลงมา ได้แก่ ชาอู่หลงจากใบอบเชยเถา และชาดำจากใบอบเชยเถา ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1,590.25 ± 67.47 และ 607.83 ± 91.08 mgQE/g ผงชา ตามลำดับ ขณะที่ผลิตภัณฑ์ชาที่ผลิตจากรากมีปริมาณสารฟลาโวนอยด์รวมต่ำกว่าชาที่ผลิตจากใบอย่างชัดเจน โดยชาเขียวจากรากอบเชยเถามีค่ามากที่สุดในกลุ่มชาจากราก เท่ากับ 112.33 ± 7.51 mgQE/g ผงชา รองลงมา ได้แก่ ชาอู่หลงจากรากอบเชยเถา และชาดำจากรากอบเชยเถา ซึ่งมีค่าเท่ากับ 90.33 ± 7.65 และ 33.25 ± 15.16 mgQE/g ผงชา ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์ทางสถิติด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test พบว่าตัวอย่างชาทุกชนิดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p<0.5$ ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าใบอบเชยเถาเป็นแหล่งสะสมสารฟลาโวนอยด์ที่สำคัญมากกว่าส่วนราก และกระบวนการผลิตชาแบบไม่หมักสามารถคงปริมาณสารฟลาโวนอยด์ได้ดีกว่ากระบวนการกึ่งหมักและหมักสมบูรณ์ ดังนั้น อบเชยเถาจึงมีศักยภาพในการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ชาสมุนไพรเพื่อสุขภาพและสามารถต่อยอดเชิงพาณิชย์ได้ในอนาคต

คำจำกัดความ: อบเชยเถา, ชาสมุนไพร, สารฟลาโวนอยด์รวม, ชาเขียว, ชาอู่หลง, ชาดำ

Abstract

This study aimed to determine the total flavonoid content of herbal tea products prepared from the leaves and roots of *Zygostelma benthamii* Baill. processed using three different tea manufacturing methods, including green tea (non-fermented), oolong tea (semi-fermented), and black tea (fully fermented). Six herbal tea products were developed, namely green tea from leaves, oolong tea from leaves, black tea from leaves, green tea from roots, oolong tea from roots, and black tea from roots. Total flavonoid content was analyzed using the aluminium chloride colorimetric assay with quercetin as the standard compound.

The results revealed that green tea prepared from the leaves exhibited the highest total flavonoid content, with a value of 2,726.25 ± 273.76 mgQE/g tea powder, followed by oolong tea from leaves and black tea from leaves, with values of 1,590.25 ± 67.47 and 607.83 ± 91.08 mgQE/g tea powder, respectively. In contrast, tea products prepared from the roots contained substantially lower flavonoid contents than those prepared from the leaves. Among the root-based products, green tea from roots showed the highest flavonoid content (112.33 ± 7.51 mgQE/g tea powder), followed by oolong tea from roots (90.33 ± 7.65 mgQE/g tea powder) and black tea from roots (33.25 ± 15.16 mgQE/g tea powder). Statistical analysis using Duncan's Multiple Range Test indicated that all tea samples were significantly different at $p<0.05$ The findings demonstrated that the leaves of *Zygostelma benthamii* Baill are a more important source of flavonoids than the roots, and that the non-fermented green tea process was more effective in preserving flavonoid compounds than the semi-fermented and fully fermented processes. Therefore, *Zygostelma benthamii* Baill has considerable potential for development as a health-promoting herbal tea product with future commercial applications.

Keywords: *Zygostelma benthamii* Bail. Herbal tea, Total flavonoid content, Green tea, Oolong tea, Black tea

บทนำ

1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในทศวรรษที่ผ่านมา กระแสการดูแลสุขภาพได้กลายเป็นวิถีชีวิตหลักของผู้คนทั่วโลก ส่งผลให้ตลาดผลิตภัณฑ์อาหารและเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ (Functional Food and Drinks) มีการเติบโตอย่างก้าวกระโดด ผู้บริโภคยุคใหม่ไม่ได้มองหาเพียงรสชาติที่อร่อย แต่ยังให้ความสำคัญกับส่วนผสมจากธรรมชาติ ที่ผ่านการแปรรูปน้อยที่สุด และมีคุณประโยชน์ที่จับต้องได้ต่อร่างกาย (กรมการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือก, 2560) หนึ่งในตลาดที่เติบโตอย่างมีนัยสำคัญ คือ ตลาดชาสมุนไพร (Herbal Tea) ซึ่งได้รับความนิยมอย่างสูงในฐานะเครื่องดื่มทางเลือกที่ปราศจากคาเฟอีน สามารถดื่มได้ทุกเพศทุกวัย และถูกผสานเข้ากับการดูแลสุขภาพในชีวิตประจำวันอย่างกลมกลืน (สำนักงานข้อมูลสมุนไพร คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล,

2562) ประเทศไทย ด้วยความได้เปรียบด้านความหลากหลายทางชีวภาพ นับเป็นแหล่งทรัพยากรสมุนไพรอันทรงคุณค่า ซึ่งมีศักยภาพมหาศาลในการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์นวัตกรรมเพื่อตอบสนองต่อความต้องการของทั้งตลาดในประเทศและตลาดโลก (กระทรวงสาธารณสุข, 2561) ท่ามกลางพืชสมุนไพรพื้นบ้านมากมาย อบเชยเถา (ชื่อวิทยาศาสตร์: *Zygostelma benthamii* Baill.) คือ หนึ่งในสมบัติล้ำค่าที่ยังไม่ถูกนำมาใช้ประโยชน์อย่างเต็มศักยภาพ

อบเชยเถาเป็นไม้เลื้อยในวงศ์ Apocynaceae มีลักษณะเด่น คือ มียางสีขาวในทุกส่วนของลำต้น ในตำรับยาแผนไทย พืชชนิดนี้เป็นที่รู้จักมาอย่างยาวนาน โดยมีการใช้ประโยชน์จาก "ราก" เป็นหลัก เนื่องจากมีกลิ่นหอมอันเป็นเอกลักษณ์คล้ายการผสมผสานระหว่างอบเชยกับวานิลลา ซึ่งเกิดจากสารสำคัญอย่าง 2-hydroxy-4-methoxybenzaldehyde ภูมิปัญญาดั้งเดิมนำรากมาต้มดื่มเพื่อเป็นยาบำรุงกำลัง บำรุงหัวใจ แก้ไข้ และขับลม นอกจากนี้ งานวิจัยทางวิทยาศาสตร์ยุคใหม่ยังได้ค้นพบสารประกอบสำคัญในพืชสมุนไพร เช่น เทอร์พีนอยด์ อัลคาลอยด์ และสารประกอบฟีนอลิก และฟลาโวนอยด์ ซึ่งแสดงฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และต้านการอักเสบ (สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร, 2563) อย่างไรก็ตาม การใช้ประโยชน์จากอบเชยเถายังคงกระจุกตัวอยู่ที่รากเพียงส่วนเดียว ซึ่งการขุดรากขึ้นมาใช้ประโยชน์นั้นหมายถึงการทำลายพืชทั้งต้น อันเป็นอุปสรรคต่อความยั่งยืนในระยะยาวในทางตรงกันข้าม "ใบ" ของอบเชยเถาซึ่งสามารถเก็บเกี่ยวได้ตลอดทั้งปีโดยไม่ส่งผลกระทบต่อการอยู่รอดของพืช กลับถูกมองข้ามและใช้เป็นเพียงอาหารสัตว์ ทั้งที่ตามหลักพฤกษเคมีแล้ว ใบพืชซึ่งเป็นแหล่งสังเคราะห์แสงหลักมักเป็นแหล่งสะสมของสารทุติยภูมิ (Secondary Metabolites) ที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพสูง โดยเฉพาะสารกลุ่มโพลีฟีนอล และฟลาโวนอยด์ ซึ่งมีคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระ (สำนักงานข้อมูลสมุนไพร คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล, 2562) แต่กลับยังไม่ปรากฏรายงานการวิจัยที่ศึกษาถึงองค์ประกอบทางเคมี สรรพคุณ และที่สำคัญคือศักยภาพในการนำใบอบเชยเถามาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเพื่อสุขภาพอย่างเป็นระบบ ช่องว่างทางองค์ความรู้นี้ นับเป็นโอกาสครั้งสำคัญในการวิจัยและพัฒนาเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับทรัพยากรชีวภาพที่ยังถูกใช้งานน้อย (Underutilized Resource)

คณะผู้วิจัยจึงเล็งเห็นถึงศักยภาพในการนำใบอบเชยเถามาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ "ชาสมุนไพร" ซึ่งไม่เพียงแต่จะช่วยส่งเสริมการใช้ประโยชน์จากพืชสมุนไพรอย่างยั่งยืน แต่ยังเป็นการแสวงหาผลิตภัณฑ์สุขภาพทางเลือกใหม่ที่มีพื้นฐานจากภูมิปัญญาท้องถิ่นและได้รับการพิสูจน์ด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การแปรรูปใบชาด้วยกรรมวิธีที่แตกต่างกัน เช่น การไม่หมัก (ชาเขียว) การหมักบางส่วน (ชาอู่หลง) และการหมักสมบูรณ์ (ชาดำ) เป็นที่ทราบกันดีว่าส่งผลอย่างยิ่งต่อคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส ทั้งในด้านสี กลิ่น และรสชาติของผลิตภัณฑ์ชาที่ได้ เนื่องจากกระบวนการออกซิเดชันของสารสำคัญในใบชา (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2564) ดังนั้นการนำกระบวนการเหล่านี้มาประยุกต์ใช้กับใบอบเชยเถาจึงเป็นแนวทางที่น่าสนใจในการสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์ชาที่มีความหลากหลายและตอบสนองต่อรสนิยมของผู้บริโภคที่แตกต่างกันด้วยเหตุผลที่กล่าวมาทั้งหมด คณะผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะดำเนินโครงการวิจัยเรื่องการวิเคราะห์สารฟลาโวนอยด์จากผลิตภัณฑ์ชาสมุนไพรจากใบและรากอบเชยเถา และพัฒนาผลิตภัณฑ์ต้นแบบที่สามารถต่อยอดในเชิงพาณิชย์ สร้างรายได้ให้แก่ชุมชน และส่งเสริมการใช้ประโยชน์จากสมุนไพรไทยอย่างยั่งยืนต่อไป

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อวิเคราะห์สารฟลาโวนอยด์จากผลิตภัณฑ์ชาสมุนไพรจากใบและรากจากอบเชยเถา

3. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ได้องค์ความรู้เกี่ยวกับปริมาณสารฟลาโวนอยด์ในผลิตภัณฑ์ชาสมุนไพรจากใบและรากอบเชยเถา ที่ผ่านกระบวนการแปรรูปแบบชาเขียว ชาอู่หลง และชาดำ และได้ข้อมูลเชิงเปรียบเทียบผลของกระบวนการแปรรูป (การไม่หมัก การหมักบางส่วน และการหมักสมบูรณ์) ต่อปริมาณสารฟีนอลิกในอบเชยเถา สามารถนำผลการวิจัยไปใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ชาสมุนไพรจากอบเชยเถาที่มีคุณสมบัติทางสุขภาพที่ได้ผลิตภัณฑ์ต้นแบบชาสมุนไพรจากใบและรากอบเชยเถาที่มีศักยภาพในการต่อยอดเชิงพาณิชย์ ส่งเสริมการใช้ประโยชน์จากใบอบเชยเถา ซึ่งสามารถเก็บเกี่ยวได้โดยไม่ทำลายต้นพืช ช่วยลดการพึ่งพาการใช้รากเพียงอย่างเดียวเป็นแนวทางในการอนุรักษ์และใช้ทรัพยากรสมุนไพรอย่างยั่งยืน (Sustainable utilization) เพิ่มมูลค่าให้กับพืชสมุนไพรท้องถิ่นที่ยังถูกใช้งานน้อยสามารถนำองค์ความรู้ไปถ่ายทอดให้แก่ชุมชน เพื่อสร้างอาชีพและรายได้จากการแปรรูปสมุนไพรสนับสนุนเศรษฐกิจฐานรากและการพัฒนาผลิตภัณฑ์ชุมชน (OTOP/วิสาหกิจชุมชน) และสามารถใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงสำหรับงานวิจัยด้านสมุนไพร อาหารเพื่อสุขภาพ และการแปรรูปผลิตภัณฑ์ในอนาคตและเป็นพื้นฐานสำหรับการศึกษาฤทธิ์ทางชีวภาพอื่น ๆ เช่น ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ฤทธิ์ต้านการอักเสบ หรือการประเมินความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์

วิธีดำเนินการ

1. วิธีการเตรียมสารละลาย

1.1 การเตรียมสารละลายมาตรฐานเควอซิทิน (Quercetin)

เตรียมสารละลายมาตรฐานเควอซิทินที่ความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาตร 100 มิลลิลิตร โดยชั่งสารเควอซิทิน ปริมาณ 0.0106 กรัม ละลายในน้ำกลั่นเล็กน้อย จากนั้นเทใส่ขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร และเติมน้ำกลั่นปรับปริมาตรให้ครบ 100 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน เตรียมสารละลายมาตรฐานโดยใช้หลักการคำนวณจากสมการ $C_1V_1 = C_2V_2$

1.2 การเตรียมสารละลาย Aluminium chloride ($AlCl_3$) ความเข้มข้น 2%

ชั่งสาร Aluminium chloride ปริมาณ 2 กรัม ละลายในน้ำกลั่นเล็กน้อย เทใส่ขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น เขย่าให้สารละลายเข้ากัน และปรับปริมาตรให้ครบ 100 มิลลิลิตร

1.3 การเตรียมสารละลาย Sodium hydroxide (NaOH) ความเข้มข้น 1 M

ชั่งสาร Sodium hydroxide ประมาณ 4 กรัม ละลายในน้ำกลั่นเล็กน้อย เทใส่ขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น เขย่าให้เข้ากัน และปรับปริมาตรให้ครบ 100 มิลลิลิตร

1.4 การเตรียมสารละลาย Sodium nitrite ($NaNO_2$) ความเข้มข้น 5%

ชั่งสาร Sodium nitrite ประมาณ 5 กรัม ละลายในน้ำกลั่นเล็กน้อย เทใส่ขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น เขย่าให้เข้ากัน และปรับปริมาตรให้ครบ 100 มิลลิลิตร

2. วิธีการเตรียมชาสมุนไพรจากอบเชยเถาเพื่อนำมาวิเคราะห์สารปริมาณฟลาโวนอยด์รวม

นำตัวอย่างสมุนไพรอบเชยเถามาจากเทศบาลตำบลจรเข้สามพัน อ.อู่ทอง จังหวัดสุพรรณบุรี ทำการแปรรูปโดยใช้กระบวนการหมักแตกต่างกัน 3 รูปแบบ ได้แก่ ชาไม่หมักหรือชาเขียว (Non-fermented tea) ชากึ่งหมักหรือชาอู่หลง (Semi-fermented Tea) และชาหมักแบบสมบูรณ์หรือชาดำ (Fermented Tea) โดยการทดลองใช้ใบและรากจากอบเชยเถาทำให้ได้ ชา 6 ชนิด ได้แก่ ชาเขียวจากใบอบเชยเถา ชาอู่หลงจากใบอบเชยเถา ชาดำจากใบอบเชยเถา ชาเขียวจากรากอบเชย

เถา ชาอู่หลงจากรากอบเชยเถา และชาดำจากรากอบเชยเถา จากนั้นนำตัวอย่างชามาบดตัวอย่างแต่ละผลิตภัณฑ์ให้ละเอียดด้วยเครื่องบด



(ก) (ข) (ค)

รูปที่ 1 ใบอบเชยเถาแบบละเอียด (ก) ชาเขียว (ข) ชาอู่หลง (ค) ชาดำ



(ก) (ข) (ค)

รูปที่ 2 รากอบเชยเถาแบบละเอียด (ก) ชาเขียว (ข) ชาอู่หลง (ค) ชาดำ

ชั่งตัวอย่างที่บดแล้วชนิดละ 1 กรัม ด้วยเครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง ใส่ลงในซองชาที่เตรียมไว้ จากนั้นนำซองชาที่บรรจุตัวอย่างไปชงด้วยน้ำเดือดปริมาตร 100 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิประมาณ 100 องศาเซลเซียส ตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 5–10 นาที เพื่อให้สารฟลาโวนอยด์และสารสำคัญอื่น ๆ ละลายออกมาในน้ำ เมื่อครบเวลาที่กำหนด นำสารละลายชาที่ได้มากรองด้วยกระดาษกรองเพื่อแยกกากพืชออก จะได้สารละลายชาสมุนไพรใส จากนั้นปล่อยให้สารละลายเย็นลงจนอยู่ที่อุณหภูมิห้องแล้วใส่ภาชนะ ก่อนนำไปใช้เป็นตัวอย่างสำหรับการวิเคราะห์หาปริมาณฟลาโวนอยด์รวม โดยทำการสกัด 3 ซ้ำ

3. การวิเคราะห์ปริมาณฟลาโวนอยด์รวมด้วยวิธี Aluminium chloride colorimetric assay ของตัวอย่างชาสมุนไพรจากอบเชยเถา

การวิเคราะห์ปริมาณฟลาโวนอยด์รวมด้วยวิธี Aluminium chloride colorimetric assay (Sari, et al. , 2023). โดยมีรายละเอียดดังนี้

- จัดทำกราฟมาตรฐานของสารเควอซิทิน

นำสารละลายมาตรฐานเควอซิทิน ที่ความเข้มข้น 0, 1.56, 3.125, 6.25, 12.5, 25, 50, 100 มิลลิกรัม/ลิตร ปริมาตร 2.5 มิลลิลิตร ใส่ลงในหลอดทดลอง จากนั้นเติมสารละลาย Sodium nitrite ($NaNO_2$) ความเข้มข้น 5% ปริมาตร 0.25 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน และตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 5 นาที เมื่อครบเวลา เติมสารละลาย Aluminium chloride ($AlCl_3$) ความเข้มข้น 2% ปริมาตร 0.25 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน และตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 นาที จากนั้นเติมสารละลาย Sodium hydroxide (NaOH) ความเข้มข้น 1 M ปริมาตร 1 มิลลิลิตร และ Methanol ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน และตั้งทิ้งไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 วินาที เมื่อครบเวลาที่กำหนด นำสารละลายไปวัดค่า

การดูดกลืนแสงด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ที่ความยาวคลื่น 510 นาโนเมตร จากนั้นนำไป Plot กราฟมาตรฐานสารเควอซิทิน ใช้เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Spectrophotometer) ยี่ห้อ SHIMADZU รุ่น UV-1800 (ทำการทดลอง 3 ซ้ำ)

-วิเคราะห์ปริมาณฟลาโวนอยด์รวมของชาจากอบเชยเถา

นำตัวอย่างชา 6 ผลิตภัณฑ์ ได้แก่ ชาเขียวจากใบอบเชยเถา ชาอู่หลงจากใบอบเชยเถา ชาดำจากใบอบเชยเถา ชาเขียวจากรากอบเชยเถา ชาอู่หลงจากรากอบเชยเถา และชาดำจากรากอบเชยเถา ปริมาตร 2.5 มิลลิลิตร ใส่ลงในหลอดทดลอง จากนั้นเติมสารละลาย Sodium nitrite ($NaNO_2$) ความเข้มข้น 5% ปริมาตร 0.25 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน และตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 5 นาที เมื่อครบเวลา เติมสารละลาย Aluminium chloride ($AlCl_3$) ความเข้มข้น 2% ปริมาตร 0.25 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน และตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 นาที จากนั้นเติมสารละลาย Sodium hydroxide (NaOH) ความเข้มข้น 1 M ปริมาตร 1 มิลลิลิตร และ Methanol ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน และตั้งทิ้งไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 วินาที เมื่อครบเวลาที่กำหนด นำสารละลายไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ที่ความยาวคลื่น 510 นาโนเมตร จากนั้นค่าดูดกลืนแสงที่ได้จะนำไปคำนวณหาปริมาณฟลาโวนอยด์รวม โดยเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานของสารเควอซิทิน

สูตรคำนวณ Total Flavonoid Content (TFC) หน่วย mg QE/g ผงชา (Shraim, 2021) คือ

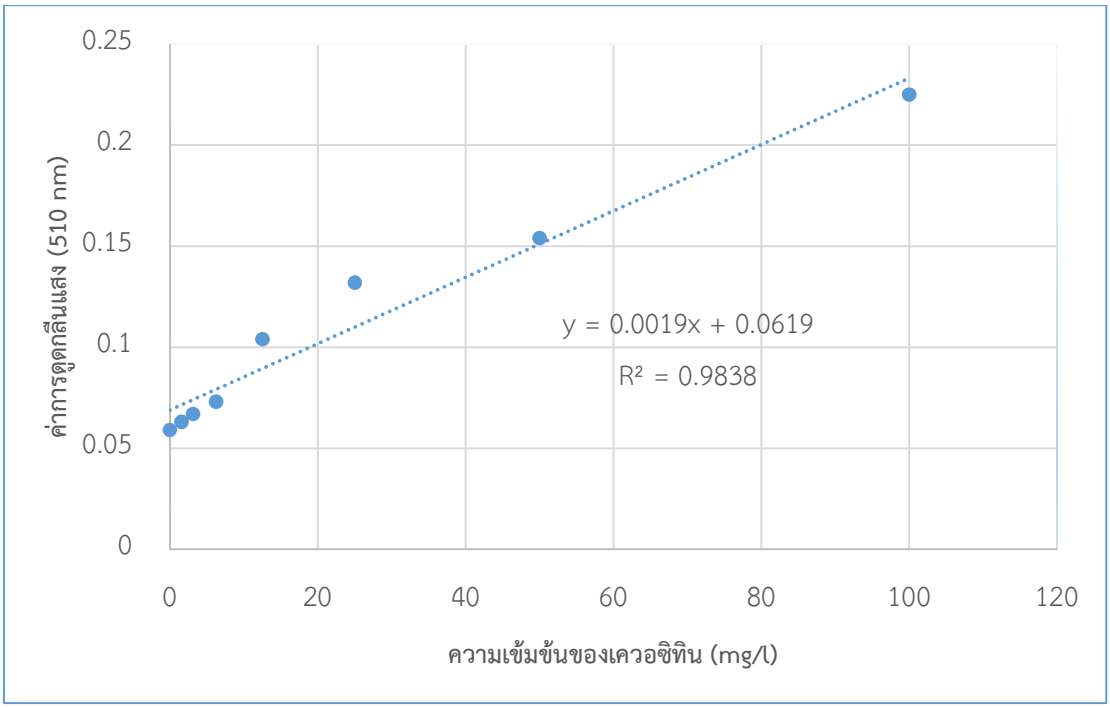
$$TPC\ (mgQE/g) = CXVXDF/W$$

C = ความเข้มข้นที่คำนวณได้จากกราฟมาตรฐาน quercetin หน่วยเป็น mg/ml
V = ปริมาตรสารสกัดทั้งหมดที่เตรียมได้ หน่วยเป็น ml
DF = dilution factor หรือค่าการเจือจาง
W = น้ำหนักผงชาที่ใช้สกัด หน่วยเป็น g

ผลการวิจัย

ปริมาณสารฟลาโวนอยด์รวมของชาสมุนไพรจากอบเชยเถา

ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารฟลาโวนอยด์รวมของชาสมุนไพรจากอบเชยเถาแสดงดังตารางที่ 1 และใช้กราฟมาตรฐานของสารเควอซิทินในการคำนวณปริมาณฟลาโวนอยด์รวม ดังแสดงในภาพที่ 3 โดยสมการเส้นตรงของกราฟมาตรฐานมีค่าเท่ากับ y=0.0019x+0.0619 และมีค่าสัมประสิทธิ์ (R^2) เท่ากับ 0.9838 ซึ่งแสดงถึงความสัมพันธ์เชิงเส้นที่ดีระหว่างความเข้มข้นของสารมาตรฐานเควอซิทินและค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 510 นาโนเมตร ส่งผลให้สามารถนำไปใช้ในการคำนวณปริมาณสารฟลาโวนอยด์รวมของตัวอย่างชาได้อย่างเหมาะสม



รูปที่ 3 กราฟมาตรฐานของสารเคอซิทิน

ตารางที่ 1 ปริมาณสารฟลาโวนอยด์รวมของชาสมุนไพรอบเชยเถา

ตัวอย่างชา	ปริมาณสารฟลาโวนอยด์รวม (mgQE/g ผงชา)
ชาเขียวจากใบอบเชยเถา	2,726.25 ±273.76[a]
ชาอู่หลงจากใบอบเชยเถา	1,590 ±2567.47[b]
ชาดำจากใบอบเชยเถา	607.83±91.08[c]
ชาเขียวจากรากอบเชยเถา	112.33± 7.5[d]
ชาอู่หลงจากรากอบเชยเถา	90.33±7.65[e]
ชาดำจากรากอบเชยเถา	33.25±15.16[f]

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกันในคอลัมน์เดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p < 0.05$ ตามวิธี Duncan's Multiple Range Test

จากผลการทดลองพบว่า ชาสมุนไพรที่ผลิตจากใบอบเชยเถามีปริมาณสารฟลาโวนอยด์รวมสูงกว่าชาที่ผลิตจากรากอบเชยเถาอย่างชัดเจน โดยชาเขียวจากใบอบเชยเถามีปริมาณสารฟลาโวนอยด์รวมสูงที่สุด เท่ากับ 2,726.25 ± 273.76 mgQE/g ผงชา รองลงมา ได้แก่ ชาอู่หลงจากใบอบเชยเถา และชาดำจากใบอบเชยเถา ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1,590.25 ± 67.47 และ 607.83 ± 91.08 mgQE/g ผงชา ตามลำดับ ทั้งนี้พบว่าเมื่อระดับการหมักเพิ่มขึ้น ปริมาณสารฟลาโวนอยด์รวมมีแนวโน้ม

ลดลง สำหรับผลิตภัณฑ์ชาที่ผลิตจากรากอบเชยเถา พบว่ามีปริมาณสารฟลาโวนอยด์รวมต่ำกว่าผลิตภัณฑ์จากใบทุกชนิด โดยชาเขียวจากรากอบเชยเถามีปริมาณสารฟลาโวนอยด์รวมสูงที่สุดในกลุ่มชาจากราก เท่ากับ 112.33 ± 7.51 mgQE/g ผงชา รองลงมา ได้แก่ ชาอู่หลงจากรากอบเชยเถา และชาดำจากรากอบเชยเถา ซึ่งมีค่าเท่ากับ 90.33 ± 7.65 และ 33.25 ± 15.16 mgQE/g ผงชา ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าส่วนของใบเป็นแหล่งสะสมสารฟลาโวนอยด์ที่สำคัญมากกว่าส่วนราก และกระบวนการผลิตชาแบบไม่หมักสามารถคงปริมาณสารฟลาโวนอยด์ไว้ได้ดีกว่ากระบวนการกึ่งหมักและหมักเต็มรูปแบบ

การอภิปรายผล

จากตารางที่ 5 พบว่า ชาเขียวจากใบอบเชยเถามีปริมาณสารฟลาโวนอยด์รวมสูงที่สุด เท่ากับ 2,726.25 ± 273.76 mgQE/g ผงชา รองลงมา ได้แก่ ชาอู่หลงจากใบอบเชยเถา และชาดำจากใบอบเชยเถา ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1,590.25 ± 67.47 และ 607.83 ± 91.08 mgQE/g ผงชา ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญ $p<0.05$ พบว่าปริมาณสารฟลาโวนอยด์รวมของชาจากใบทั้งสามชนิดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยชาเขียวจากใบอบเชยเถามีค่าแตกต่างจากชาอู่หลงและชาดำอย่างชัดเจน แสดงให้เห็นว่ากระบวนการผลิตชาแบบไม่หมักสามารถรักษาปริมาณสารฟลาโวนอยด์ไว้ได้ดีกว่ากระบวนการกึ่งหมักและหมักเต็มรูปแบบ

ผลการทดลองดังกล่าวสอดคล้องกับงานวิจัยของ Xu et al. (2020) ที่รายงานว่ากระบวนการผลิตชาเขียวสามารถคงปริมาณสารฟลาโวนอยด์และสารประกอบฟีนอลิกได้สูงกว่าชาอู่หลงและชาดำ เนื่องจากกระบวนการไม่หมักช่วยยับยั้งเอนไซม์ polyphenol oxidase ได้อย่างรวดเร็ว ส่งผลให้สารฟลาโวนอยด์เกิดการออกซิเดชันน้อยลง ขณะที่ Zhang et al. (2021) รายงานว่าการหมักในกระบวนการผลิตชาอู่หลงและชาดำทำให้สาร catechins และ flavonoids ถูกเปลี่ยนเป็นสารกลุ่ม theaflavins และ thearubigins ส่งผลให้ปริมาณฟลาโวนอยด์รวมลดลงอย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะชาดำที่ผ่านการหมักเต็มรูปแบบ ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองในงานวิจัยนี้ที่พบว่าชาดำจากใบอบเชยเถามีปริมาณสารฟลาโวนอยด์ต่ำที่สุดในกลุ่มชาจากใบ

สำหรับผลิตภัณฑ์ชาที่ผลิตจากรากอบเชยเถา พบว่ามีปริมาณสารฟลาโวนอยด์รวมต่ำกว่าผลิตภัณฑ์จากใบอย่างชัดเจน โดยชาเขียวจากรากอบเชยเถามีค่าเท่ากับ 112.33 ± 7.51 mgQE/g ผงชา รองลงมา ได้แก่ ชาอู่หลงจากรากอบเชยเถา และชาดำจากรากอบเชยเถา ซึ่งมีค่าเท่ากับ 90.33 ± 7.65 และ 33.25 ± 15.16 mgQE/g ผงชา ตามลำดับ เมื่อพิจารณาความแตกต่างทางสถิติ พบว่าชาดำจากรากมีปริมาณฟลาโวนอยด์แตกต่างจากผลิตภัณฑ์อื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ขณะที่ชาเขียวและชาอู่หลงจากรากมีค่าใกล้เคียงกันแต่ก็ยังมีแตกต่างกันทางสถิติ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากปริมาณสารฟลาโวนอยด์ในรากมีอยู่ในระดับต่ำตั้งแต่ต้น และได้รับผลกระทบจากกระบวนการแปรรูปน้อยกว่าส่วนใบ

ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับงานของ Dias et al. (2021) ที่รายงานว่าสารฟลาโวนอยด์ส่วนใหญ่ถูกสังเคราะห์และสะสมในใบพืชมากกว่าส่วนราก เนื่องจากฟลาโวนอยด์มีบทบาทสำคัญในการป้องกันรังสี UV และความเครียดออกซิเดชันในเนื้อเยื่อที่สัมผัสแสงโดยตรง จึงพบสะสมในใบมากกว่าส่วนใต้ดิน นอกจากนี้ Khan et al. (2022) ยังรายงานว่าความร้อนและระยะเวลาในการแปรรูปสามารถเร่งการสลายตัวของสารฟลาโวนอยด์ได้ โดยเฉพาะในกระบวนการหมักและการอบแห้งที่อุณหภูมิสูง ซึ่งสนับสนุนผลการทดลองที่พบว่าชาดำทั้งจากใบและรากมีปริมาณฟลาโวนอยด์ต่ำที่สุดในแต่ละกลุ่มตัวอย่าง ดังนั้น ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่า ทั้งชนิดของวัตถุดิบ ได้แก่ ใบและรากและกระบวนการแปรรูปมีผลต่อปริมาณสารฟลาโวนอยด์รวมของชาสมุนไพรอบเชยเถาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ $p<0.05$ โดยใบอบเชยเถาและกระบวนการ

ผลิตชาเขียวเป็นเงื่อนไขที่เหมาะสมที่สุดในการคงปริมาณสารฟลาโวนอยด์ ซึ่งมีศักยภาพต่อการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มสมุนไพรที่มีคุณค่าทางชีวภาพสูง

บทสรุป

การศึกษานี้แสดงให้เห็นว่า ชนิดของวัตถุดิบ (ใบและราก) และกระบวนการแปรรูปชามีผลต่อปริมาณสารฟลาโวนอยด์รวมของผลิตภัณฑ์ชาสมุนไพรจากอบเชยเถาอย่างชัดเจน โดยผลิตภัณฑ์ชาที่ผลิตจากใบอบเชยเถามีปริมาณสารฟลาโวนอยด์รวมสูงกว่าผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากรากทุกชนิด และกระบวนการผลิตชาแบบไม่หมักหรือชาเขียวสามารถรักษาปริมาณสารฟลาโวนอยด์ไว้ได้ดีที่สุด รองลงมา คือ ชาอู่หลง และชาดำ ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์ทางสถิติด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test พบว่าตัวอย่างชาทุกชนิดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p<0.05$ ชาเขียวจากใบอบเชยเถามีปริมาณสารฟลาโวนอยด์รวมสูงที่สุด เท่ากับ 2,726.25 ± 273.76 mgQE/g ผงชา ขณะที่ชาดำจากรากอบเชยเถามีค่าต่ำที่สุด เท่ากับ 33.25 ± 15.16 mgQE/g ผงชา จะเห็นว่าใบอบเชยเถาและกระบวนการผลิตชาเขียวจึงเป็นแนวทางที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการพัฒนาผลิตภัณฑ์ชาสมุนไพรที่มีปริมาณสารฟลาโวนอยด์สูง ซึ่งมีศักยภาพในการพัฒนาเป็นเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพและเพิ่มมูลค่าให้กับสมุนไพรท้องถิ่นได้อย่างยั่งยืน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์ และศูนย์สิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสวนดุสิต เป็นอย่างสูง ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้สถานที่ห้องปฏิบัติการ ตลอดจนเครื่องมือและอุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์ต่าง ๆ รวมถึงให้คำแนะนำและอำนวยความสะดวกตลอดการดำเนินงาน ซึ่งมีส่วนสำคัญยิ่งที่ทำให้การดำเนินงานครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

กรมการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือก. (2560). แผนยุทธศาสตร์การพัฒนาสมุนไพรไทย ฉบับที่ *1* พ.ศ. *2560–2564*. กระทรวงสาธารณสุข.

กระทรวงสาธารณสุข. (2561). แผนแม่บทแห่งชาติว่าด้วยการพัฒนาสมุนไพรไทย พ.ศ. *2560–2564*. กระทรวงสาธารณสุข.

สำนักงานข้อมูลสมุนไพร คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล. (2562). ฐานข้อมูลสมุนไพรไทย. มหาวิทยาลัยมหิดล.

สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร. (2563). รายงานการวิจัยและพัฒนาสมุนไพรไทยเพื่อเพิ่มมูลค่าเชิงพาณิชย์. สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน).

สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. (2564). มาตรฐานสินค้าเกษตร เรื่อง ชา. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

Sari, K. R. P., Ikawati, Z., Danarti, R., & Hertiani, T. (2023). Micro-titer plate assay for measurement of total phenolic and total flavonoid contents in medicinal plant extracts. Arabian Journal of Chemistry. 16(9): 105003

Shraim, A. M. (2021). Determination of total flavonoid content by aluminum chloride assay: A critical evaluation. Food Chemistry. 363: 130303.

Xu, Y., Chen, G., Du, Q., & Yuan, Y. (2020). Effects of tea processing on phytochemicals and antioxidant activities of tea products. Food Research International. 136: 109476.

Zhang, L., Ho, C.-T., Zhou, J., Santos, J. S., Armstrong, L., & Granato, D. (2021). Chemistry and biological activities of processed tea flavonoids during fermentation. Journal of Food Biochemistry. 45(6): e13698.

Dias, M. I., Barros, L., Morales, P., Cámara, M., & Ferreira, I. C. F. R. (2021). Phenolic compounds and bioactive properties of medicinal plants: A review. Plants. 10(6): 1143.

Khan, N., Mukhtar, H., & Tea Research Group. (2022). Thermal degradation and stability of flavonoids during food processing and storage. Molecules. 27(5): 1543.

การดื้อยาปฏิชีวนะและ ESBL-like activity ของแบคทีเรียจากป่าชายเลนบริเวณอ่าวมหาชัย จังหวัดสมุทรสาคร

Antibiotic resistance and extended-spectrum beta-lactamase-like activity in bacteria isolated from mangrove sediments in the Mahachai Bay area, Samut Sakhon Province, Thailand

ชลธิชา เรืองเดช[1] กรพรรณ เศวตสุวรรณกุล[1] ธงชัย เตโชวิศาล[1] และธนาพร ชื่นอิ่ม[1*]

Chonthicha Rueangdet[1] Korapan Sawetsuwannakun[1] Thongchai Taechowisan[1] and Thanaporn Chuen-im[1*]

[1]คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตพระราชวังสนามจันทร์

[1] Faculty of Science, Silpakorn University, Sanam Chandra Palace Campus

[*]Corresponding Author E-mail Address : chuenim_t@su.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อแยกและจำแนกชนิดของเชื้อแบคทีเรียจากดินตะกอนป่าชายเลนบริเวณอ่าวมหาชัย จังหวัดสมุทรสาคร รวมทั้งศึกษาคุณสมบัติการดื้อยาปฏิชีวนะ และตรวจหา extended-spectrum β-lactamase-like activity (ESBL-like activity) ของเชื้อแบคทีเรียที่แยกได้ โดยสามารถแยกเชื้อแบคทีเรียให้บริสุทธิ์ได้จำนวน 10 ไอโซเลต จำแนกเชื้อเบื้องต้นด้วยลักษณะโคโลนี การย้อมแกรม และการทดสอบทางชีวเคมี จากนั้นทดสอบความไวต่อยาต้านจุลชีพด้วยวิธี disk diffusion ตามหลัก Kirby-Bauer และตรวจหา ESBL-like activity ด้วยวิธี combination disk diffusion ผลการศึกษาพบว่าเชื้อมีการดื้อต่อยาปฏิชีวนะกลุ่ม β-lactams โดยพบการดื้อต่อ penicillin มากที่สุด (ร้อยละ 30) รองลงมาคือ ampicillin, cefazolin และ cefoxitin (ร้อยละ 20 ตามลำดับ) อย่างไรก็ตาม ไม่พบเชื้อดื้อยาหลายขนาน (multidrug-resistant; MDR) ในกลุ่มตัวอย่าง นอกจากนี้ การตรวจหา ESBL-like activity ให้ผลบวกจำนวน 3 ไอโซเลต โดยทั้งสามไอโซเลตมีขนาด zone of inhibition ของแผ่นดิสก์ ceftazidime ร่วมกับ clavulanic acid เพิ่มขึ้นมากกว่าหรือเท่ากับ 5 มิลลิเมตร เมื่อเปรียบเทียบกับแผ่นดิสก์ ceftazidime เดี่ยว ผลการศึกษานี้สะท้อนให้เห็นถึงแนวโน้มการพบเชื้อแบคทีเรียดื้อยาปฏิชีวนะในระบบนิเวศป่าชายเลน ซึ่งอาจบ่งชี้ว่าพื้นที่ดังกล่าวอาจเป็นแหล่งสะสมของเชื้อดื้อยาและยีนดื้อยาในสิ่งแวดล้อม อย่างไรก็ตาม การศึกษาครั้งนี้ยังมีข้อจำกัดในด้านจำนวนตัวอย่างและการยืนยันผลในระดับโมเลกุล ดังนั้น ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมโดยใช้เทคนิคทางอณูชีววิทยา เช่น การตรวจหายีนดื้อยาปฏิชีวนะ รวมถึงการเพิ่มจำนวนและความหลากหลายของตัวอย่าง เพื่อสนับสนุนและยืนยันผลการศึกษาดังกล่าวให้ชัดเจนยิ่งขึ้น

คำสำคัญ: Multidrug-resistant, Bacteria, β-lactams, Disk diffusion, Extended-spectrum β-lactamase-like activity (ESBL-like activity)

Abstract

This study aimed to isolate and presumptively identify bacteria from mangrove sediment in the Mahachai Bay area, Samut Sakhon Province, as well as to investigate their antibiotic resistance profiles and extended-spectrum β-lactamase-like activity (ESBL-like activity). Ten bacterial isolates were successfully purified and identified based on colony morphology, Gram staining, and biochemical testing. Antimicrobial susceptibility was determined using the Kirby–Bauer disk diffusion method, and ESBL-like activity was assessed using the combination disk diffusion method. The results revealed that resistance was predominantly observed against β-lactam antibiotics, with the highest resistance rate to penicillin (30%), followed by ampicillin, cefazolin, and cefoxitin (20% each). No multidrug-resistant (MDR) isolates were detected among the isolates. Furthermore, ESBL-like activity was identified in three isolates, which demonstrated an increase in inhibition zone diameter of ≥5 mm for the ceftazidime/clavulanic acid combination disk compared to the ceftazidime disk alone. These findings may indicate the presence of antibiotic-resistant bacteria in the mangrove ecosystem and suggest that such environments could potentially serve as reservoirs of antibiotic resistance genes in nature. Nevertheless, further studies involving molecular confirmation and larger sample sizes are required to validate and support these findings more conclusively.

Keywords: Multidrug-resistant, Bacteria, Beta-lactams, Disk diffusion, Extended-spectrum β-lactamase-like activity (ESBL-like activity)

บทนำ

ป่าชายเลนเป็นระบบนิเวศรอยต่อระหว่างแผ่นดินและทะเลในเขตร้อนและกึ่งร้อน พบมากบริเวณปากแม่น้ำและชายฝั่งที่มีความเค็มเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ดินส่วนใหญ่เป็นดินเลนที่อุดมด้วยตะกอน ธาตุอาหาร และซากอินทรีย์ทำให้ป่าชายเลนมีความหลากหลายทางชีวภาพสูง แม้ป่าชายเลนจะมีพื้นที่น้อยกว่า 1% ของป่าฝนเขตร้อนทั่วโลก แต่มีบทบาทสำคัญในการลดความรุนแรงของคลื่นลม ป้องกันการกัดเซาะชายฝั่ง กรองมลพิษ รักษาคุณภาพน้ำ กักเก็บคาร์บอนและเป็นแหล่งอนุบาลสัตว์น้ำที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ (สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม , 2564)

ป่าชายเลนกำลังเผชิญแรงกดดันจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและกิจกรรมของมนุษย์ เช่น การเกษตร การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ และการขยายตัวของเมือง ส่งผลให้พื้นที่ป่าชายเลนทั่วโลกลดลงและกระทบต่อสมดุลของระบบนิเวศ รวมถึงจุลชีพในดินซึ่งเป็นแหล่งสะสมสำคัญของยีนดื้อยาปฏิชีวนะ (antibiotic resistance genes; ARGs) ที่สามารถถ่ายทอดสู่เชื้อก่อโรคและส่งผลกระทบต่อสุขภาพมนุษย์ได้ (Mumbang et al., 2025) โดยเฉพาะป่าชายเลนบริเวณอ่าวไทยตอนบน เช่น จังหวัดสมุทรสาคร ที่กำลังเผชิญปัญหาการกัดเซาะชายฝั่งและผลกระทบจากกิจกรรมของมนุษย์ ซึ่งส่งผลต่อความหลากหลายทางชีวภาพและเสถียรภาพของระบบนิเวศชายฝั่ง (บุญช่วย อรรถวรรธน, 2555) ขณะเดียวกัน การใช้ยาปฏิชีวนะอย่าง

แพร่หลายและไม่เหมาะสมยังเป็นปัจจัยสำคัญที่เร่งให้เกิดการดื้อยาในแบคทีเรีย ส่งผลให้การรักษาโรคติดเชื้อมีความยากลำบากและมีค่าใช้จ่ายสูงขึ้น (Mancuso et al., 2021)

โดยเฉพาะการดื้อต่อยาในกลุ่ม β-lactams ที่ทวีความรุนแรงขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยกลไกที่มีบทบาทมากที่สุดคือการผลิตเอนไซม์ Extended-spectrum β-lactamases (ESBL) ซึ่งพบได้ในเชื้อแบคทีเรียกลุ่ม *Enterobacteriaceae* เอนไซม์นี้สามารถสลายยา penicillins และ cephalosporins ได้ แต่ ถูกยับยั้งด้วย Beta-lactamase inhibitor ซึ่งได้แก่ Clavulanic acid, Sulbactam และ Tazobactam (ปุณชรัณมิ์ วงษ์อุตสาห์, 2558) ด้วยเหตุนี้ โครงงานวิจัยนี้จึงจัดทำขึ้นเพื่อศึกษาคุณสมบัติการดื้อต่อยาปฏิชีวนะของแบคทีเรียจากป่าชายเลนบริเวณอ่าวมหาชัย จังหวัดสมุทรสาคร รวมทั้งตรวจหา ESBL-like activity ของเชื้อแบคทีเรียที่แยกดังกล่าว ทั้งนี้ ข้อมูลที่ได้อาจบ่งชี้ถึงแนวโน้มของการดื้อยาปฏิชีวนะในระบบนิเวศป่าชายเลน และสามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการศึกษาการแพร่กระจายของยีนดื้อยาในสิ่งแวดล้อมต่อไป

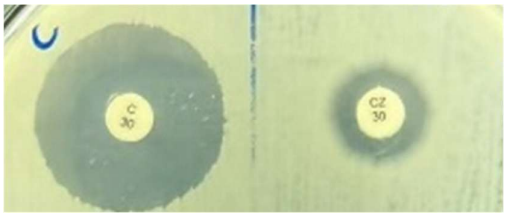
วิธีการทดลอง

ตอนที่ 1 : การแยกเชื้อแบคทีเรีย

1. ผู้วิจัยได้เก็บตัวอย่างตะกอนดินป่าชายเลนจากบริเวณอ่าวมหาชัย จังหวัดสมุทรสาคร ที่ความลึกประมาณ 5 เซนติเมตร จำนวนทั้งหมด 4 จุด โดยแต่ละจุดมีระยะห่างกันประมาณ 3–5 เมตร เก็บตัวอย่างจุดละ 1 ตัวอย่าง และบรรจุในถุงปลอดเชื้อ ปริมาณดินที่เก็บได้ในแต่ละจุดมีน้ำหนักประมาณ 100 กรัม จากนั้นนำตัวอย่างดินไปทำการทดลองและวิเคราะห์ภายใน 24 ชั่วโมงหลังการเก็บตัวอย่าง โดยวิเคราะห์แยกแต่ละจุดอย่างอิสระต่อกัน ทั้งนี้ การเก็บตัวอย่างดำเนินการในวันที่ 12 กรกฎาคม พ.ศ. 2568
2. ทำ Serial dilution ของดินตะกอนด้วย 0.85% (w/v) sterile normal saline ที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วให้ได้ ความเข้มข้น 10^{-1}–10^{-6} (6 dilution): โดยชั่งดินตะกอน 1 กรัม ละลายด้วย 0.85% (w/v) sterile normal saline 9 ml และนำไปผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องเขย่าสาร (Vortex mixer) ให้เป็นความเข้มข้นที่10^{-1}
3. ดูดสารละลายแต่ละความเข้มข้นปริมาตร 100 µL กระจายบนอาหารเลี้ยงเชื้อ NA ที่เติม NaCl 1% (w/v) ด้วยวิธี spread plate โดยใช้อุปกรณ์ที่ปลอดเชื้อ
4. บ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 37℃ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง
5. เลือกจานเพาะเชื้อที่มีจำนวนโคโลนี 30-300 โคโลนี เพื่อนับจำนวน บันทึกลักษณะโคโลนี และคำนวณปริมาณเชื้อในหน่วย CFU/mL ซึ่งเป็นค่าความเข้มข้นที่ได้จากสารแขวนลอยของตัวอย่างดินที่ผ่านการทำ Serial dilution
6. แยกเชื้อแบคทีเรียให้บริสุทธิ์บนอาหาร NA ที่เติม NaCl 1% (w/v) โดยคัดเลือกโคโลนีจากลักษณะสัณฐานวิทยาที่แตกต่างกัน (morphological screening) เช่น สีของโคโลนี (colony pigmentation) ลักษณะขอบ (margin) ความนูน (elevation) และลักษณะพื้นผิวของโคโลนี (surface appearance) เพื่อเพิ่มความหลากหลายของสายพันธุ์และหลีกเลี่ยงการคัดเลือกไอโซเลตซ้ำกัน ทั้งนี้ ได้คัดเลือกโคโลนีตัวแทนจากแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง จนได้ไอโซเลตรวมทั้งสิ้น 10 ไอโซเลต
7. ศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเชื้อด้วยวิธี Gram staining และบันทึกลักษณะการติดสีและรูปร่างของเซลล์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์

ตอนที่ 2 : การทดสอบความไวต่อยาปฏิชีวนะของเชื้อแบคทีเรียด้วยวิธี Disk diffusion

1. นำเชื้อแบคทีเรียบริสุทธิ์ที่แยกได้มาเลี้ยงในหลอดอาหาร NB + NaCl 1% (w/v) และนำไปบ่มใน shaking incubator ที่อุณหภูมิ 37°C , 150 rpm เป็นเวลา 24 ชั่วโมง
2. ดูดเชื้อที่เลี้ยงไว้จากข้อที่ 1 ใส่ในหลอดใหม่ที่มี 0.85% (w/v) NaCl ปลอดเชื้อและปรับความขุ่นของสารแขวนลอยเชื้อให้เทียบเท่ากับมาตรฐาน McFarland No. 0.5 (1.5×10^8 CFU /ml) โดยใช้เครื่อง Spectrophotometer วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร (OD600) ให้อยู่ในช่วง 0.08 - 0.1 Abs
3. โดยแผ่นดิสก์ยาปฏิชีวนะทดสอบ 5 กลุ่ม ประกอบด้วย Penicillin ได้แก่ Ampicillin (Amp) 10 µg และ Penicillin (P) 10 U ยาในกลุ่ม Cephalosporins ได้แก่ Cefazolin (CZ) 30 µg และ Cefoxitin (CX) 30 µg ยาในกลุ่ม Tetracycline ได้แก่ Tetracycline (TE) 30 µg ยาในกลุ่ม Chloramphenicol ได้แก่ Chloramphenicol (C) 30 µg และ ยาในกลุ่ม Aminoglycosides ได้แก่ Streptomycin (S) 10 µg, Kanamycin (K) 30 µg, Gentamicin (GEN) 10 µg , Amikacin (AK) 30 µg , Neomycin (N) 30 µg และ Tobramycin (TOB) 10 µg (Himedia, India)
4. เตรียมจานอาหารเลี้ยงเชื้อ Mueller-Hinton Agar (Himedia, India) และเขียนที่จานอาหารเพื่อระบุตำแหน่งการวางดิสก์ยาและ ใช้ cotton swab ที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว swab เชื้อลงบนผิวจานเพาะเชื้อ ด้วยวิธี Lawn culture เพื่อให้เชื้อกระจายทั่วทั้งจาน
5. ใช้ forceps คีบแผ่นดิสก์ยาปฏิชีวนะทดสอบทั้ง 12 ชนิด วางบนจานเพาะเชื้อ
6. นำจานเพาะเชื้อไปบ่มที่ อุณหภูมิ 37°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง หลังจากบ่มแล้ว วัด เส้นผ่านศูนย์กลางของบริเวณที่ไม่มีการเจริญเติบของเชื้อแบคทีเรีย (zone of inhibition) ตามแนวแกน X และ Y รายงานผลเป็นหน่วย มิลลิเมตร (mm)



รูปที่ 1 การวัดเส้นผ่านศูนย์กลางของบริเวณที่ไม่มีการเจริญเติบของเชื้อแบคทีเรีย (zone of inhibition) ตามแนวแกน X และ Y

ตอนที่ 3 : การแสดงลักษณะที่คล้ายเอนไซม์ Extended-spectrum β-lactamases (ESBL-like activity) ด้วยวิธี combination disk diffusion

1. ทำเช่นเดียวกันกับข้อ 1-5 ของการทดสอบความไวต่อยาปฏิชีวนะของเชื้อแบคทีเรียด้วยวิธี Disk diffusion
2. โดยแผ่นดิสก์ยาปฏิชีวนะทดสอบ ได้แก่ Ceftazidime (30 µg) และ Cefotaxime (30 µg) รวมถึงแผ่นดิสก์สำหรับ combination disk test ซึ่งประกอบด้วย Cefotaxime (30 µg) ร่วมกับ Clavulanic acid (10 µg) และ Ceftazidime (30 µg) ร่วมกับ Clavulanic acid (10 µg) (Himedia, India)
   โดยจัดวาง combination disk ให้ห่างจากดิสก์ยาทดสอบตัวเดียว ประมาณ 20–30 มิลลิเมตร

3. นำจานเพาะเชื้อไปบ่มที่ อุณหภูมิ 37°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง หลังจากบ่มแล้ว วัดขนาด zone of inhibition โดยหากแผ่นดิสก์ combination มีขนาด zone of inhibition เพิ่มขึ้น ≥5 มิลลิเมตร จะพิจารณาว่าให้ผลบวกต่อ ESBL-like activity ตามเกณฑ์ของ CLSI (CLSI, 2020)

ตอนที่ 4 : การจำแนกเชื้อแบคทีเรียเบื้องต้นโดยวิธีทดสอบทางชีวเคมี

เลี้ยงเชื้อบริสุทธิ์ใน NA slant +1% (w/v) NaCl ไว้สำหรับทดสอบทางชีวเคมี เพื่อแยกชนิดของแบคทีเรียเบื้องต้นโดยการทดสอบทางชีวเคมีประกอบด้วย Carbohydrate fermentation, Oxidation-fermentation (OF) test, Triple sugar Iron (TSI) agar slant, Decarboxylase test, Urease test, IMVic test, Citrate utilization test, Catalase test และ Oxidase test เมื่อได้ผลการทดสอบทางชีวเคมีจากจะทำการจำแนกชนิดแบคทีเรียเบื้องต้นด้วยเว็บไซต์ ABIS ONLINE (https://www.tgw1916.net/bacteria_logare_desktop.html)

ผลการวิจัย

ตำแหน่งที่ตั้งและลักษณะทางกายภาพของตัวอย่างดิน

ผู้วิจัยได้เก็บตัวอย่างตะกอนดินป่าชายเลนบริเวณอ่าวมหาชัย จังหวัดสมุทรสาคร จำนวนทั้งหมด 4 แหล่ง โดยแต่ละจุดมีระยะห่างกันประมาณ 3–5 เมตร แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ตำแหน่งที่ตั้งและลักษณะทางกายภาพของตัวอย่างตะกอนดิน

ตัวอย่างดิน	พิกัด	ลักษณะทางกายภาพ
1	13°30'09.2"N 100°16'13.4"E	ดินมีสีเทาดำเนื้อดินมีความหนืดเป็นก้อนพบก้อนหินและรากไม้
2	13°30'08.8"N 100°16'14.3"E	ดินมีสีดำเนื้อดินจับตัวเป็นก้อนเนื้อหยาบพบรากไม้
3	13°30'09.8"N 100°16'17.0"E	ดินมีสีน้ำตาลเข้มเนื้อดินจับตัวเป็นก้อนเนื้อหยาบพบรากไม้
4	13°30'09.4"N 100°16'12.7"E	ดินมีสีน้ำตาลอมเทา เนื้อดินจับตัวเป็นก้อนเนื้อละเอียดพบรากไม้

ตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่างดินป่าชายเลนในพื้นที่ศึกษา โดยแสดงรายละเอียดดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 ตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่างตะกอนดินป่าชายเลนบริเวณอ่าวมหาชัย จังหวัดสมุทรสาคร จากภาพถ่ายดาวเทียม Google Earth

ความเป็นกรดด่าง (pH) ความเค็ม (Salinity) และ อุณหภูมิ (Temperature)

การตรวจวัดอุณหภูมิของดินตะกอนป่าชายเลน โดยใช้ Thermometer วัดอุณหภูมิตัวอย่างดินตะกอนป่าชายเลน การวัดค่าความเป็นกรด-ด่างของตัวอย่างดินตะกอนป่าชายเลน และการตรวจวัดค่าความเค็มของดินตะกอนป่าชายเลน โดยใช้เครื่อง Conductivity meter รุ่น sc-110 วัดค่าความเค็มของตัวอย่างดินป่าชายเลน

ตารางที่ 2 อุณหภูมิ ค่า pH ค่าความเค็ม และปริมาณเชื้อแบคทีเรียในดินตะกอนป่าชายเลนทั้ง 4 จุด จากตัวอย่างดินป่าชายเลนบริเวณอ่าวมหาชัย จังหวัดสมุทรสาคร

บริเวณที่เก็บตัวอย่าง	Sample	อุณหภูมิ (°C)	pH	ความเค็ม (ppt)	ปริมาณเชื้อแบคทีเรียทั้งหมดในดินตะกอนป่าชายเลน CFU/mL
ป่าชายเลน บริเวณอ่าวมหาชัย จังหวัดสมุทรสาคร	1	27	6.4	11.6	1.38×10^{6}
	2	27	6.71	11.6	2.13×10^{6}
	3	27	6.81	11.6	2.08×10^{6}
	4	27	6.93	11.2	1.21×10^{6}

การเก็บตัวอย่างตะกอนดินป่าชายเลนบริเวณอ่าวมหาชัย จังหวัดสมุทรสาคร พบว่า อุณหภูมิของดินเฉลี่ย 27°C ค่าความเป็นกรด–ด่าง (pH) อยู่ในช่วง 6.40–6.93 และค่าความเค็มอยู่ในช่วง 11.2–11.6 ppt และ มีปริมาณแบคทีเรียรวมอยู่ในช่วงประมาณ 1.21×10^{6} – 2.13×10^{6} CFU/mL

การจำแนกเชื้อแบคทีเรียเบื้องต้นโดยวิธีทดสอบทางชีวเคมี

การจำแนกเชื้อแบคทีเรียจากตัวอย่างดินป่าชายเลน ได้ทำการตั้งชื่อเชื้อแบคทีเรียที่จำแนกได้ ในแต่ละไอโซเลตดังนี้

ตัวเลขตัวแรก หมายถึง แหล่งที่เก็บตัวอย่าง

ตัวอักษร S หมายถึง ตัวย่อของคำว่า Sample

ตัวเลขถัดมา หมายถึง ตำแหน่งย่อยที่ใช้เก็บตัวอย่าง

ตัวเลขหลังสุด หมายถึง ลำดับของโคโลนีที่ถูกสุ่มเลือกมาจากจานเพาะเชื้อในตำแหน่งนั้น

การทดสอบความไวต่อยาปฏิชีวนะของเชื้อแบคทีเรีย โดยวิธี disk diffusion และ การแสดงลักษณะที่คล้ายเอนไซม์ Extended-spectrum β-lactamases (ESBL-like activity) ด้วยวิธี combination disk diffusion

การทดสอบความไวต่อยาต้านจุลชีพชนิดต่างๆ ของกลุ่มแบคทีเรียที่ได้จากตัวอย่างตะกอนดินป่าชายเลน ทำการศึกษาโดยยาปฏิชีวนะทดสอบ 5 กลุ่ม ประกอบด้วยกลุ่ม Penicillin, Cephalosporins, Tetracycline, Chloramphenicol, Aminoglycosides ด้วยวิธี disk diffusion ทั้งนี้แบคทีเรียที่ดื้อต่อยาอย่างน้อย 1 ชนิดในกลุ่มยาตั้งแต่ 3 กลุ่มขึ้นไป จะถูกจัดเป็นแบคทีเรียดื้อยาหลายขนาน (Multidrug-Resistant: MDR) ตามเกณฑ์ของกองระบาดวิทยา กรมควบคุมโรค (2565)

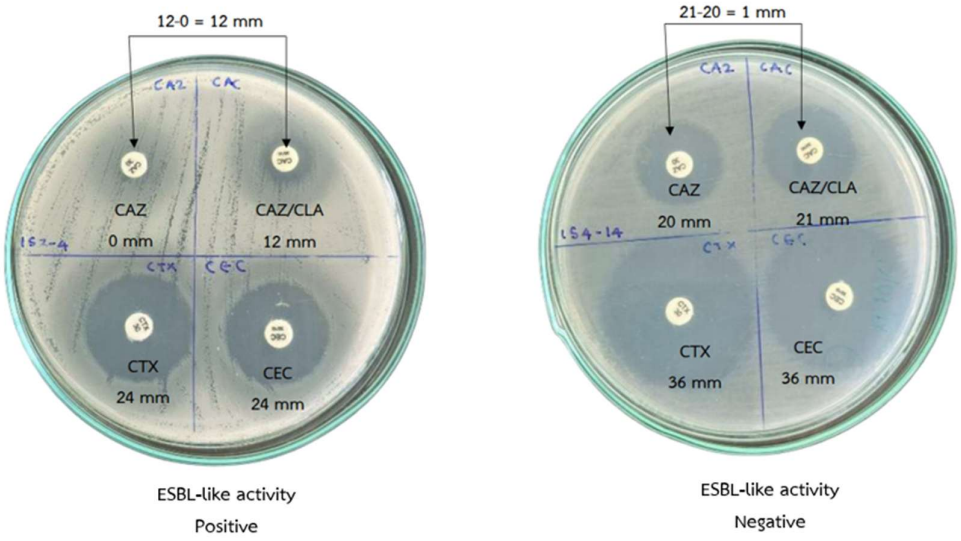
การตรวจหาเชื้อแบคทีเรียที่แสดงลักษณะ ESBL-like activity จากตัวอย่างดินป่าชายเลน ทำการทดสอบโดยใช้วิธี combination disk diffusion โดยใช้แผ่นดิสก์ยาปฏิชีวนะ ได้แก่ Ceftazidime และ Cefotaxime เป็นแผ่นดิสก์ทดสอบเดี่ยว และใช้แผ่นดิสก์สำหรับการทดสอบร่วม ได้แก่ Cefotaxime ร่วมกับ Clavulanic acid และ Ceftazidime ร่วมกับ Clavulanic acid โดยนิยามเชื้อ ESBL คือเชื้อที่สร้างเอนไซม์ย่อยสลายยาในกลุ่ม Penicillins, Cephalosporins และ Aztreonam แต่ไม่ย่อยสลาย Cephamycins และถูกยับยั้งได้ด้วย Beta-lactamase inhibitors (Retamar et al., 2017)

ตารางที่ 3 แสดงผลการจำแนกชนิด การทดสอบความไวต่อสารต้านจุลชีพ และฟีโนไทป์ ESBL-like activity และลักษณะการดื้อยาของเชื้อแบคทีเรียที่แยกได้

รหัส Isolate	Gram reaction	กลุ่มเชื้อที่พบ	Antimicrobial susceptibility profile											ESBL-like activity	MDR or Non-MDR
			Amp	P	CZ	CX	TE	C	S	K	GEN	AK	TOB		
1S1-1	+	*Bacillus thuringiensis*	R	R	R	R	I	S	S	S	S	S	S	Negative	Non-MDR
1S1-2	+	*Peribacillus simplex*	S	I	S	S	S	S	S	S	S	S	S	Positive	Non-MDR
1S1-3	+	*Paenibacillus residui*	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	Negative	Non-MDR
1S1-6	+	*Lysinibacillus massiliensis*	R	R	R	R	R	S	S	S	S	S	S	Negative	Non-MDR
1S2-4	+	*Bacillus amyloliquefaciens*	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	Positive	Non-MDR
1S2-7	+	*Salimicrobium halophilum*	S	S	S	S	S	I	S	S	S	S	S	Negative	Non-MDR
1S2-8	+	*Bacillus licheniformis*	S	I	S	S	S	S	S	S	S	S	S	Negative	Non-MDR
1S4-6	+	*Paenibacillus alvei*	S	I	S	S	S	S	S	S	S	S	S	Positive	Non-MDR
1S4-7	-	*Riemerella (Moraxella) anatipestifera*	S	R	S	S	S	S	S	S	S	S	S	Negative	Non-MDR
1S4-14	+	*Aneurinibacillus aneurinilyticus*	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	Negative	Non-MDR

หมายเหตุ: R = Resistant, S = Susceptible และ I = Intermediate
Ampicillin (Amp), Penicillin (P), Cefazolin (CZ), Cefoxitin (CX), Tetracycline (TE), Chloramphenicol (C), Streptomycin (S), Kanamycin (K), Gentamicin (GEN), Amikacin (AK), Neomycin (N) และ Tobramycin (TOB) เนื่องจากแบคทีเรียที่ศึกษาเป็นสายพันธุ์ที่แยกได้จากธรรมชาติ ผู้วิจัยจึงอ้างอิงเกณฑ์มาตรฐานของ Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI) ปี 2020 ในคู่มือ CLSI M100 เพื่อประเมินแนวโน้มการดื้อยาเบื้องต้น โดยกลุ่มแบคทีเรียแกรมลบและแกรมบวกจะเลือกเทียบเคียงตามเกณฑ์ของวงศ์ *Enterobacterales* (Table 2A) และ *Staphylococcus* spp. (Table 2C) ตามลำดับ การแปลผล ESBL-like activity: Positive หมายถึง ตรวจพบกิจกรรมที่คล้ายเอนไซม์ ESBL และ Negative หมายถึง ตรวจไม่พบกิจกรรมดังกล่าว (Table 3A)

จากการทดสอบความไวต่อยาต้านจุลชีพด้วยวิธี disk diffusion ของเชื้อจุลชีพที่แยกได้จากตัวอย่างดินป่าชายเลนบริเวณอ่าวมหาชัย จังหวัดสมุทรสาคร ในเชื้อจำนวน 10 ไอโซเลต พบว่าเชื้อมีการดื้อต่อยา penicillin มากที่สุด จำนวน 3 ไอโซเลต (ร้อยละ 30) รองลงมาคือ ampicillin, cefazolin และ cefoxitin ซึ่งพบการดื้อยาอย่างละ 2 ไอโซเลต (ร้อยละ 20) โดยยาที่พบการดื้อทั้งหมดอยู่ในกลุ่ม β-lactams ในขณะที่เชื้อทั้ง 10 ไอโซเลต ยังคงไวต่อยากลุ่ม aminoglycosides ทั้งหมด (ร้อยละ 100) และจากการจำแนกเชื้อเบื้องต้นด้วยการทดสอบทางชีวเคมี พบเชื้อแบคทีเรียที่ให้ผลบวกต่อ ESBL-like activity จำนวน 3 ไอโซเลต คือ เชื้อ *Peribacillus simplex, Bacillus amyloliquefaciens* และ *Paenibacillus alvei* จากทั้งหมด 10 ไอโซเลต (รูปที่ 3) คิดเป็นร้อยละ 30



รูปที่ 3 ผลการทดสอบ ESBL-like activity ด้วยวิธี combination disk diffusion โดยเปรียบเทียบ ceftazidime (CAZ) และ cefotaxime (CTX) กับ ceftazidime/clavulanic acid (CAZ/CLA) และ cefotaxime/clavulanic acid (CTX/CLA) โดยหากค่า zone of inhibition ของดิสก์ที่มี clavulanic acid เพิ่มขึ้น ≥ 5 มิลลิเมตร เมื่อเทียบกับดิสก์เดี่ยว จะพิจารณาเป็น ESBL-like activity positive

อภิปรายผลการทดลอง

จากการทดสอบความไวต่อยาต้านจุลชีพด้วยวิธี disk diffusion พบว่า เชื้อแบคทีเรียที่แยกได้จากดินป่าชายเลนบริเวณอ่าวมหาชัยมีการดื้อต่อยาปฏิชีวนะในกลุ่ม β-lactams เป็นหลัก โดยพบการดื้อต่อ penicillin สูงที่สุด (ร้อยละ 30) รองลงมาคือ ampicillin, cefazolin และ cefoxitin (ร้อยละ 20 เท่ากัน) ผลดังกล่าวสอดคล้องกับรายงานของ Lertcanawanichakul และคณะ (2025) ที่ระบุถึงแนวโน้มการใช้ยาปฏิชีวนะที่เพิ่มมากขึ้นจากกิจกรรมของมนุษย์ โดยเฉพาะในพื้นที่ใกล้ฟาร์มเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำหรือชุมชนเมือง ซึ่งเป็นแหล่งสำคัญของการปล่อยยาปฏิชีวนะตกค้างลงสู่สิ่งแวดล้อม ปรากฏการณ์นี้ส่งผลให้เกิดการสะสมและเพิ่มแรงกดดันในการคัดเลือก(selection pressure) ต่อจุลชีพในธรรมชาติ ทำให้แบคทีเรียเกิดการปรับตัวและดื้อยาเพิ่มขึ้น ส่งผลให้พื้นที่ป่าชายเลนอาจเป็นแหล่งสะสมของแบคทีเรียดื้อยา (antibiotic-resistant bacteria; ARB) และยีนดื้อยา (antibiotic resistance genes; ARGs)

ในการศึกษานี้สำรวจพบเชื้อแบคทีเรียที่ให้ผลบวกต่อ ESBL-like activity จำนวน 3 ไอโซเลต (คิดเป็นร้อยละ 30 ของไอโซเลตทั้งหมดที่นำมาทดสอบ) ประกอบด้วยเชื้อ *Peribacillus simplex*, *Bacillus amyloliquefaciens* และ *Paenibacillus alvei* ซึ่งทั้งหมดจัดอยู่ในอันดับ (order) Bacillales สอดคล้องกับการศึกษาก่อนหน้าของ Nesme และ Simonet (2015) ที่รายงานว่า แบคทีเรียในอันดับ Bacillales เป็นแบคทีเรียแกรมบวกที่สามารถสร้างสปอร์และพบได้อย่างแพร่หลายในสิ่งแวดล้อมดินและน้ำ โดยทั่วไปไม่จัดเป็นเชื้อก่อโรคหลักในมนุษย์ อย่างไรก็ตาม แบคทีเรียกลุ่มนี้อาจเป็นแหล่งสะสมยีนดื้อยาในธรรมชาติ เนื่องจากดินเป็นแหล่งสะสมทางพันธุกรรม (soil resistome) ที่มีความหลากหลายสูง ประกอบกับโครงสร้างของดินและบริเวณที่มีจุลินทรีย์หนาแน่น เช่น ไรโซสเฟียร์ (rhizosphere) อาจเอื้อต่อการแลกเปลี่ยนสารพันธุกรรมผ่านกระบวนการ horizontal gene transfer (HGT) โดยอาจเกี่ยวข้องกับ mobile genetic elements และยีนใน

กลุ่ม β-lactamases รวมถึง ESBL ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของ resistome ในสิ่งแวดล้อม จึงอาจมีความเชื่อมโยงกับยีนดื้อยาที่พบในเชื้อทางคลินิก โดยมีรายงานว่าเชื้อก่อโรค เช่น *Escherichia coli* และ *Klebsiella pneumoniae* สามารถรับยีนดื้อยาและแสดงลักษณะดื้อยา ส่งผลให้ประสิทธิภาพการรักษาทางการแพทย์ลดลงและอาจนำไปสู่การเกิดเชื้อดื้อยาหลายขนาน (multidrug-resistant; MDR) อย่างไรก็ตาม การศึกษานี้ยังไม่ได้ตรวจสอบยีนดื้อยาหรือกลไกการถ่ายทอดยีนในระดับโมเลกุลโดยตรง จึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อยืนยันกลไกดังกล่าวในเชื้อที่แยกได้

เมื่อพิจารณาถึงความสำคัญของเชื้อที่สามารถผลิตเอนไซม์ ESBL รายงานการศึกษาในประเทศไทยส่วนใหญ่มักมุ่งเน้นไปที่ตัวอย่างทางคลินิกในสถานพยาบาล โดยเฉพาะเชื้อก่อโรคในมนุษย์ เช่น *Escherichia coli* และ *Klebsiella pneumoniae* ซึ่งมีรายงานการตรวจพบเชื้อที่ผลิตเอนไซม์ ESBL ในระดับสูงอย่างต่อเนื่อง (Siriphap และคณะ, 2022; Chaisaeng และคณะ, 2024) สะท้อนให้เห็นว่า ปัญหาการดื้อยากลุ่ม beta-lactams ยังคงเป็นประเด็นสำคัญทางสาธารณสุข อย่างไรก็ตาม การตรวจพบเชื้อแบคทีเรียที่ให้ผลบวกต่อ ESBL-like activity จากดินป่าชายเลนในการศึกษานี้ แสดงให้เห็นว่า การดื้อยาอาจไม่ได้จำกัดอยู่เพียงในระบบสาธารณสุขหรือสถานพยาบาลเท่านั้น แต่สิ่งแวดล้อมธรรมชาติก็อาจมีบทบาทเป็นแหล่งสะสมของเชื้อดื้อยาและยีนดื้อยาได้เช่นกัน ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Runcharoen และคณะ (2017) ที่รายงานการตรวจพบเชื้อแบคทีเรียที่เกี่ยวข้องกับ ESBL ในแหล่งน้ำสาธารณะ น้ำเสียจากฟาร์มปศุสัตว์ และน้ำเสียจากโรงพยาบาล แม้ผ่านกระบวนการบำบัดแล้วก็ตาม สะท้อนให้เห็นถึงความเป็นไปได้ที่เชื้อดื้อยาและสารพันธุกรรมที่เกี่ยวข้องกับการดื้อยาอาจแพร่กระจายเข้าสู่สิ่งแวดล้อมและคงอยู่ได้เป็นเวลานาน นอกจากนี้ แม้ว่าชนิดของตัวอย่าง ชนิดของเชื้อ และบริบทของการศึกษาระหว่างงานวิจัยทางคลินิกและงานวิจัยด้านสิ่งแวดล้อมจะมีความแตกต่างกัน การตรวจพบเชื้อที่ให้ผลบวกต่อ ESBL-like activity ในดินป่าชายเลนอ่าวมหาชัย ถือเป็นข้อมูลสำคัญที่สะท้อนว่า พื้นที่ธรรมชาติอาจมีบทบาทเป็นแหล่งสะสม (reservoir) ของเชื้อดื้อยาและยีนดื้อยา และอาจเกี่ยวข้องกับการแพร่กระจายของลักษณะการดื้อยาผ่านน้ำ สัตว์น้ำ หรือห่วงโซ่อาหาร ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์และระบบนิเวศในระยะยาว ภายใต้แนวคิด One Health ที่เชื่อมโยงสุขภาพของมนุษย์ สัตว์ และสิ่งแวดล้อมเข้าด้วยกัน

บทสรุป

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทำการแยกและจำแนกเชื้อแบคทีเรียจากดินป่าชายเลนบริเวณอ่าวมหาชัย จังหวัดสมุทรสาคร เพื่อศึกษาคุณสมบัติการดื้อยาปฏิชีวนะและตรวจหา ESBL-like activity ของเชื้อแบคทีเรีย โดยสามารถแยกเชื้อได้จำนวน 10 ไอโซเลต จากนั้นทดสอบความไวต่อยาต้านจุลชีพด้วยวิธี disk diffusion และตรวจสอบหา ESBL-like activity ด้วยวิธี combination disk diffusion ผลการศึกษาพบว่าเชื้อส่วนใหญ่มีการดื้อต่อยาปฏิชีวนะในกลุ่ม β-lactams โดยเฉพาะ penicillin ซึ่งพบการดื้อสูงสุด (ร้อยละ 30) รองลงมาคือ ampicillin, cefazolin และ cefoxitin (ร้อยละ 20) และไม่พบเชื้อดื้อยาหลายขนาน (Non-MDR) ในกลุ่มตัวอย่าง นอกจากนี้พบเชื้อแบคทีเรียที่ให้ผลบวกต่อ ESBL-like activity จำนวน 3 ไอโซเลต คือ เชื้อ *Peribacillus simplex , Bacillus amyloliquefaciens* และ *Paenibacillus alvei* ซึ่งแสดงลักษณะการเพิ่มขึ้นของขนาด zone of inhibition ของ ceftazidime ร่วมกับ clavulanic acid มากกว่าหรือเท่ากับ 5 มิลลิเมตร

โดยสรุประบบนิเวศป่าชายเลนอาจเป็นแหล่งสะสมของเชื้อแบคทีเรียดื้อยาปฏิชีวนะ และการตรวจพบเชื้อแบคทีเรียที่ให้ผลบวกต่อ ESBL-like activity จากดินป่าชายเลนในการศึกษานี้ อาจสะท้อนถึงความเป็นไปได้ของการคงอยู่และการแพร่กระจายของยีนดื้อยาในสิ่งแวดล้อม ดังนั้นควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในระดับโมเลกุล เช่น การตรวจหายีน *blaCTX-M*,

blaSHV และ *blaTEM* รวมถึงการประเมินศักยภาพในการถ่ายทอดยีน เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการเฝ้าระวังและควบคุมการแพร่กระจายของการดื้อยาปฏิชีวนะต่อไป

ข้อจำกัดของงานวิจัยนี้

การศึกษานี้มีข้อจำกัด ได้แก่ จำนวนไอโซเลตและพื้นที่เก็บตัวอย่างยังมีจำกัด จึงอาจยังไม่สะท้อนสถานการณ์การกระจายของเชื้อดื้อยาในระบบนิเวศป่าชายเลนได้อย่างครอบคลุม การจำแนกชนิดเชื้ออาศัยเพียงลักษณะทางสัณฐานวิทยาและชีวเคมี ยังไม่มีการยืนยันด้วยวิธีทางโมเลกุล เช่น 16S rRNA sequencing หรือ MALDI-TOF MS นอกจากนี้ การตรวจหา ESBL-like activity ในการศึกษานี้เป็นเพียงการคัดกรองระดับฟีโนไทป์ยังไม่มีการตรวจยืนยันยีนดื้อยาในระดับโมเลกุล เช่น *blaCTX-M*, *blaTEM* และ *blaSHV* จึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อยืนยันชนิดเชื้อและกลไกการดื้อยาให้ชัดเจนยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

กองระบาดวิทยา กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข. (2565). แนวทางการเฝ้าระวังและสอบสวนเชื้อดื้อยาต้านจุลชีพ. (พิมพ์ครั้งที่ 1). แคนนา กราฟิก.

บุญช่วย อรรถวรรธน. (2555). สถานภาพทรัพยากรป่าชายเลนอ่าวไทยตอนบน (จังหวัดสมุทรปราการ สมุทรสาคร สมุทรสงคราม และเพชรบุรี). กองอนุรักษ์ทรัพยากรชายฝั่ง กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง. https://www.dmcr.go.th/detailLib/747

ปุณชรัณมิ์ วงษ์อุตสาห์. (2558). เชื้อ *Escherichia coli* และ *Klebsiella pneumoniae* สายพันธุ์ที่สร้างเอนไซม์ ESBLs ที่แยกได้จากสิ่งส่งตรวจของผู้ป่วยในโรงพยาบาลราชบุรี ตั้งแต่ปี 2552-2556. วารสารวิชาการ รพศ/รพท เขต 4. 17(3): 222-229.

สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. (2564). ระบบนิเวศป่าชายเลน. กลไกการเผยแพร่ข้อมูลข่าวสารความหลากหลายทางชีวภาพ. Retrieved September 10, 2025, from https://chm-thai.onep.go.th/?page_id=426

Chaisaeng, S., Chopjitt, P., Kasemsiri, P., Putthanachote, N., Boueroy, P., Takeuchi, D., Akeda, Y., Hamada, S., & Kerdsin, A. (2024). High prevalence of ESBL-producing E. coli phylogroup B2 clinical isolates in northeastern Thailand. BMC Microbiology. 24(1): 425. https://doi.org/10.1186/s12866-024-03582-0

Clinical and Laboratory Standards Institute. (2020). Performance standards for antimicrobial susceptibility testing (30th ed.; CLSI supplement M100). Clinical and Laboratory Standards Institute. https://www.nih.org.pk/wp-content/uploads/2021/02/CLSI-2020.pdf

Lertcanawanichakul, M., Bhoopong, P., & Horpet, P. (2025). Mangrove Ecosystems as Reservoirs of Antibiotic Resistance Genes: A Narrative Review. *Antibiotics*, *14*(10), 1022. https://doi.org/10.3390/antibiotics14101022

Mancuso, G., Midiri, A., Gerace, E., Biondo, C., (2021). Bacterial antibiotic resistance: The most critical pathogens. Pathogens. 10: 1310. https://doi.org/10.3390/pathogens10101310

Mumbang, C., Ajonina, G. N., & Chuyong, G. B. (2025). Four Decades of Cover Change, Degradative, and Restitution Stages of Mangrove Forest in Douala-Edea National Park, Cameroon. Forests. 16(4): 555. https://doi.org/10.3390/f16040555

Nesme, J., & Simonet, P. (2015). The soil resistome: A critical review on antibiotic resistance origins, ecology and dissemination potential in telluric bacteria. Environmental Microbiology. 17(4): 913–930. https://doi.org/10.1111/1462-2920.12631

Retamar, P., Rodríguez-Baño, J., Paul, M., & Hussein, K. (2017). AMS in an Era of Multidrug-Resistant Bacteria. In Antimicrobial Stewardship. 219–231. Elsevier. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-810477-4.00018-0

Runcharoen, C., Raven, K. E., Reuter, S., Kallonen, T., Paksanont, S., Thammachote, J., Anun, S., Blane, B., Parkhill, J., Peacock, S. J., & Chantratita, N. (2017). Whole genome sequencing of ESBL-producing Escherichia coli isolated from patients, farm waste and canals in Thailand. Genome Medicine. 9(1): 81. https://doi.org/10.1186/s13073-017-0471-8

Siriphap, A., Kitti, T., Khuekankaew, A., Boonlao, C., Thephinlap, C., Thepmalee, C., Suwannasom, N., & Khoothiam, K. (2022). High prevalence of extended-spectrum beta-lactamase-producing Escherichia coli and Klebsiella pneumoniae isolates: A 5-year retrospective study at a Tertiary Hospital in Northern Thailand. Frontiers in Cellular and Infection Microbiology. 12: 955774. https://doi.org/10.3389/fcimb.2022.955774

การพัฒนาและประเมินวิธี ELISA-based microneutralization test (EMNT) สำหรับตรวจหาแอนติบอดีชนิดลบล้างฤทธิ์ต่อเชื้อไวรัสไข้สมองอักเสบเจอี
Development and evaluation of an ELISA-based microneutralization test (EMNT) for detection of neutralizing antibodies against Japanese Encephalitis virus (JEV)

พรศิริ โสมาสา[1*] สาริณี ชำนาญรักษา[1] ศิริรัตน์ แนมขุนทด[1] อริสรา โปษณเจริญ[1] วรารัตน์ แจ่มฟ้า[1] ทิภัทราพร พานิช[1] ลัดดาวัลย์ มีแผนดี[1] นฤพงศ์ ภูนิคม[1] ภัทร วงษ์เจริญ[1] พงศ์ศิริ ตาลทอง[1] อุดมลักษณ์ เหลืองทองคำ[1] และพิไลลักษณ์ อัคคไพบูลย์ โอกาดะ[1]

Pornsiri Somasa[1*], Sarinee Chamnanraksa[1], Sirirat Naemkhunthot[1], Arisara Posanacharoen[1], Wararat Jamfa[1], Tipattaraporn Panich[1], Laddawan Meepandee[1], Naruphong Phunikom[1], Pattara Wongjarorn[1], Pongsiri Tanthong[1], Udomluk Leungtongkam[1] and Pilailuk Akkapaiboon Okada[1]

[1]สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์สาธารณสุข กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ นนทบุรี

[1]National Institute of Health, Department of Medical Sciences, Nonthaburi

[*]Corresponding Author E-mail Address : pornsiri.b@dmsc.mail.go.th

บทคัดย่อ

โรคไข้สมองอักเสบเจอีเป็นโรคติดเชื้อที่นำโดยแมลงที่เป็นปัญหาสาธารณสุขของประเทศในทวีปเอเชีย สำหรับประเทศไทยมีรายงานผู้ป่วยจากกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ ระหว่างปี พ.ศ. 2560 ถึง พ.ศ. 2568 จำนวน 81 ราย และยังพบผู้ป่วยไข้สมองอักเสบเจอีอยู่ต่อเนื่อง ซึ่งในปัจจุบันมีการให้วัคซีนที่สามารถกระตุ้นการสร้าง Neutralizing antibody ที่มีบทบาทสำคัญในการยับยั้งการเข้าสู่เซลล์ของเชื้อไวรัสไข้สมองอักเสบเจอีเพื่อลดความรุนแรงของโรค และเป็นตัวชี้วัดประสิทธิภาพของวัคซีนทำให้สามารถป้องกันและลดอัตราการเกิดโรคไข้สมองอักเสบเจอีได้ ดังนั้นการพัฒนาและติดตามผลของวัคซีนจึงจำเป็นอย่างยิ่ง โดยวิธีมาตรฐานที่ใช้ทดสอบในปัจจุบันคือวิธี Plaque Reduction Neutralization Test (PRNT) ซึ่งเป็นวิธีตรวจหาแอนติบอดีชนิดลบล้างฤทธิ์ต่อเชื้อไวรัสเจอี ที่ยุ่งยาก ใช้เวลาตรวจนาน และไม่สามารถตรวจตัวอย่างจำนวนมากได้ ถึงแม้ว่าจะมีการพัฒนาวิธี Focus reduction neutralization test (FRNT) ที่ให้ค่าความสอดคล้องในระดับสูงเปรียบเทียบกับวิธี PRNT แต่อย่างไรก็ตามวิธี FRNT อาจพบความผิดพลาดในการอ่านผลด้วยตาเปล่า ดังนั้นวัตถุประสงค์ของการศึกษานี้เพื่อพัฒนาวิธี ELISA -based microneutralization test (EMNT) ที่สามารถอ่านผลได้ด้วยเครื่องอ่านอัตโนมัติเพื่อใช้เป็นวิธีทางเลือกทดแทนวิธีดั้งเดิม พบว่าผลการตรวจแอนติบอดีชนิดลบล้างฤทธิ์เชื้อไวรัสเจอีในตัวอย่างผลบวกและลบแอนติบอดีต่อเชื้อไวรัสเจอี โดยวิธี EMNT เปรียบเทียบวิธี FRNT ให้ค่าความไว ร้อยละ 100 (80/80) ความจำเพาะ ร้อยละ 100 (20/20) และ ค่าความสอดคล้องในกลุ่มตัวอย่างบวกและลบอยู่ในระดับสูงที่ 0.990 และ 0.989 ตามลำดับ และไม่พบการเกิดปฏิกิริยาข้ามกับแอนติบอดีต่อไวรัสซิกา (6/6 ค่าความจำเพาะ ร้อยละ 100) สรุปได้ว่า EMNT เป็นวิธีทางเลือกที่มีศักยภาพ สามารถลดข้อจำกัดของวิธีดั้งเดิม และเหมาะสมสำหรับการตรวจตัวอย่างจำนวนมากในงานเฝ้าระวังและประเมินวัคซีน

คำสำคัญ: EMNT, วิธีตรวจหาแอนติบอดีชนิดลบล้างฤทธิ์, แอนติบอดีชนิดลบล้างฤทธิ์, ไวรัสไข้สมองอักเสบเจอี

Abstract

Japanese encephalitis (JE) is a mosquito-borne disease that poses a public health problem in countries across Asia. In Thailand, according to report from the Department of Medical Science, there were 81 cases recorded between 2017 and 2025, and cases of JE continue to be reported. Currently, vaccine for prevention and reducing the incidence of JE by inducing neutralizing antibody is available. Neutralizing antibody is the importance role for preventing the JE invasion to host cell, reducing the severity of disease, and being the indicator for vaccine efficacy. The development and monitoring of vaccine efficacy are essential. The gold standard method currently used for detecting Japanese encephalitis virus (JEV) is the Plaque Reduction Neutralization Test (PRNT). However, PRNT is complex, time-consuming, and not suitable for high-throughput testing. Although the Focus Reduction Neutralization Test (FRNT) has been developed and shows a high level of agreement with PRNT, FRNT results might be prone to error due to subjective visual interpretation. Hence, this study aimed to develop and validate an ELISA-based microneutralization test (EMNT) that can be read using an automated reader, as an alternative to conventional method. The results demonstrated that the detection of JEV neutralizing antibodies in both positive and negative samples using EMNT, compared with FRNT, showed 100% sensitivity (n = 80/80), 100% specificity (n = 20/20) The consistency values of positive and negative groups are 0.990 and 0.989, respectively. Additionally, cross-reactivity testing with Zika virus antibody–positive samples showed no cross-reaction (n = 6/6, 100% specificity). In conclusion, this study indicates that EMNT can serve as an alternative effectiveness method. This method can reduce the limits of conventional method and suitable for high-throughput assay in surveillance and evaluation of vaccine efficacy.

Keywords: EMNT, microneutralization test, neutralizing antibodies, JEV

บทนำ

โรคไข้สมองอักเสบเจอีเป็นโรคนำโดยแมลงที่เป็นปัญหาสาธารณสุขของหลายๆ ประเทศทั่วโลก โดยเฉพาะอย่างยิ่งประเทศในทวีปเอเชีย ซึ่งพบผู้ป่วยโรคไข้สมองอักเสบเจอีประมาณ 100,000 ราย ต่อปี โดยมี 24 ประเทศในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้พบการแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสสมองอักเสบเจอี (Japanese encephalitis virus) อย่างต่อเนื่อง ซึ่งทำให้ประชากรมากกว่า 3 พันล้านคนมีความเสี่ยงต่อการติดเชื้อ แม้ว่าโรคไข้สมองอักเสบเจอีจะพบอาการแสดงได้น้อย แต่มีอัตราการเสียชีวิตสูงถึงร้อยละ 30 และจะพบผู้ป่วยร้อยละ 30-50 แสดงอาการทางระบบประสาท การรับรู้ และพฤติกรรมผิดปกติอย่างถาวร โรคไข้สมองอักเสบเจอีส่วนใหญ่จะพบในเด็กอายุต่ำกว่า 15 ปี (Thisyakorn and Thisyakorn, 1992; Thisyakorn and Thisyakorn, 1994; Thisyakorn and Thisyakorn, 2001; WHO, 2026)

สำหรับประเทศไทยโรคไข้สมองอักเสบเจอีเป็นโรคประจำถิ่น (endemic area) พบรายงานผู้ป่วยครั้งแรก ในปี พ.ศ. 2504 จำนวน 300 ราย ต่อมาในปี พ.ศ. 2552 กรมควบคุมโรค รายงานผู้ป่วย จำนวน 543 ราย คิดเป็นอัตราป่วย

0.86 ต่อแสนประชากร ส่วนใหญ่อยู่ในกลุ่มอายุน้อยกว่า 15 ปี (อุษา, 2536; Sombon and Anchana, 2009) และในช่วงปีพ.ศ 2513 ถึง พ.ศ. 2523 พบผู้ป่วย จำนวน 1,500 ถึง 2,500 ราย (Chunsuttiwat, 1989; Chunsuttiwat and Warachit, 1995) ในระหว่าง ปี พ.ศ. 2560 ถึง พ.ศ. 2568 กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ รายงานผู้ป่วยจำนวน 81 ราย จนถึงปัจจุบันยังพบจำนวนผู้ป่วยยืนยันโรคไข้สมองอักเสบเจอีอย่างต่อเนื่อง มากไปกว่านั้นยังไม่มียารักษาโรค ยังเป็นเพียงการรักษาโรคตามอาการเท่านั้น จากการศึกษาระบาดวิทยาของโรคไข้สมองอักเสบเจอีในประเทศไทย พบแอนติบอดีชนิดลบล้างฤทธิ์ (Neutralizing Antibodies; Nab) ต่อเชื้อไวรัสไข้สมองอักเสบเจอีจากโปรแกรมการให้วัคซีน 28 ปี ในเขตพื้นที่ 9 อำเภอของจังหวัดเชียงใหม่ โดยศึกษาในกลุ่มวัยรุ่น ผู้ใหญ่ และกลุ่มผู้สูงอายุ พบ Nab ต่อเชื้อไวรัสไข้สมองอักเสบเจอีร้อยละ 67.4, 67.7 และ 87.5 ตามลำดับ และการศึกษาในคนไข้ที่ติดเชื้อไวรัสไข้สมองอักเสบเจอี ในประเทศไทยปี พ.ศ. 2546 ถึง พ.ศ. 2547 พบการติดเชื้อไวรัสไข้สมองอักเสบเจอีในกลุ่มอายุ 15 ปี ร้อยละ 46 และพบว่าร้อยละ 40 ได้รับวัคซีนมาแล้ว (Thisyakorn and Thisyakorn, 1992; Thisyakorn and Thisyakorn, 1994)

โรคไข้สมองอักเสบเจอีมีสาเหตุจากการติดเชื้อไวรัสไข้สมองอักเสบเจอี ที่มีสารพันธุกรรมเป็นอาร์เอ็นเอ สายเดี่ยว ขนาดความยาว 11 kb ประกอบด้วย non-structural protein คือ NS1, NS2A, NS2B, NS3, NS4A, NS4B และ NS5 และ structural protein คือ nucleocapsid or core protein (C), non-glycosylated membrane protein (M) และ glycosylated envelope protein (E) มียุงรำคาญ (Cx. Mosquito) เป็นพาหะนำโรค เช่น *Cx. Tritaeniorhynchus* มีแหล่งรังโรคหลักคือ หมู นกน้ำ ม้า วัว ควาย แพะ แกะ และ สุนัข โดยสามารถตรวจพบเชื้อไวรัสไข้สมองอักเสบเจอีในลูกหมูได้นานกว่าสัตว์อื่น หมูจึงเป็นแหล่งแพร่เชื้อที่สำคัญมาสู่คน โดยระยะฟักตัวของโรคในคนอยู่ระหว่าง 5-15 วัน (Thisyakorn and Thisyakorn, 2001; Sombon and Anchana, 2009)

อาการทางคลินิกของโรค คือ ปวดหัว มีไข้สูง วิงเวียนศีรษะ อาเจียน โดยมีลักษณะอาการแบ่งเป็น 3 ระยะดังนี้ ระยะที่ 1 คือ Prodromal stage ผู้ป่วยจะมีอาการไข้สูง ปวดศีรษะ คลื่นไส้อาเจียน ระยะที่ 2 Acute encephalitic stage ผู้ป่วยยังคงมีอาการไข้และเริ่มมีอาการระคายเคืองของเยื่อหุ้มสมอง มีการเปลี่ยนแปลงของระดับความรู้สึกตัว ชักเกร็ง พบอาการความผิดปกติของระบบประสาท (pyramidal tract signs) เป็นอัมพาตและพบความผิดปกติของเส้นประสาทสมอง ระยะที่ 3 Late stage and sequel ในระยะนี้มักพบโรคแทรกซ้อน เช่น ปอดอักเสบ ติดเชื้อทางเดินปัสสาวะ ภาวะติดเชื้อในกระแสเลือดซึ่งสามารถทำให้ผู้ป่วยที่เสียชีวิตได้ (อุษา, 2536)

การตรวจวินิจฉัยการติดเชื้อไวรัสไข้สมองอักเสบเจอีอาศัยอาการทางคลินิกและการตรวจทางห้องปฏิบัติการร่วมกัน เนื่องจากมีการติดเชื้ออีกหลายชนิดที่ทำให้เกิดสมองอักเสบ ดังนั้นเพื่อยืนยันการติดเชื้อไวรัสไข้สมองอักเสบเจอี จำเป็นต้องอาศัยการตรวจทางห้องปฏิบัติการ ดังนี้ 1) การตรวจหาแอนติบอดีชนิด IgM และ IgG ต่อเชื้อไวรัสไข้สมองอักเสบเจอีในตัวอย่างซีรัม พลาสมา เลือด และน้ำไขสันหลัง เช่นวิธี Enzyme-Linked Immunosorbent Assay (ELISA) ซึ่งเป็นวิธีที่นิยมใช้ในห้องปฏิบัติการ 2) JEV antigens ให้ผลบวกจากการตรวจเนื้อเยื่อด้วยวิธี immunohistochemistry 3) JEV genome ให้ผลบวกจากการตรวจในตัวอย่างในตัวอย่างซีรัม พลาสมา เลือด และน้ำไขสันหลัง โดยวิธีนี้ไม่เป็นที่นิยมใช้เนื่องจากเชื้อไวรัสไข้สมองอักเสบเจอีอยู่ในกระแสเลือดได้ไม่นาน (Halstead and Jacobson, 2008) และอีกวิธีที่สามารถตรวจหา Nab ต่อเชื้อไวรัสไข้สมองอักเสบเจอีได้ คือวิธี Neutralization assay เช่น วิธี Plaque reduction neutralizing test (PRNT) (Russell et al., 1967) และ วิธี Focus reduction neutralizing test (FRNT) ซึ่งความแตกต่างระหว่างวิธี Neutralization assay (PRNT `และ FRNT ) และ วิธี ELISA ในด้านการตรวจวัดระดับแอนติบอดี คือวิธี ELISA สามารถตรวจวัดระดับแอนติบอดีที่ตอบสนองต่อการติดเชื้อไวรัสได้เท่านั้นในขณะที่วิธี PRNT `และ FRNT สามารถตรวจวัดระดับแอนติบอดีที่สามารถยับยั้งฤทธิ์ของเชื้อไวรัสได้

วิธีการที่สามารถลดจำนวนผู้ป่วยโรคไข้สมองอักเสบเจอีได้อย่างมีประสิทธิภาพคือการได้รับวัคซีนป้องกันโรคที่ถูกต้อง สำหรับประเทศไทยเริ่มฉีดวัคซีนไข้สมองอักเสบเจอีตั้งแต่ปี พ.ศ. 2533 โดยเริ่มฉีด 2 เข็มในบางจังหวัดที่มีการระบาดของโรค แล้วจึงขยายพื้นที่ครอบคลุม จนกระทั่งให้ครบ 3 เข็ม ครอบคลุมทั่วประเทศ ในปี พ.ศ. 2544 ต่อมาในปี พ.ศ 2555 ได้เริ่มเปลี่ยนจากวัคซีนชนิดเชื้อไม่มีชีวิตที่ผลิตจากสมองหนูเป็นชนิดเชื้ออ่อนฤทธิ์ สายพันธุ์ SA 14-14-2 (Live Attenuated Japanese Encephalitis SA 14-14-2 : LAJE) จำนวน 2 เข็มครอบคลุมทั้งประเทศ (กองโรคป้องกันด้วยวัคซีน, 2562) ดังนั้น การพัฒนาวัคซีนและการติดตามผลของวัคซีนจึงเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่ง โดยวิธีที่ใช้ในการตรวจติดตามการให้วัคซีนและการพัฒนาวัคซีนในปัจจุบันคือ วิธี PRNT (Russell et al., 1967) ซึ่งเป็นวิธีการตรวจหา Nab ต่อเชื้อไวรัสไข้สมองอักเสบเจอี โดยที่ Nab มีบทบาทสำคัญในการยับยั้งการเข้าสู่เซลล์ของเชื้อไวรัสไข้สมองอักเสบเจอีเพื่อลดความรุนแรงของโรค และเป็นตัวชี้วัดประสิทธิภาพของวัคซีนทำให้สามารถป้องกันและลดอัตราการเกิดโรคไข้สมองอักเสบเจอีได้

แต่อย่างไรก็ตามวิธี PRNT เป็นวิธีที่ยุ่งยาก ซับซ้อน ใช้เวลาในการทดสอบนาน สิ้นเปลืองทรัพยากร ใช้แรงงานจำนวนมาก มีข้อจำกัดในการอ่านผล plaque ด้วยตาเปล่า และไม่สามารถใช้ในการตรวจวิเคราะห์ได้ในตัวอย่างซีรัมจำนวนมากได้ ถึงแม้ว่ามีการพัฒนาวิธีการตรวจหา Nab โดยวิธี FRNT ที่ให้ผลการตรวจวิเคราะห์ที่สอดคล้องกันกับ PRNT ในระดับที่สูง (Younhee et al., 2022; Yatish et al., 2025) แต่อย่างไรก็ตามวิธี FRNT ยังคงมีข้อจำกัดในการอ่านผล Focus ด้วยตาเปล่าเช่นเดียวกับวิธี PRNT ดังนั้นวัตถุประสงค์ของการศึกษานี้เพื่อการพัฒนาและประเมินประสิทธิภาพของวิธี EMNT ที่สามารถอ่านผลได้ด้วยเครื่องอ่านอัตโนมัติ สำหรับใช้เป็นวิธีทางเลือกทดแทนวิธีดั้งเดิม สำหรับห้องปฏิบัติการทางการแพทย์ทั้งภาครัฐและภาคเอกชน จะเป็นประโยชน์สำหรับงานการพัฒนาและติดตามผลการให้วัคซีน การศึกษาทางระบาดวิทยา รวมถึงการควบคุมและป้องกันการระบาดของโรคไข้สมองอักเสบเจอีได้ต่อไป

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

กลุ่มตัวอย่างซีรัมสำหรับทดสอบประสิทธิภาพของวิธี EMNT

ตัวอย่างซีรัมที่ใช้ในการศึกษานี้ คือซีรัมผู้ป่วยสงสัยโรคไข้สมองอักเสบเจอี ส่งมาตรวจวิเคราะห์หาแอนติบอดีต่อเชื้อไวรัสไข้สมองอักเสบเจอี ณ ฝ่ายอาโบไวรัส สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์สาธารณสุข กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ โดยเป็นตัวอย่างที่ปกปิดชื่อ-สกุลผู้ป่วยและกำหนดเป็นรหัสเพื่อการทดสอบ โดยตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาเปรียบเทียบครั้งนี้เป็นตัวอย่างซีรัมที่เหลือจากการตรวจวิเคราะห์หาแอนติบอดีต่อเชื้อไวรัสไข้สมองอักเสบเจอี ประกอบด้วยชุดตัวอย่างทั้งหมด 3 กลุ่ม คือ กลุ่มตัวอย่างซีรัมให้ผลบวกแอนติบอดีต่อเชื้อไวรัสไข้สมองอักเสบเจอี จำนวนทั้งหมด 80 ตัวอย่าง กลุ่มที่ 2. ตัวอย่างซีรัมยืนยันผลลบแอนติบอดีต่อเชื้อไวรัสไข้สมองอักเสบเจอี จำนวนทั้งหมด 30 ตัวอย่าง และ กลุ่มที่ 3. กลุ่มตัวอย่างซีรัมให้ผลบวกแอนติบอดีต่อเชื้อไวรัสซิกา จำนวนทั้งหมด 6 ตัวอย่าง โดยการศึกษานี้อยู่ภายใต้โครงการได้รับการอนุมัติจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ รหัสโครงการวิจัยที่ 26/2566 สำหรับใช้ทดสอบประสิทธิภาพของวิธี EMNT ที่พัฒนาขึ้นประกอบด้วย 3 กลุ่มตัวอย่างคือ

กลุ่มที่ 1. กลุ่มตัวอย่างซีรัมให้ผลบวกแอนติบอดีต่อเชื้อไวรัสไข้สมองอักเสบเจอี จำนวนทั้งหมด 80 ตัวอย่าง เพื่อใช้เป็นตัวอย่างในการตรวจวิเคราะห์เพื่อหาค่าความไว (Sensitivity) เปรียบเทียบกับวิธีอ้างอิง (FRNT) โดยกำหนดเกณฑ์ดังนี้

เกณฑ์รับเข้า

1. ตัวอย่างซีรัมที่เจาะเลือดครั้งที่ 2 (Convalescent serum) โดยวันที่เจาะเลือดห่างจากวันเริ่มป่วยในช่วงเวลาที่เหมาะสมคือ 14-45 วัน (Burke et al., 1985; Chanama et al., 2005)
2. ตัวอย่างซีรัมที่ยืนยันผลบวกแอนติบอดีต่อเชื้อไวรัสไข้สมองอักเสบเจอีโดยวิธี In-house antibody capture ELISA (Innis et al., 1989) และเป็นตัวอย่างที่ติดเชื้อไวรัสไข้สมองอักเสบเจอีตามธรรมชาติ
3. ตัวอย่างซีรัมมีปริมาตร 500 ไมโครลิตรและถูกเก็บในสภาวะที่เหมาะสม

เกณฑ์คัดออก

1. ตัวอย่างซีรัมที่เจาะเลือดครั้งที่ 1 (Acute serum) โดยวันที่เจาะเลือดห่างจากวันเริ่มป่วยในช่วงเวลา 0-7 วัน (Burke et al., 1985; Chanama et al., 2005)
2. ตัวอย่างซีรัมที่ให้ผลลบแอนติบอดีต่อเชื้อไวรัสไข้สมองอักเสบเจอีโดยวิธี In-house antibody capture ELISA (Innis et al., 1989)
3. ตัวอย่างซีรัมมีปริมาตรน้อยกว่า 500 ไมโครลิตรถูกเก็บในสภาวะไม่เหมาะสม

กลุ่มที่ 2. ตัวอย่างซีรัมยืนยันผลลบแอนติบอดีต่อเชื้อไวรัสไข้สมองอักเสบเจอี จำนวนทั้งหมด 30 ตัวอย่าง เพื่อใช้เป็นตัวอย่างในการตรวจวิเคราะห์หาค่าความจำเพาะ (Specificity) เปรียบเทียบกับวิธีอ้างอิง (FRNT) โดยกำหนดเกณฑ์ดังนี้

เกณฑ์รับเข้า

1. ตัวอย่างซีรัมที่เจาะเลือดครั้งที่ 1 หรือ ครั้งที่ 2 ที่ให้ผลยืนยันผลลบแอนติบอดีต่อเชื้อไวรัสไข้สมองอักเสบเจอีโดยวิธี In-house antibody capture ELISA
2. ตัวอย่างซีรัมมีปริมาตร 500 ไมโครลิตรและถูกแบ่งเก็บในสภาวะที่เหมาะสม

เกณฑ์คัดออก

1. ตัวอย่างซีรัมที่ให้ผลบวกแอนติบอดีต่อเชื้อไวรัสไข้สมองอักเสบเจอี
2. ตัวอย่างซีรัมที่มีปริมาตรน้อยกว่า 500 ไมโครลิตรและถูกเก็บในสภาวะไม่เหมาะสม

กลุ่มที่ 3. กลุ่มตัวอย่างซีรัมให้ผลบวกแอนติบอดีต่อเชื้อไวรัสซิกา จำนวนทั้งหมด 6 ตัวอย่าง เพื่อใช้เป็นตัวอย่างในการตรวจวิเคราะห์หาค่าความจำเพาะ (Specificity) และการเกิดปฏิกิริยาข้าม (cross-reaction) ของวิธี EMNT ที่พัฒนาขึ้นเปรียบเทียบกับวิธี FRNT โดยกำหนดเกณฑ์ดังนี้

เกณฑ์รับเข้า

1. ตัวอย่างซีรัมที่เจาะเลือดครั้งที่ 1 หรือ ครั้งที่ 2 ที่ให้ผลยืนยันผลบวกแอนติบอดีต่อเชื้อไวรัสซิกาโดยชุดตรวจสำเร็จรูปโดยวิธี ELISA
2. ตัวอย่างซีรัมมีปริมาตร 500 ไมโครลิตรถูกแบ่งเก็บในสภาวะที่เหมาะสม

เกณฑ์คัดออก

1. ตัวอย่างซีรัมที่เจาะเลือดครั้งที่ 1 หรือ ครั้งที่ 2 ที่ให้ผลยืนยันผลลบแอนติบอดีต่อเชื้อไวรัสซิกา
2. ตัวอย่างซีรัมมีปริมาตรน้อยกว่า 500 ไมโครลิตรและถูกเก็บในสภาวะไม่เหมาะสม

เซลล์สำหรับการตรวจวิเคราะห์

เซลล์ที่ใช้เพื่อการตรวจวิเคราะห์หา Nab ต่อเชื้อไวรัสไข้สมองอักเสบเจอีโดยวิธี FRNT และ EMNT สำหรับการศึกษานี้คือเซลล์ African green monkey kidney (Vero) (Yasumura and Kawakita, 1963) `โดยการเพาะลี้ยง Vero cells ใน T-25 หรือ T-75 (tissue culture flask) (Corning Costar Corporation, Cambridge, MA, USA) ที่มีร้อยละ 10 ของ fetal bovine serum (FBS) ที่ผ่านการ heat-inactivated แล้วโดยเตรียมใน Minimum Essential Medium (D-MEM) (Gibco BRL, Waltham, USA) จากนั้นเติม 100 units/ml ของ penicillin-streptomycin (Gibco BRL, Waltham, USA) บ่มที่ 37 องศาเซลเซียส ในร้อยละ 5 คาร์บอนไดออกไซด์ นาน 3-4 วัน ที่ความหนาแน่นของเซลล์ที่ร้อยละ 90-100 จากนั้นทำการ trypsinization โดยใช้ร้อยละ 0.25 ของ trypsin-EDTA solution (Gibco BRL, Thermo scientific, Waltham, USA) ของ Vero cell โดยต้องให้ได้ปริมาณความหนาแน่นของเซลล์ที่ 4.5×10^5 - 1×10^6 cells สำหรับใช้ในการวิเคราะห์ต่อไป

เซลล์สำหรับเพาะเลี้ยงเชื้อไวรัสไข้สมองอักเสบเจอีเพื่อใช้ในการศึกษานี้คือเซลล์ C6/36 (capsid (C)-expressing mosquito cell line and the mosquito) โดยทำการเพาะเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อ Leibovitz's (L-15) (Gibco BRL, Waltham, USA) ที่มีร้อยละ 10 (v/v) ของ FBS (Gibco BRL, Waltham, USA) และ 100 units/ml ของ penicillin-streptomycin (Gibco BRL, Waltham, USA) บ่มที่ 29 องศาเซลเซียส นาน 3-4 วัน

ไวรัสไข้สมองอักเสบเจอีสำหรับการตรวจวิเคราะห์

เชื้อไวรัสไข้สมองอักเสบเจอีสายพันธุ์ Beijing สำหรับใช้ในการศึกษานี้ ทำการเพาะเลี้ยงในเซลล์ C6/36 สำหรับใช้ตรวจวิเคราะห์โดยการเตรียมเซลล์ C6/36 ให้เป็น monolayer อายุไม่เกิน 2 วัน ที่ความหนาแน่นของเซลล์ร้อยละ 90 จากนั้นทำการติดเชื้อไวรัสไข้สมองอักเสบเจอีที่ MOI 0.05 บ่มที่ 29 องศาเซลเซียส ติดตามการเกิด CPE นาน 2-3 วัน จากนั้นทำการเก็บน้ำเลี้ยงเซลล์ ปั่นที่ 1,735×g อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที เติมร้อยละ 20 (v/v) ของ FBS แบ่งเก็บที่ -80 องศาเซลเซียส เพื่อไตเตรทหาความแรงของไวรัสไข้สมองอักเสบเจอีสำหรับการวิเคราะห์หา Nab โดยวิธี FRNT และ EMNT

วิธี Focus reduction neutralizing test

วิธี FRNT เป็นวิธีที่ใช้ตรวจหา Nab ต่อเชื้อไวรัสไข้สมองอักเสบเจอีที่ถูกพัฒนาขึ้นโดยให้ผลสอดคล้องกันในระดับที่สูงเมื่อเปรียบเทียบกับวิธี PRNT โดยทำการตรวจวิเคราะห์ดังนี้ เตรียม Vero cell ที่ปริมาณของเซลล์ $5x10^4$ โดยอายุของเซลล์ไม่เกิน 2 วัน ทำการเจือจางตัวอย่างซีรัมแบบ 4-fold dilution ที่ความเข้มข้น 1:10 – 1: 10,485,760 โดยกำหนดเซลล์ควบคุมที่คอลัมน์ที่ 12 ในเพลทชนิด 96 หลุม จากนั้นเติมไวรัสไข้สมองอักเสบเจอีที่ระดับความเข้มข้นที่ผ่านการไตเตรทค่าที่เหมาะสมแล้ว โดยยกเว้นคอลัมน์ที่ควบคุม บ่มที่ 37 องศาเซลเซียส ที่มีร้อยละ 5 ของ Co_2 นาน 1 ชั่วโมง เมื่อครบเวลาเติมไวรัสไข้สมองอักเสบเจอีที่ไม่ถูกลบล้างฤทธิ์จากการทำปฏิกิริยาขั้นต้นลงใน Vero cell ที่เตรียมไว้แล้วก่อนหน้านี้ บ่มที่ 37 องศาเซลเซียส ที่มีร้อยละ 5 ของ Co_2 นาน 48 ชั่วโมง จากนั้นทำการตรึงเซลล์โดยการดูดอาหารเลี้ยงเซลล์ออก ล้างด้วย 1x PBS จากนั้นเติม Fixative (Formaldehyde) บ่มที่อุณหภูมิห้องนาน 10-20 นาที จากนั้นทำการเจาะเซลล์เพื่อให้แอนติบอดีเข้าไปจับกับไวรัสที่ติดเชื้อภายในเซลล์อย่างจำเพาะ เติมโมโนโคนอลแอนติบอดี (4G2) ที่มีความจำเพาะต่อเชื้อไวรัสไข้สมองอักเสบเจอีระดับความเข้มข้นตามที่ไตเตรทแล้ว บ่มที่ 37 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง ล้างเพลท 5 ครั้ง เติมคอนจูเกต (Peroxidase-conjugated goat anti-mouse IgG) บ่มที่ 37 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง ล้าง 5 ครั้ง เติม Substrate (NBT/BCIP) บ่มที่อุณหภูมิห้องนาน 20-30 นาที ในที่มืด จากนั้นหยุดปฏิกิริยาโดยการล้างน้ำกลั่นอ่านค่า Focus นำค่า

Focus มาคำนวนหาค่าความเข้มข้นของซีรัมที่ทำให้เกิดการยับยั้งการติดเชื้อไวรัสไข้สมองอักเสบเจอีได้ที่ร้อยละ 50 เมื่อเปรียบเทียบกับ Negative control ($FRNT_{50}$) โดยใช้โปรแกรม SPSS Regression Probit

วิธี ELISA -based microneutralization test

เป็นวิธีที่พัฒนาขึ้นเพื่อใช้ในการตรวจหา Nab ต่อเชื้อไวรัสไข้สมองอักเสบเจอี โดยการทำปฏิกิริยากันระหว่างNab ต่อเชื้อไวรัสไข้สมองอักเสบเจอีในซีรัมผู้ป่วยที่เจือจางแบบ 4-fold dilutions ที่ความเข้มข้น 1:10-1: 10,485,760 และแอนติเจนไวรัสไข้สมองอักเสบเจอีซึ่งผลิตจากเซลล์เพาะเลี้ยง C6/36 ที่มีความแรงของไวรัสไม่น้อยกว่า $1x10^4$ FFU/ml ที่ผ่านการไตเตรทได้ค่าที่เหมาะสมแล้ว จากนั้นบ่มที่ 37 องศาเซลเซียส ในร้อยละ 5 ของ CO_2 นาน 1 ชั่วโมง จากนั้นเติม Vero cell ที่เตรียมไว้ที่ $3X10^5$ cell/well โดยใช้ Vero cell อายุไม่เกิน 4 วัน ลงในเพลทที่มีเชื้อไวรัสไข้สมองอักเสบเจอีที่ไม่ถูกยับยั้งฤทธิ์ บ่มที่ 37 องศาเซลเซียส ในร้อยละ 5 ของ CO_2 นาน 48 ชั่วโมง ดูดน้ำเลี้ยงเซลล์ออกและตรึงด้วย 1:1 aceone-1XPBS ในสภาวะเย็น นาน 15-20 นาที ล้างเพลท 5 ครั้ง เติม anti-flavivirus IgG บ่มที่ 37 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง ล้างเพลท 5 ครั้ง เติม Peroxidase-conjugated goat anti-mouse IgG บ่มที่ 37 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง เติม TMB substrate บ่มที่อุณหภูมิห้อง 10-15 นาที ในที่มืด หยุดปฏิกิริยาอ่านค่าความเข้มของสีที่ความยาวคลื่น 450 นาโนเมตร อ่านค่า O.D. ด้วยเครื่อง ELISA reader โดยกำหนดค่า O.D. ควบคุมจากสารควบคุมทั้ง 3 แบบคือ 1) แบบควบคุมภายใน (Internal control) เป็นสารควบคุมบวก 2) แบบควบคุมลบที่ไม่พบการลบล้างฤทธิ์เชื้อไวรัสไข้สมองอักเสบเจอีเกิดขึ้น (JEV only) 3) สารควบคุมที่เติมเฉพาะ Vero cell เท่านั้น (Cell only) จากนั้นทำการคำนวณหาค่าความเข้มข้นของซีรัมที่ทำให้เกิดการยับยั้งการติดเชื้อไวรัสไข้สมองอักเสบเจอีได้ที่ร้อยละ 50 เมื่อเปรียบเทียบกับ Negative control ($EMNT_{50}$) โดยใช้โปรแกรม SPSS Regression Probit

ค่า NT_{50} (Neutralization Titer 50%)

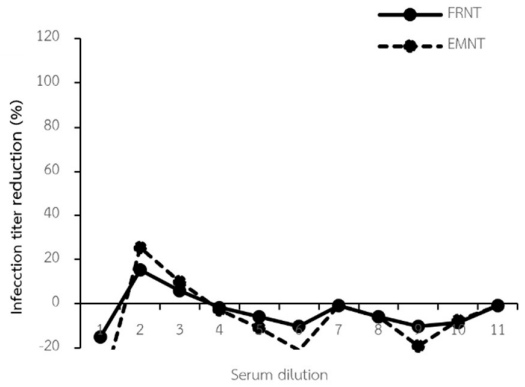
การวัดผลค่าการยับยั้งฤทธิ์ของไวรัสโรคไข้สมองอักเสบเจอีคือค่า NT_{50} หมายถึง ค่าความเข้มข้นของซีรัมที่ทำให้เกิดการยับยั้งการติดเชื้อไวรัสได้ร้อยละ 50 เมื่อเปรียบเทียบกับ Negative control โดยทั่วไปใช้ในการศึกษาวัคซีน ภูมิคุ้มกัน และงานวิจัยด้านไวรัสวิทยาเช่น ไวรัสไข้สมองอักเสบเจอี และไวรัสเดงกี ค่า NT_{50} ยิ่งระดับสูง แสดงว่าภูมิคุ้มกันในตัวอย่างซีรัมมีประสิทธิภาพสูง สามารถยับยั้งเชื้อได้มากขึ้นในปริมาณที่เจือจาง ค่า NT_{50} ที่ระดับต่ำแสดงว่าภูมิคุ้มกันนั้นอ่อนแอ หรือซีรัมที่ทดสอบมีประสิทธิภาพในการยับยั้งไวรัสได้น้อย ค่า NT_{50} เป็นตัวชี้วัดที่สำคัญในหลายงานวิจัย เช่น การพัฒนาวัคซีน การวัดภูมิคุ้มกันหลังการได้รับวัคซีน หรือการประเมินฤทธิ์ของยาต้านไวรัส

ผลการวิจัย

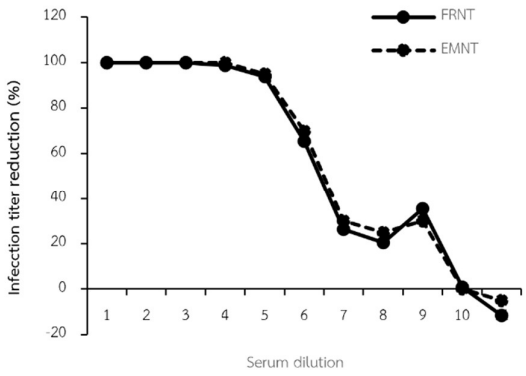
การทดสอบหาแอนติบอดีชนิดลบล้างฤทธิ์ (Nab) ต่อเชื้อไวรัสไข้สมองอักเสบเจอีในตัวอย่างซีรัม

วิธี EMNT พัฒนาขึ้นในรูปแบบ 96 หลุม (Microneutralization test) ทดแทนการใช้เพลทชนิด 12 หรือ 24 หลุม ของวิธีการตรวจแบบดั้งเดิม (PRNT) ทดสอบโดย การทำปฏิกิริยากันระหว่างแอนติบอดีและเชื้อไวรัสไข้สมองอักเสบเจอี จากนั้นติดเชื้อไวรัสไข้สมองอักเสบเจอีที่ไม่ถูกลบล้างฤทธิ์ใน Vero cell เมื่อครบเวลาทำการติดตามผล Nab ต่อเชื้อไวรัสไข้สมองอักเสบเจอีโดยวิธี ELISA จากการหาความเหมาะสมของวิธีโดยการไตเตรทความเข้มข้นของความแรงเชื้อไวรัสไข้สมองอักเสบเจอีจากเซลล์เพาะเลี้ยง ความเข้มข้นของโมโนโคนอลแอนติบอดี (4G2) และ ความเข้มข้นคอนจูเกตที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ (Vorndam and Beltran, 2018; Jean et al., 2020) เมื่อได้ความเหมาะสมของวิธี ทำการทดสอบหาระดับ

Nab ต่อเชื้อไวรัสไข้สมองอักเสบเจอีในตัวอย่างผู้ป่วยจริงที่ให้ผลยืนยันการติดเชื้อไวรัสไข้สมองอักเสบเจอีและไม่ติดเชื้อไวรัสไข้สมองอักเสบเจอีโดยวิธี In-house ELISA ทำการทดสอบโดยวิธี EMNT ที่พัฒนาขึ้นเปรียบเทียบกับวิธี FRNT จากการทดสอบซ้ำจำนวน 5 ซ้ำ ทำการคำนวนค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation; SD) จากนั้นหาค่าการเปรียบเทียบแบบสัมพัทธ์ (Coefficient of Variation; CV) ผ่านเกณฑ์กำหนดที่ CV < 10% (ความแปรปรวนต่ำ) ได้ผลการทดสอบคือไม่พบความสามารถของแอนติบอดีในการยับยั้งฤทธิ์ (Neutralizing activity) เชื้อไวรัสไข้สมองอักเสบเจอีในตัวอย่างผลลบแอนติบอดีต่อเชื้อไวรัสไข้สมองอักเสบเจอี (รูปที่ 1 ก) และเมื่อทดสอบในตัวอย่างซีรัมผลบวกแอนติบอดีต่อเชื้อไวรัสไข้สมองอักเสบเจอีให้ผลพบ Neutralizing activity (รูปที่ 1 ข) จากผลการทดสอบที่ได้แสดงให้เห็นว่าวิธี EMNT สามารถตรวจวิเคราะห์หา Neutralizing activity ได้ในตัวอย่างซีรัมผลลบและบวกแอนติบอดีต่อเชื้อไวรัสไข้สมองอักเสบเจอีได้และให้ผลการทดสอบที่ใกล้เคียงกับวิธีอ้างอิง (FRNT) (รูปที่ 1 ก และ ข)



(ก) รูปแบบที่ 1 ไม่พบ Neutralizing activity



(ข) รูปแบบที่ 2 พบ Neutralizing activity

รูปที่ 1 Neutralizing activity ในตัวอย่างซีรัมผลลบและบวกแอนติบอดีต่อเชื้อไวรัสไข้สมองอักเสบเจอี จากการทดสอบซ้ำจำนวน 5 ซ้ำ ผ่านเกณฑ์กำหนดที่ CV < 10% โดยวิธี EMNT และ FRNT โดยวิธี FRNT (เส้นทึบ`) และวิธี EMNT (เส้นประ`) รูปแบบที่ 1 ไม่พบ Neutralizing activity ในตัวอย่างผลลบแอนติบอดีต่อเชื้อไวรัสไข้สมองอักเสบเจอี (ก) และ รูปแบบที่ 2 พบ Neutralizing activity ในตัวอย่างผลบวกแอนติบอดีต่อเชื้อไวรัสไข้สมองอักเสบเจอี (ข)

การทดสอบเพื่อประเมินประสิทธิภาพด้านความไว (Sensitivity) ของวิธีที่ EMNT ที่พัฒนาขึ้นโดยการตรวจวิเคราะห์หา Nab เปรียบเทียบกับวิธีอ้างอิง (FRNT) ในตัวอย่างซีรัมให้ผลบวกแอนติบอดีต่อเชื้อไวรัสไข้สมองอักเสบเจอี จำนวน 80 ตัวอย่าง โดยกำหนดผลลบ Nab ของค่า NT_{50} ที่ Cutt off <10 และผลบวก Nab ของค่า NT_{50} ที่ Cutt off ≥ 10 (Mattia et al., 2011) ผลการทดสอบโดยวิธี EMNT และ วิธี FRNT ให้ผลบวก Nab ต่อเชื้อไวรัสไข้สมองอักเสบเจอีในทุกตัวอย่าง โดยให้ค่า NT_{50} ต่ำสุดที่ 1:70 โดยผลการทดสอบส่วนมากให้ค่า NT_{50} ที่ระดับสูงโดยมีค่าระหว่าง 1:10,243 - 1:98,413 (ตารางที่ 1) จากผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าวิธี EMNT สามารถตรวจวิเคราะห์หา Nab ในกลุ่มตัวอย่างที่ให้ผลบวกแอนติบอดีต่อเชื้อไวรัสไข้สมองอักเสบเจอีโดยให้ผลบวก Nab ต่อเชื้อไวรัสไข้สมองอักเสบเจอีที่เหมือนกับวิธีอ้างอิง (FRNT) ในทุกตัวอย่าง

ตารางที่ 1 ค่า NT_{50} ในตัวอย่างซีรัมยืนยันแอนติบอดีต่อเชื้อไวรัสไข้สมองอักเสบเจอีระหว่างวิธี FRNT และ EMNT

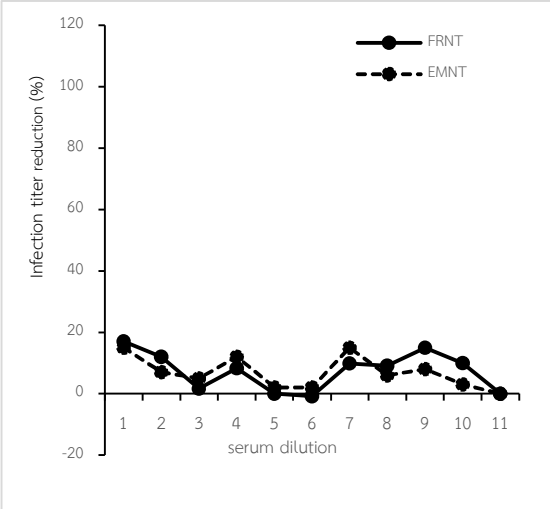
Serum samples	$FRNT_{50}$ titer	$EMNT_{50}$ titer
E1/135015234	2045	1651
E2/135015251	28995	20156
E3/135013409	121	100
E4/135011137	12867	10896
E5/135012257	4144	3280
E6/135012258	34376	32690
E7/135012259	84	70
E8/135012260	111550	101155
E9/135013410	4156	4026
E10/135013592	1846	1796
E11/135013594	20286	21891
E12/135013607	37754	35912
E13/135014124	256	200
E14/135015728	4177	3981
E15/135015114	2932	2893
E16/135016708	12021	11120
E17/135017725	98413	90289
E18/135015827	12504	10560
E19/135015828	24613	20789
E20/135015397	44812	22678
E21/135017772	9479	10233
E22/135019350	29746	32123
E23/135018699	29337	32456
E24/135019224	26611	25712
E25/135017724	16712	18973
E26/135019932	49119	52310
E27/135019650	18550	29780
E28/135019651	70083	75871
E29/135019225	70138	89920
E30/135021600	29995	35145
E31/135029828	18037	22234
E32/135020642	534	498
E33/135028138	4271	5912

Serum samples	$FRNT_{50}$ titer	$EMNT_{50}$ titer
E34/135021602	8565	92460
E35/135025151	49669	52310
E36/135022032	11218	10213
E37/135022033	112222	152891
E38/135022376	273552	291456
E39/135022375	9873	8990
E40/135023011	31330	30245
E41/134804896	8425	9250
E42/134805009	95729	98301
E43/134806062	862468	879900
E44/134816593	76271	76214
E45/134806248	8027	9045
E46/134806599	8285	8912
E47/134806746	10776	15789
E48/134807141	7050	6912
E49/134807007	173944	181230
E50/134816702	17265	18920
E51/134816961	7945	8924
E52/134816962	91380	112480
E53/134817191	94497	95123
E54/134818956	5581	4912
E55/134818961	52603	56971
E56/135019719	878	1050
E57/SJM01	2667	2890
E58/SJM02	8634	9871
E59/134818958	31705	30789
E60/134821316	2007	1999
E61/134822200	3475	3546
E62/134822199	8198	9123
E63/134821943	8868	8900
E64/134822202	2386	2078
E65/134822271	7790	8912
E66/134822272	79308	89456
E67/134823672	10243	11230

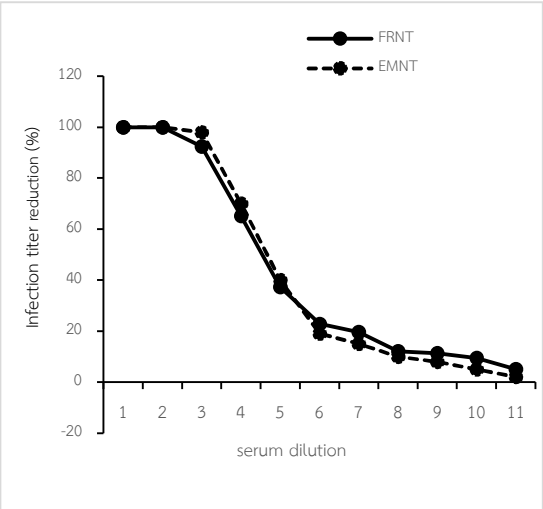
Serum samples	$FRNT_{50}$ titer	$EMNT_{50}$ titer
E68/134823789	2500	5499
E69/134823790	14347	18890
E70/134823575	1870	3799
E71/134825376	976	812
E72/134825443	1639	3641
E73/134827117	29881	35689
E74/134827118	353072	449120
E75/135106782	1520	1200
E76/134827619	20269	19230
E77/134827941	69314	59990
E78/134827943	16438	23789
E79/134829156	9087	18990
E80/13-4829157	35618	33300

การทดสอบเพื่อประเมินประสิทธิภาพด้านความจำเพาะ (Specificity) ของวิธี EMNT ที่พัฒนาขึ้นโดยการทดสอบหา Nab เปรียบเทียบกับวิธีอ้างอิง (FRNT) ในตัวอย่างซีรัมให้ผลลบแอนติบอดีต่อเชื้อไวรัสไข้สมองอักเสบเจอี จำนวน 30 ตัวอย่าง โดยกำหนดผลลบ Nab ของค่า NT_{50} ที่ Cutt off <10 และผลบวก Nab ของค่า NT_{50} ที่ Cutt off ≥ 10 (Mattia et al., 2011) จากการทดสอบทั้ง 2 วิธี (EMNT และ FRNT) ให้ผลการทดสอบที่ตรงกันทุกตัวอย่างดังนี้ คือให้ผลลบ Nab ต่อเชื้อไวรัสไข้สมองอักเสบเจอี จำนวน 20 ตัวอย่าง และให้ผลบวก Nab ต่อเชื้อไวรัสไข้สมองอักเสบเจอี จำนวน 10 ตัวอย่าง โดยให้ผลบวก Nab ต่อเชื้อไวรัสไข้สมองอักเสบเจอี ที่ค่า NT_{50} ที่ระดับต่ำโดยมีค่าระหว่าง 1:12 ถึง 1:360

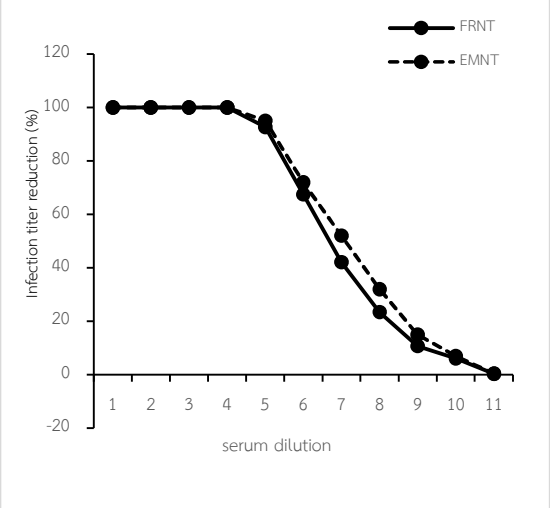
การทดสอบเพื่อประเมินประสิทธิภาพของวิธี EMNT เปรียบเทียบกับวิธี FRNT ในการทดสอบหา Neutralizing activity ในตัวอย่างซีรัมที่ให้ผลบวกและลบแอนติบอดีต่อเชื้อไวรัสไข้สมองอักเสบเจอี จำนวน 80 ตัวอย่าง และ 30 ตัวอย่าง ตามลำดับ ให้ผลด้านความสามารถของแอนติบอดีในการยับยั้งฤทธิ์ (Neutralizing activity) เชื้อไวรัสไข้สมองอักเสบเจอี แบ่งออกเป็น 4 รูปแบบ ดังนี้ รูปแบบที่ 1) ไม่พบ Neutralizing activity ในตัวอย่างซีรัม (รูปที่ 2 ก) รูปแบบที่ 2) พบ Neutralizing activity ในระดับต่ำโดยให้ค่า $FRNT_{50}$ `และ $EMNT_{50}$ เท่ากับ 1: 2,386 และ 1:2,078 ตามลำดับ (รูปที่ 2 ข)



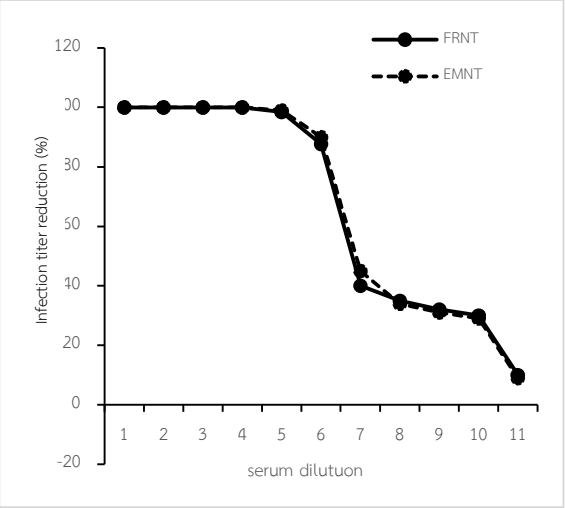
(ก) แบบที่ 1 ไม่พบ Neutralizing activity



(ข) แบบที่ 2 พบ Neutralizing activity ระดับต่ำ



(ค) แบบที่ 3 พบ Neutralizing activity ระดับกลาง

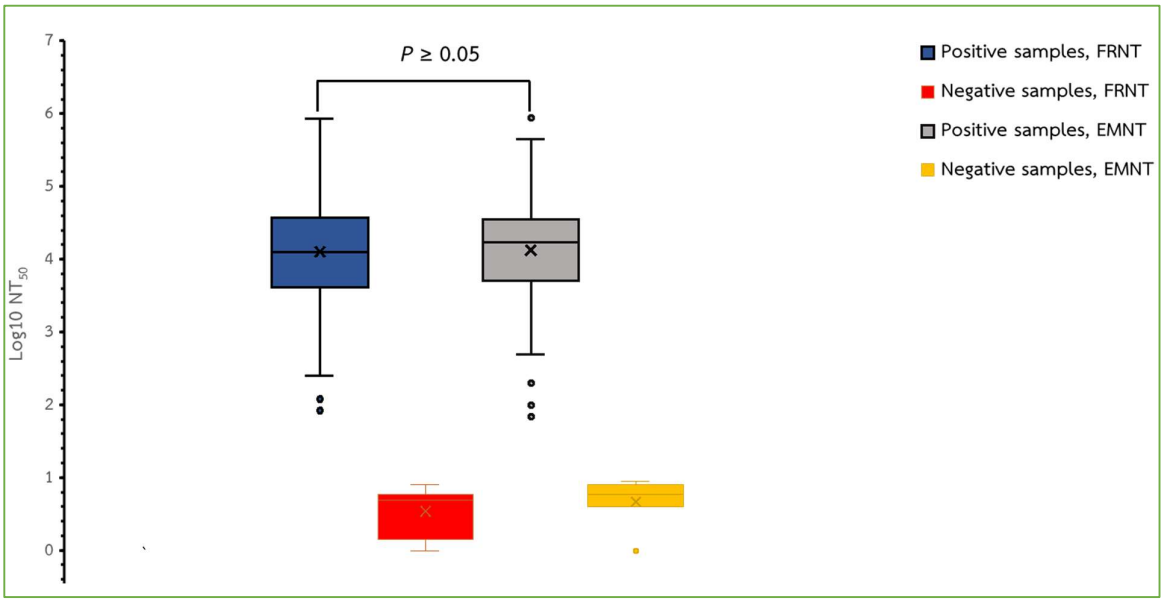


(ง) แบบที่ 4 พบ Neutralizing activity ระดับสูง

รูปที่ 2 Neutralizing activity ในตัวอย่างซีรัมบวกและลบแอนติบอดีต่อเชื้อไวรัสไข้สมองอักเสบเจอี โดยวิธี FRNT (เส้นทึบ`) และวิธี EMNT (เส้นประ`) แบ่งเป็น 4 รูปแบบ รูปแบบที่ 1 ไม่พบ Neutralizing activity ในตัวอย่างซัม (ก) รูปแบบที่ 2 พบ Neutralizing activity ระดับต่ำ (ข) รูปแบบที่ 3 พบ Neutralizing activity ระดับกลาง (ค) รูปแบบที่ 4 พบ Neutralizing activity ระดับสูง (ง)

รูปแบบที่ 3) พบ Neutralizing activity ในระดับกลาง โดยมีค่า $FRNT_{50}$ `และ $EMNT_{50}$ เท่ากับ 1: 29,995 และ 1:35,145 ตามลำดับ (รูปที่ 2 ค) รูปแบบที่ 4 พบ Neutralizing activity ในระดับสูง โดยมีค่า $FRNT_{50}$ `และ $EMNT_{50}$ เท่ากับ 1: 862,468 และ 1:879,900 ตามลำดับ (รูปที่ 2 ง) จากผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าวิธี EMNT ที่พัฒนาขึ้นสามารถใช้ตรวจวิเคราะห์ Neutralizing activity ได้ในแต่ละระดับและให้ผลการทดสอบ Neutralizing activity ไปในทางเดียวกันกับวิธีอ้างอิง (FRNT)

การประเมินความสามารถและประสิทธิภาพของวิธี EMNT ที่พัฒนาขึ้นเพื่อการตรวจวิเคราะห์หา Nab ต่อเชื้อไวรัสไข้สมองอักเสบเจอี โดยการทดสอบในกลุ่มตัวอย่างที่ให้ผลบวกและลบแอนติบอดีต่อเชื้อไวรัสไข้สมองอักเสบเจอี โดยวิธี FRNT และ EMNT จำนวน 80 ตัวอย่าง และ 30 ตัวอย่างตามลำดับ ให้ผลการทดสอบในกลุ่มตัวอย่างผลบวกแอนติบอดีต่อเชื้อไวรัสไข้สมองอักเสบ ดังนี้ การทดสอบโดยวิธี FRNT ให้ค่า $FRNT_{50}$ ที่ระดับต่ำสุดและระดับสูงสุดที่ 1:12 และ 1:862,463 ตามลำดับ และค่าเฉลี่ยของระดับ Nab ต่อเชื้อไวรัสไข้สมองอักเสบเจอี ($FRNT_{50}$) ที่ 1:37,207 (รูปที่ 3) ในขณะเดียวกันผลการทดสอบหา Nab `ต่อเชื้อไวรัสไข้สมองอักเสบเจอี โดยวิธี EMNT ให้ค่า $EMNT_{50}$ ที่ระดับต่ำสุดและระดับสูงสุดที่ 1:15 และ 1:879,900 ตามลำดับ โดยให้ค่า $EMNT_{50}$ เฉลี่ย ที่ระดับ 1:39,806 (รูปที่ 3) โดยที่ทั้ง 2 วิธี (FRNT และ EMNT) `ให้ค่า NT_{50} ส่วนมากที่ระดับต่ำกว่า 1: 10,000 `โดยให้ค่า NT_{50} ระหว่าง1:12-1:9,873 (รูปที่ 3) ในส่วนกลุ่มตัวอย่างที่ให้ผลลบแอนติบอดีแสดงผลลบ Nab ที่ตรงกันในทุกตัวอย่าง และผลการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่าง 2 วิธี (FRNT และ EMNT) ในกลุ่มตัวอย่างผลบวก Nab ต่อเชื้อไวรัสไข้สมองอักเสบเจอี โดยใช้ paired t-test (p= 0.85) พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) จากผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าผลการตรวจหา Nab ต่อเชื้อไวรัสไข้สมองอักเสบเจอีของทั้งสองวิธีให้ผลไม่แตกต่างกัน (รูปที่ 3)



รูปที่ 3 ค่าระดับ NT_{50} `ในตัวอย่างผลบวกและผลลบแอนติบอดีต่อเชื้อไวรัสไข้สมองอักเสบเจอีโดยวิธี FRNT และวิธี EMNT

ความไวและความจำเพาะของวิธี EMNT

การทดสอบหาค่าความไว (Sensitivity) ค่าความจำเพาะ (Specificity) และค่าความแม่นยำ (Accuracy) ของวิธี EMNT ที่พัฒนาขึ้นนั้นเกณฑ์ที่ยอมรับได้ในการตรวจยืนยันการวินิจฉัย (confirmatory test) คือมากกว่าร้อยละ 90 ถึง ร้อยละ 95 (Deeks et al., 2004; Akobeng, 2007; Parikh et al., 2008) สำหรับการศึกษานี้ ผลการประเมินประสิทธิภาพของวิธี EMNT เปรียบเทียบกับวิธีอ้างอิง (FRNT) ในใช้ตัวอย่างที่ให้ผลบวกและลบแอนติบอดีต่อเชื้อไวรัสไข้สมองอักเสบเจอีจำนวน 80 ตัวอย่างและ 20 ตัวอย่าง ตามลำดับ โดยยืนยันการติดเชื้อไวรัสไข้สมองอักเสบเจอีโดยวิธี In-house ELISA ให้ผลความถูกต้องของวิธี EMNT จากค่าความแม่นยำ (Accuracy) เท่ากับร้อยละ 100.0 (95% CI: 96.0 ถึง 100.0) ค่าความไว (Sensitivity) เท่ากับร้อยละ 100 (95% CI: 96.0 ถึง 100.0) และค่าความจำเพาะ (specificity) เท่ากับร้อยละ 100.0 (95% CI: 83.0 ถึง 100.0) (ตารางที่ 2) และผลการทดสอบการเกิดปฏิกิริยาข้ามกับแอนติบอดีต่อไวรัสซิกาจำนวน 6 ตัวอย่าง ให้ผลลบ Nab ต่อเชื้อไข้สมองอักเสบเจอีในทุกตัวอย่างและให้ผลตรงกันทั้ง 2 วิธี (FRNT `และ EMNT) จากผลการทดสอบจะเห็นได้ว่าค่าความไว (Sensitivity) ค่าความจำเพาะ (Specificity) และค่าความแม่นยำ (Accuracy) ของวิธี EMNT เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีอ้างอิง (FRNT) อยู่ในระดับที่สูงและผ่านเกณฑ์ที่ยอมรับได้ในการตรวจยืนยันการวินิจฉัย (confirmatory test) และผลการทดสอบ cross-reactivity แสดงให้เห็นว่าวิธี EMNT สามารถนำมาใช้ตรวจหา Nab ต่อเชื้อไข้สมองอักเสบเจอีได้

ตารางที่ 2 ความถูกต้องของวิธี EMNT เปรียบเทียบกับวิธี FRNT

การทดสอบ	ความไว (%) (n = 80) [CI 95%]	ความจำเพาะ (%) (n =20) [CI 95%]	ความแม่นยำ (%) [CI 95%]
EMNT	100.0 (80/80) [96.0 to 100.0]	100.0 (20/20) [83.0 to 100.0]	100.0 [96.0 to 100.0]

การประเมินความสอดคล้องของวิธี EMNT

การประเมินความสอดคล้องของวิธีที่พัฒนาขึ้นเป็นการตรวจสอบระดับความใกล้เคียงของผลการตรวจระหว่างวิธีที่พัฒนาขึ้นและวิธีอ้างอิง เพื่อยืนยันว่าวิธีที่พัฒนาขึ้นมีความน่าเชื่อถือและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้อย่างเหมาะสม จากการศึกษานี้ ทำการประเมินความสอดคล้องของวิธี EMNT ที่พัฒนาขึ้นเปรียบเทียบกับวิธีอ้างอิง (FRNT) ในตัวอย่างซีรัมที่ให้ผลบวก Nab ต่อเชื้อไวรัสไข้สมองอักเสบเจอี ตัวอย่างผลลบแอนติบอดีต่อเชื้อไวรัสไข้สมองอักเสบเจอี และตัวอย่างผลบวกแอนติบอดีต่อเชื้อไวรัสซิกา จำนวน 80 20 และ 6 ตัวอย่าง ตามลำดับ วิเคราะห์ค่าความอดคล้องของ 2 วิธีโดยใช้สถิติสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในกลุ่ม (Intraclass correlation coefficient: ICC) (Koo and Li, 2015) ที่ความเชื่อมั่น 95% โดยเกณฑ์การแปลผลและการยอมรับคือ > 0.90 หมายถึง ความสอดคล้องระดับดีมาก (Excellent) ให้ค่าความสอดคล้องกันของ 2 วิธี เท่ากับ 0.990 (95% CI, 0.990 ถึง 0.996), 0.989 (95% CI, 0.967 ถึง 0.996) และ 0.981 (95% CI, 0.867 ถึง 0.997) (ตารางที่ 3) จากผลการหาความสอดคล้องของทั้ง 2 วิธี (EMNT และ FRNT) ในกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 3 กลุ่มให้ผลความสอดคล้องในระดับดีมาก แสดงให้เห็นว่าวิธี EMNT ที่พัฒนาขึ้นมีความสอดคล้องกับวิธีอ้างอิง (FRNT) สามารถใช้ตรวจวิเคราะห์หา Nab ต่อเชื้อไวรัสไข้สมองอักเสบเจอีในห้องปฏิบัติการได้

ตารางที่ 3 ค่าความสอดคล้องระหว่างวิธี FRNT และ EMNT ในตัวอย่างซีรัม

ตัวอย่าง	ICC (95% Confidence Interval)
ผลบวกแอนติบอดีต่อเชื้อไวรัสไข้สมองอักเสบเจอี (80)	0.990 (0.990-0.996)
ผลลบแอนติบอดีต่อเชื้อไวรัสไข้สมองอักเสบเจอี (20)	0.989 (0.967 - 0.996)
ผลบวกแอนติบอดีต่อเชื้อไวรัสซิกา (6)	0.981 (0.867 - 0.997)

การอภิปรายผล

วิธีการตรวจหาแอนติบอดีชนิดลบล้างฤทธิ์ (Neutralization assay) `ที่น่าเชื่อถือ สามารถตรวจวิเคราะห์ได้อย่างถูกต้อง และแม่นยำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งสามารถรองรับการตรวจวิเคราะห์ได้ในตัวอย่างจำนวนมากๆ ได้ (high-throughput) ซึ่งสำหรับงานการตรวจวิเคราะห์หา Nab ต่อเชื้อไวรัสไข้สมองอักเสบเจอีเพื่องานพัฒนาวัคซีนป้องกันโรคไข้สมองอักเสบเจอีนั้น ที่ผ่านมามีการพัฒนาและตรวจสอบความถูกต้องของการทดสอบ neutralization assay ในรูปแบบ ELISA -based microneutralization test (EMNT) โดยใช้ตัวอย่างซีรัมจากผู้ป่วยจริง เพื่อแก้ไขข้อจำกัดของวิธี Neutralization assay แบบดั้งเดิม (PRNT และ FRNT) เช่นการศึกษาการพัฒนาวิธี EMNT เพื่อตรวจหา Nab ต่อเชื้อในกลุ่ม Flavivirus ที่สามารถรองรับการตรวจวิเคราะห์ได้ในตัวอย่างซีรัมจำนวนมากได้ โดยทดสอบเพื่อประเมินประสิทธิภาพของวิธี EMNT เปรียบเทียบกับ PRNT ในตัวอย่างผู้ป่วยติดเชื้อไวรัสเดงกี ไวรัสไข้สมองอักเสบเจอี ไวรัสซิกาและไวรัสไข้เหลืองพบว่าวิธี EMNT มีความสอดคล้องในระดับสูงเมื่อเปรียบเทียบกับวิธี PRNT ซึ่งบ่งชี้ว่าการทดสอบที่พัฒนาขึ้นใหม่นี้มีความแข็งแกร่ง (robust) สามารถทำซ้ำได้อย่างสม่ำเสมอ (replicable) และสามารถใช้เป็นทางเลือกเพื่อรองรับการตรวจวิเคราะห์จำนวนมากได้ เพื่อทดแทนวิธีดั้งเดิมได้ (Jean et al., 2020) และในการศึกษาทางด้านระบาดวิทยาของโรคไข้เลือดออกและโรคไข้สมองอักเสบเจอีโดยการนำวิธี EMNT ที่พัฒนาขึ้นนำไปใช้เป็นเครื่องมือสำหรับการตรวจหา Nab ต่อเชื้อไวรัสเดงกีและไวรัสไข้สมองอักเสบเจอีได้เป็นอย่างดี (Fatima et al., 2023)

สำหรับการศึกษานี้แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของวิธี EMNT ที่พัฒนาขึ้นเปรียบเทียบกับวิธีอ้างอิง (FRNT) โดยใช้ตัวอย่างซีรัมให้ผลบวกแอนติบอดีต่อเชื้อไวรัสไข้สมองอักเสบเจอี ตัวอย่างที่ให้ผลลบแอนติบอดีต่อเชื้อไวรัสไข้สมองอักเสบเจอีและตัวอย่างซีรัมให้ผลบวกแอนติบอดีตเชื้อไวรัสซิกา จำนวน จำนวน 80 30 และ 6 ตัวอย่างตามลำดับ เพื่อใช้เป็นวิธีทางเลือกสำหรับการตรวจหา Nab ต่อไวรัสเชื้อไวรัสไข้สมองอักเสบเจอี ผลการทดสอบพบว่าตัวอย่างซีรัมที่ให้ผลบวกแอนติบอดีต่อเชื้อไวรัสไข้สมองอักเสบเจอี (80/80) ให้ผลบวก Nab ต่อเชื้อไวรัสไข้สมองอักเสบเจอีที่ตรงกันทุกตัวอย่างทั้ง 2 วิธี (EMNT และ FRNT) ในซีรัมกลุ่มที่ไม่ติดเชื้อไวรัสไข้สมองอักเสบเจอี (20/20) และตัวอย่างซีรัมจากผู้ติดเชื้อไวรัสซิกา (6/6) ไม่พบค่า neutralizing titer ตามที่คาดไว้ ซึ่งบ่งชี้ถึง ความไว (Sensitivity) และความจำเพาะ (specificity) ของวิธี EMNT ที่ระดับสูงเมื่อเมื่อเปรียบเทียบกับวิธี Neutralizing assay ดั้งเดิม (Kazumi et al., 2013; Jean et al., 2020; Yatish et al., 2025)

ในขณะที่กลุ่มตัวอย่างซีรัมที่ให้ผลลบแอนติบอดีต่อเชื้อไวรัสไข้สมองอักเสบเจอีที่ให้ผลยืนยันผลลบแอนติบอดีต่อเชื้อไวรัสไข้สมองอักเสบเจอีโดยวิธี In-house ELISA จำนวน 30 ตัวอย่าง พบตัวอย่างซีรัมจำนวน 10 ตัวอย่าง ให้ผลบวกต่อการทดสอบ neutralizing activity ต่อเชื้อไวรัสไข้สมองอักเสบเจอี ที่ให้ผลตรงกันทั้ง 2 วิธี คือ EMNT ที่พัฒนาขึ้นและวิธี อ้างอิง (FRNT) เนื่องจากปริมาณของแอนติบอดีที่จำเพาะต่อเชื้อไวรัสไข้สมองอักเสบเจอีและกลุ่ม Flavivirus อื่นๆ ซึ่งตรวจวัดด้วยวิธี In-house ELISA ไม่พบเนื่องด้วยวิธี ELISA ทำการวัดได้แค่ antibody binding เท่านั้นในขณะที่วิธี neutralization assay เช่น FRNT และ PRNT จะวัดความสามารถในการป้องกันการติดเชื้อไวรัสได้จริง และวิธี FRNT มี improved specificity เมื่อ

เทียบกับวิธี serology ทั่วไป `(Schnabel et al., 2022; Santibanez and Mankertz, 2024) และวิธี ELISA ตรวจวัด low-level antibody ได้ประสิทธิภาพต่ำและพบความสอดคล้องในระดับต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับวิธี neutralization assay ในขณะที่วิธี FRNT มีความสอดคล้องกับวิธี PRNT (gold standard) ในระดับที่สูงประกอบกับมีค่าความไวและความจำเพาะที่สูงกว่าวิธี ELISA (Yaghoobiza et al., 2024) ร่วมด้วยกับวิธี ELISA มีข้อจำกัดด้านความจำเพาะด้วยอาจเกิด cross-reactivity กับ flavivirus อื่นๆ ได้ ในขณะที่วิธี virus neutralization test เป็นวิธีมาตรฐานสำหรับยืนยันการติดเชื้อไวรัสไข้สมองอักเสบเจอี (Sirivichayaku et al., 2019; Bharucha et al., 2022)

แต่อย่างไรก็ตาม เพื่อประเมินความจำเพาะ และ cross-reactivity และเพิ่มความแม่นยำของวิธี EMNT ที่พัฒนาขึ้น ควรเพิ่มจำนวนตัวอย่างซีรัมในกลุ่ม ผลลบแอนติบอดีต่อเชื้อไวรัสไข้สมองอักเสบเจอีและตัวอย่างซีรัมกลุ่ม flavivirus อื่นๆ ให้มากขึ้นโดยเฉพาะอย่างยิ่งตัวอย่างซีรัมผู้ที่ติดเชื้อไวรัสเดงกีทั้ง 4 ซีโรทัยป์ เพื่อใช้ในการทดสอบประสิทธิภาพของวิธี ซึ่งจะช่วยเพิ่มความน่าเชื่อถือของวิธี EMNT ให้ดียิ่งขึ้น

บทสรุป

การศึกษานี้แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของวิธี EMNT ที่พัฒนาขึ้น จากการทดสอบเปรียบเทียบกับวิธีอ้างอิง (FRNT) ให้ค่าความแม่นยำ (Accuracy) ค่าความจำเพาะ (specificity) และค่าความไว (sensitivity) ที่ร้อยละ 100 และให้ค่าความสอดคล้องที่อยู่ในระดับดีเยี่ยม (> 0.90) ที่มากไปกว่านั้น วิธี EMNT สามารถวัดระดับแอนติบอดีที่ยับยั้งเชื้อไวรัสไข้สมองอักเสบเจอีได้อย่างรวดเร็วจากการอ่านผลโดยเครื่องอ่านอัตโนมัติ ทำให้สามารถรองรับการตรวจวิเคราะห์ในตัวอย่างจำนวนมากได้ จึงสามารถนำวิธี EMNT ที่พัฒนาขึ้นนี้ไปประยุกต์ใช้เป็นเครื่องมือทางเลือกในงานวิจัยทางคลินิกที่เกี่ยวกับการติดเชื้อไวรัสไข้สมองอักเสบเจอี การศึกษาความชุกของภูมิคุ้มกันต่อเชื้อไวรัสไข้สมองอักเสบเจอี (seroprevalence) และวิธีนี้จะเป็นประโยชน์และมีคุณค่าอย่างยิ่งต่องานการพัฒนาวัคซีนป้องกันโรคไข้สมองอักเสบเจอี

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว) สำหรับการสนับสนุนทุนวิจัยประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2567-2568 ขอขอบคุณ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์สาธารณสุข กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ และขอขอบคุณ เจ้าหน้าที่ฝ่ายอาโบไวรัส สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์สาธารณสุข กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ ที่มีส่วนช่วยให้การศึกษาวิจัยนี้ประสบผลสำเร็จเป็นอย่างดี

เอกสารอ้างอิง

กองโรคป้องกันด้วยวัคซีน กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข. (2562). วัคซีนป้องกันโรคไข้สมองอักเสบ เจอี (JE). ตำราวัคซีนและการเสริมสร้างภูมิคุ้มกันโรค ปี 2562.

อุษา ทิสยากร. (2536). ไข้สมองอักเสบจากเชื้อไวรัส แจแปนนิส. กุมารเวชศาสตร์เขตร้อน. กรุงเทพฯ ดีไซร์ จำกัด; น.89-97.

Akobeng AK. (2007). Understanding diagnostic tests 1: sensitivity, specificity and predictive values. Acta Paediatrica. 2007;96(3):338–341. doi: 10.1111/j.1651-2227.2006.00180.x.

Bharucha T, Ayhanc N, Pastorinoc B, Rattanavongb S, Vongsouvathb M, Mayxayb M, Changthongthipb A, Sengvilaipaseuthb O, Phonemixayb O, Pommierf J, Gormanj, Zitzmanna N, Newtonb,e P, Lamballerie X, Dubot-Pérès A. (2022). Immunoglobulin M seroneutralization for improved confirmation of Japanese encephalitis virus infection in a flavivirus-endemic area. Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine & Hygiene; 116: 1032–1042.

Calisher C. H., Karabatsos N., Dalrymple J. M., Shope R. E., Porterfield J. S., Westaway E. G., Brandt W. E. (1989). Antigenic relationships between flaviviruses as determined by cross-neutralization tests with polyclonal antisera. Journal of General Virology. 70:37–43.

Chanama S, Sukprasert W, Sa-ngasang A, Anuegoonpipat A, Sangkitporn S, Kurane I, Anantapreecha S. (2005). Detection of Japanese Encephalitis (JE) Virus-Specific IgM in Cerebro spinal Fluid and serum samples from JE Patients. Japanese Journal of Medical Science and Biology.Dis., 58, 294-296.

Chunsuttiwat S. (1989). Japanese encephalitis in Thailand. Southeast Asian Journal of Tropical Medicine and Public Health. 20:593–7. PMID: 2561716.

Chunsuttiwat S, Warachit P. (1995). Japanese encephalitis in Thailand. Southeast Asian Journal of Tropical Medicine and Public Health; 26(Suppl 3):43–6.

Deeks JJ, Altman DG. (2004). Diagnostic tests 4: likelihood ratios. The British Medical Journal. 2004;329:168–169. doi: 10.1136/bmj.329.7458.168.

De Madrid AT, Porterfield JS. (1974). The flaviviruses (group B arboviruses): a cross-neutralization study. Journal of General Virology; 23:91–96.

Desai A., Ravi V., Chandramuki A., Gourie-Devid M. (1994). Detection of neutralizing antibodies to Japanese encephalitis virus in the cerebrospinal fluid using a rapid microneutralization test. Serodiagnosis and Immunotherapy in Infectious Disease. Volume 6, Issue 3, Pages 130-134.

Donald S. Burke, Ananda Nisalak, Michael A. Ussery, Thanom Laorakpongse, Suchard Chantavibul. (1985). Kinetics of IgM and IgG responses to Japanese encephalitis virus in human serum and cerebrospinal fluid. Journal of Infectious Diseases, 151(6), 1093-1099.

Fatima Ericka S. Vista, Ourlad Alzeus G. Tantengco, Micah D. Dispo, Danna Mae S. Opiso, Christian Luke D. C. Badua, John Patrick Z. Gerardo, Juan Raphael M. Perez, Karol Ann T. Baldo, Day-Yu Chao, Leslie Michelle M. Dalmacio. (2023). Trends in ELISA-Based Flavivirus IgG Serosurveys: A Systematic Review. Tropical Medicine and Infectious Disease. Dis.8, 224.

Halstead SB, Jacobson J. (2008). Japanese encephalitis vaccines. In: Plotkin SA, Orenstein WA, Offit PA, editors. Vaccines. 5th ed. Elsevier Inc.; p.311-52.

Innis BL, Nisalak A, Nimmannitya S, Kusalerdchariya S, Chongswasdi V, Suntayakorn S, P Puttisri, C H Hoke. (1989). An enzyme-linked immunosorbent assay to characterize dengue infections where dengue and Japanese encephalitis co-circulate. American Journal of Tropical Medicine and Hygiene.1989; 40: 418-27.

Jean Claude Balingit, Minh Huong Phu Ly, Mami Matsuda, Ryosuke Suzuki, Futoshi Hasebe, Kouichi Morita, Meng Ling Moi. (2020). A Simple and High-Throughput ELISA-Based Neutralization Assay for the Determination of Anti-Flavivirus Neutralizing Antibodies. Vaccines. 8(2), 297.

Kazumi Haga, Zhenying (Nancy) Chen, Misao Himeno, Ryuichi Majima, Meng Ling Moi. (2023). Utility of an In-Vitro Micro-Neutralizing Test in Comparison to a Plaque Reduction Neutralization Test for Dengue Virus, Japanese Encephalitis Virus, and Zika Virus Serology and Drug Screening. Pathogens. (1):8. doi: 10.3390/pathogens13010008.

Mattia K, Puffer B, Williams K, Gonzalez R, Murray M, Emily S, Emily, Pagano D, Ajith S, Bower M, Berdougo E, Harris E, Doran B. (2011). Dengue Reporter Virus Particles for Measuring Neutralizing Antibodies against Each of the Four Dengue Serotypes. PLOS ONE; 6:11:1-9.

Melissa C. Whiteman, Leah Bogardus, Danila G. Giacone, Leonard J. Rubinstein, Joseph M. Antonello, Dengyun Sun, Sarah Daijogo, Kevin B. Gurney. (2018). Virus Reduction Neutralization Test: A Single-Cell Imaging High-Throughput Virus Neutralization Assay for Dengue. American Journal of Tropical Medicine and Hygiene., 99(6), pp. 1430–1439.

Parikh R, Mathai A, Parikh S, Chandra Sekhar G, Thomas R. (2008). Understanding and using sensitivity, specificity and predictive values. Indian Journal of Ophthalmology. 56(1):45–50. doi: 10.4103/0301-4738.37595.

Russell PK, Nisalak A, Sukhavachana P, Vivona S. (1967) A plaque reduction test for dengue virus neutralizing antibodies. The Journal of Immunology; 99:285-90.

Santibanez S, Mankertz A. (2024). Measles Foci Reduction Neutralization Test (FRNT). Methods in Molecular Biology; 2808:209-224. doi: 10.1007/978-1-0716-3870-5_16.

Schnabel I, Schneitler S, Schüttoff T, Trawinski H, Lübbert C, Jassoy C. (2022). Diagnostic Specificity of Two Dengue Virus IgG ELISAs after Yellow Fever and Japanese Encephalitis Virus Vaccination. Tropical Medicine and InfectiousDisease; 22; 8(1): 7.doi: 10.3390.

Sirivichayakul C, Limkittikul, Chanthavanich P, Yoksan S, Ratchatatat A, Kyungah Lim J, Arunsodsai W, Sabchareon A. ()2019. Monoclonal antibody-based capture ELISA in the diagnosis of previous dengue infection. Virology Journal; 16:125.

Slon Campos J. L., Mongkolsapaya J., Screaton G. R. (2018). The immune response against flaviviruses. Nature Immunology; 19:1189–1198.

Sombun Sanoasieng, Anchana Wakas, Thiti Pongsayingyong. (2009). Situation of encephalitis and Japanese B encephalitis, Thailand. Weekly Epidemiological Surveillance Report. 41:33–35.

Terry K. Koo, Mae Y. Li. (2015). A Guideline of Selecting and Reporting Intraclass Correlation Coefficients for Reliability Research. Journal of chiropractic. 15-163.

Thisyakorn U, Thisyakorn C. (1992). Studies on Flaviviruses in Thailand. Proceedings of the 5th Asian-Pacific Congress of Clinical Biochemistry; 1991 Sept 29-Oct 4; Kobe, Japan. Amsterdam: Excerpta Medica; p.985-7.

Thisyakorn U, Thisyakorn C. (1994). Diseases caused by arboviruses: dengue haemorrhagic fever and Japanese B encephalitis. Medical Journal of Australia. 160:22-6.

Thisyakorn U, Thisyakorn C. (2001) Japanese encephalitis. Textbook of Travel Medicine and Health. 2nd ed. Hamilton: B.C. Decker Inc.; p.312-4.

Vance Vorndam, Manuela Beltran. (2018). Enzyme-linked Immunosorbent assay format Microneutralization test for Dengue viruses. American Journal of Tropical Medicine and Hygiene., 66(2), 2002, pp. 208–212.

World Health Organization. Japanese encephalitis. ค้นเมื่อ 7 เมษายน 2569. https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/japanese-encephalitis.

Yatish Thakare, Bhushan Nikam and Nimesh Gupta (2025). High-Throughput Quantification of Neutralizing Antibody Responses to Japanese Encephalitis Virus. Mosquito-Borne Tropical Diseases. DOI:10.5772/intechopen.1008862.

Yaghoobizad S, Norouzbabaei Z, Zahra Shafiei Jandaghi N, Rahimi Foroushani A, Sadeghi K, Izadi S, Sadat Fatemi-Nasab G, Heidari E, Salimi V, Mokhtari-Azad T. (2024). Evaluation of the focus reduction neutralization and ELISA tests compared to the plaque reduction neutralization test for the detection of antibodies against measles virus. Biologicals; Volume 88, November 2024, 101795.

Younhee Park a, Ah-Ra Kim b, Yun-Ho Hwang c, Hyejung Yang a, June-Woo Lee b, Mi Young Kim d, Hwa Su Kim e, Gyung Tae Chung f, Jung Sik Yoo g, You-Jin Kim c, Dokeun Kim c, Hyeran Won. (2022). Comparison of plaque reduction and focus reduction neutralization tests for the measurement of neutralizing antibody titers against Japanese encephalitis virus. Journal of Virological Methods. Volume 306, 114540.

Yasumura Y, Kawakita Y. (1963). Studies on SV40 in tissue culture: preliminary step for cancer research in vitro. Nihon Rinsho.1;21:1201–1215.

การท่องเที่ยวเชิงสุขภาพสำหรับผู้สูงวัย : ศักยภาพของประเทศไทยในตลาดการท่องเที่ยวสุขภาพ
Wellness Tourism for the Elderly: Thailand's Potential in the Health Tourism Market

ณัฐชานันท์ วีระกุล[1]* ศานต์สันต์ รักแต่งาม[1] จิรัฐ ชวนชม[1]
นคเรศ ณ พัทลุง[1] วิทยา ศิริพันธ์วัฒนา[1] และปรียนันท์ ประยูรศักดิ์[1]
Natchanan Werakul[1*], Sanasun Raktaengam[1], Jirat Chuanchom[1],
Nakarait Napattalung[1], Witaya Siripanwattana[1] and Preeyanan Prayoonsak[1]

[1]คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต กรุงเทพมหานคร
[*]Corresponding Author E-mail Address : natchanan4242@gmail.com

บทคัดย่อ

บทความนี้ เป็นการศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับการท่องเที่ยวเชิงสุขภาพสำหรับผู้สูงวัย : ศักยภาพของประเทศไทยในตลาดการท่องเที่ยวสุขภาพ เพื่อเสนอข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการดูแลสุขภาพของผู้สูงวัย จากการศึกษา พบว่า ศักยภาพของไทยในด้านการท่องเที่ยวเชิงสุขภาพมีจุดแข็งด้านการแพทย์แผนไทยและการดูแลสุขภาพแบบองค์รวม เช่น การนวดแผนไทย การใช้สมุนไพร และโปรแกรมดูแลสุขภาพ (Wellness retreat) ที่ผสมผสานภูมิปัญญาไทยเข้ากับองค์ความรู้สมัยใหม่ จุดเด่นด้านบริการทางการแพทย์และสุขภาพ และแหล่งท่องเที่ยวเชิงธรรมชาติที่เอื้อต่อการฟื้นฟูสุขภาพ และการยอมรับในระดับสากล ทำให้พัฒนารูปแบบการท่องเที่ยวเชิงสุขภาพตอบสนองความต้องการของผู้สูงวัยได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: การท่องเที่ยวเชิงสุขภาพ, ผู้สูงอายุ, การแพทย์แผนไทย

Abstract

This article studies health tourism for seniors: Thailand's potential in the health tourism market, to offer recommendations on senior healthcare. The study found that Thailand has strengths in health tourism, particularly in traditional Thai medicine and holistic healthcare, such as Thai massage, herbal remedies, and wellness retreats that integrate Thai wisdom with modern knowledge. Strengths in medical and healthcare services, natural attractions conducive to health recovery, and international recognition allow for the development of effective health tourism models to meet the needs of seniors.

Keywords: Wellness tourism, Elderly, Thai traditional medicine

บทนำ

ในปี 2568 จำนวนเด็กเกิดในประเทศไทย 416,574 คน ต่ำกว่า 5 แสนคนต่อเนื่องเป็นปีที่สอง อีกทั้งจำนวนเกิดปี 2568 ต่ำกว่าปีที่ผ่านมาเกือบ 5 หมื่นคน และได้ทำการคาดประมาณของจำนวนประชากรไทย ในอีก 10 ปีข้างหน้าว่า ประเทศไทยจะมีประชากรสูงอายุ 60 ปีขึ้นไป จำนวน 17.5 ล้านคน คิดเป็นร้อยละ 28.3 ของประชากรทั้งหมด และประมาณการไว้ว่า ปี 2578 ประเทศไทยจะกลายเป็นสังคมสูงวัยระดับสุดยอด กล่าวคือ ผู้สูงอายุ 60 ปีขึ้นไป จะมีมากกว่าร้อยละ 28 และผลสำรวจความคิดเห็นประชาชนไทยต่อการสะท้อนมุมมองสถานการณ์เด็กเกิดน้อย – สังคมสูงวัยนั้น เป็นโจทย์ที่ต้องปรับตัว ที่เป็นได้ทั้งวิกฤตและโอกาส แสดงถึงความตระหนักของการเปลี่ยนผ่านของโครงสร้างประชากรนั้น ไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้ (สถาบันวิจัยประชากรและสังคม, 2569) นอกจากนี้ ความก้าวหน้าทางการแพทย์ สาธารณสุข และเทคโนโลยี ทำให้ประชากรมีอายุยืนยาวขึ้นส่งผลทำให้โครงสร้างประชากรของประเทศไทยเปลี่ยนแปลงไปตามโครงสร้างแบบผู้สูงอายุซึ่งส่งผลกระทบต่อสภาวะทางสังคมและเศรษฐกิจโดยรวมของประเทศ อีกทั้งเป้าหมายการพัฒนาระดับโลกหลังปี 2015 ซึ่งเป็นทิศทางการพัฒนาที่ทุกประเทศต้องดำเนินการร่วมกันนั้น เป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน ในเป้าหมายที่ 3 คือ สร้างหลักประกันการมีสุขภาวะที่ดี และส่งเสริมความเป็นอยู่ที่ดีสำหรับทุกคนในทุกช่วงวัย (United Nations, 2015) ทำให้จำเป็นต้องมีการจัดระบบการดูแลผู้สูงอายุในระยะยาวเพื่อให้มีคุณภาพชีวิตที่ดี และอำนวยความสะดวกในการดำเนินชีวิต และมีสุขภาพที่พึงประสงค์ (สำนักงานสถิติแห่งชาติ, 2567)

การท่องเที่ยวเชิงสุขภาพ ถูกนำมาพิจารณาในการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการสูงวัยอย่างมาก และผลกระทบต่อสุขภาพกายและใจของการท่องเที่ยวในผู้สูงอายุที่มีอยู่ในปัจจุบันได้รับการยอมรับว่าเป็นประเด็นสำคัญ การศึกษานี้เพื่อศึกษาถึงศักยภาพของประเทศไทยในตลาดการท่องเที่ยวสุขภาพ ซึ่งมุ่งเน้นการท่องเที่ยวเชิงสุขภาพสำหรับผู้สูงวัย ซึ่งเป็นรูปแบบของการท่องเที่ยวที่เน้นกิจกรรมเพื่อการส่งเสริม ป้องกัน หรือฟื้นฟูสุขภาพทั้งทางด้านร่างกาย จิตใจ และอารมณ์ การท่องเที่ยวเชิงสุขภาพ (Wellness tourism) ได้กลายเป็นหนึ่งของภาคส่วนที่เติบโตเร็วที่สุดของอุตสาหกรรมการท่องเที่ยวระดับโลก สาเหตุมาจากการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมผู้บริโภคที่ให้ความสำคัญกับสุขภาพกายและจิตใจ อีกทั้งพฤติกรรมของนักท่องเที่ยวกลุ่มสุขภาพ (Wellness tourists) มีความหลากหลายและเปลี่ยนแปลงไปจากอดีต แรงจูงใจหลักมาจากความต้องการดูแลสุขภาพเชิงป้องกัน (Preventive care) การหลีกหนีจากความเครียด และการแสวงหาความสมดุลทั้งทางร่างกาย จิตใจ และอารมณ์ ความเปลี่ยนแปลงเหล่านี้เกิดขึ้นจากบริบทโลกที่มีการแพร่ระบาดของโรค

การท่องเที่ยวเชิงสุขภาพสำหรับผู้สูงวัย

ยุคที่ประชากรทั่วโลกได้ก้าวเข้าสู่สังคมผู้สูงวัย การดูแลสุขภาพของผู้สูงวัยจึงเป็นประเด็นสำคัญระดับโลก และประเทศไทยได้ก้าวเข้าสู่สังคมผู้สูงวัยอย่างสมบูรณ์เช่นเดียวกับประเทศต่าง ๆ ส่งผลให้ความต้องการบริการที่เกี่ยวข้องกับการบริการด้านสุขภาพและคุณภาพชีวิตเพิ่มสูงขึ้นด้วย แนวทางหนึ่งที่สำคัญ ที่สามารถส่งเสริมสุขภาพกายและใจของผู้สูงอายุได้อย่างมีประสิทธิภาพ และได้รับความสนใจอย่างมากในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา คือ "การท่องเที่ยวเชิงสุขภาพ" (Wellness tourism) เป็นรูปแบบการท่องเที่ยวที่ผสานการพักผ่อนควบคู่ไปกับการดูแลสุขภาพอย่างเหมาะสม นอกจากเป็นการมอบประสบการณ์ของการพักผ่อน ยังมีบทบาทสำคัญในการส่งเสริมสุขภาพกายและจิตใจให้กับผู้สูงวัยอย่างยั่งยืน

1. ความหมายและแนวโน้มของการท่องเที่ยวเชิงสุขภาพ (Wellness tourism)

ในปัจจุบัน การท่องเที่ยวเชิงสุขภาพมีแนวโน้มเติบโตอย่างต่อเนื่องจากหลายปัจจัย เช่น การเปลี่ยนแปลงของพฤติกรรมนักท่องเที่ยวที่ให้ความสำคัญกับสุขภาพมากขึ้น การเพิ่มขึ้นของโรคเรื้อรัง ความเครียดจากชีวิตประจำวันและการทำงาน รวมถึงการขยายตัวของชนชั้นกลางทั่วโลกที่มีกำลังซื้อและใส่ใจการดูแลสุขภาพมากขึ้น รายงานจาก Global Wellness Institute (2024) ระบุว่า เศรษฐกิจด้านสุขภาพทั่วโลกเติบโตอย่างรวดเร็วหลังจากการระบาดใหญ่ และแตะระดับสูงสุดใหม่ที่ 6.3 ล้านล้านดอลลาร์สหรัฐในปี 2023 (คิดเป็น 6.03% ของ GDP โลก) ในขณะที่เศรษฐกิจด้านสุขภาพของไทยมีมูลค่าถึง 40.54 พันล้านดอลลาร์สหรัฐในปี 2023 (ประมาณ 1.4 ล้านล้านบาท) เติบโตในอัตรา 7.9 เปอร์เซ็นต์ต่อปี (Archawee Eiamsoonthonchai, 2025)

ความหมายของการท่องเที่ยวเชิงสุขภาพสำหรับผู้สูงวัย

การท่องเที่ยวสุขภาพ หมายถึง การเดินทางไปยังสถานที่ต่าง ๆ เพื่อการพักผ่อนที่ควบคู่กับกิจกรรมหรือบริการด้านสุขภาพ โดยมีจุดประสงค์หลักเพื่อการส่งเสริมสุขภาพทั้งทางกาย จิตใจ และอารมณ์ กิจกรรมที่เกี่ยวข้องอาจรวมถึงการทำสปา การทำกายภาพบำบัด การฝึกโยคะ การทำสมาธิ การบำบัดธรรมชาติ หรือการพักผ่อนในธรรมชาติ รวมไปถึงการเข้ารับบริการทางการแพทย์ในลักษณะที่มีเป้าหมายเพื่อเสริมสร้างสุขภาวะทางร่างกายและจิตใจ (ชยพจน์ ลือนันต์, 2565)

ความสำคัญของการท่องเที่ยวสุขภาพสำหรับผู้สูงวัย

1. การส่งเสริมสุขภาพด้านร่างกายและจิตใจ

ผู้สูงวัยส่วนใหญ่ มักเผชิญกับโรคเรื้อรัง เช่น เบาหวาน ความดันโลหิตสูง หรือโรคข้อเข่าเสื่อม การเข้าร่วมกิจกรรมที่ออกแบบมาโดยเฉพาะ เช่น โยคะในผู้สูงวัย หรือวารีบำบัด จะเป็นกิจกรรมที่ช่วยในการลดความตึงเครียด บรรเทาอาการเจ็บป่วย และกระตุ้นการเคลื่อนไหวของร่างกายให้กับผู้สูงอายุได้

2. การเสริมสร้างความสัมพันธ์ทางด้านสังคม

กิจกรรมการเดินทางท่องเที่ยวร่วมกับกลุ่มเพื่อน หรือครอบครัว จะช่วยลดความรู้สึกโดดเดี่ยว ความเหงา ซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งของภาวะซึมเศร้าในผู้สูงอายุได้ (World Health Organization, 2021)

3. การเพิ่มคุณภาพชีวิตที่ดี

การมีโอกาสเปลี่ยนสภาพแวดล้อม หรือสถานที่ให้กับผู้สูงอายุ เป็นการทำให้ได้รับอากาศบริสุทธิ์ และมีประสบการณ์ใหม่ ๆ ที่ช่วยสร้างแรงบันดาลใจและเพิ่มความสุขในชีวิตเพื่อเพิ่มความพึงพอใจแก่นักท่องเที่ยว (ปิ่นฤทัย คงทอง และสุวารี นามวงศ์, 2559)

องค์ประกอบของการท่องเที่ยวเชิงสุขภาพ

การท่องเที่ยวเชิงสุขภาพ (Wellness Tourism) เป็นรูปแบบของการท่องเที่ยวที่เน้นกิจกรรมเพื่อการส่งเสริม ป้องกัน หรือฟื้นฟูสุขภาพทั้งทางด้านร่างกาย จิตใจ และอารมณ์ องค์ประกอบหลักมีหลายประการที่ทำให้เกิดประสบการณ์การท่องเที่ยวเชิงสุขภาพที่สมบูรณ์ สรุปได้ดังนี้

1. กิจกรรมด้านสุขภาพ (Health-related activities)

กิจกรรมการท่องเที่ยวเชิงสุขภาพคือ การมุ่งเน้นเสริมสร้างหรือฟื้นฟูด้านสุขภาพ ได้แก่ การนวดสปา การทำทรีตเมนต์ทางด้านผิวหนัง การล้างสารพิษทางร่างกาย (Detoxification) การออกกำลังกายอย่างมีแบบแผน เช่น การทำโยคะ ไทชิ หรือการเข้าฟิตเนส รวมถึงกิจกรรมในการดูแลสุขภาพจิต เช่น การทำสมาธิ และการบำบัดด้วยธรรมชาติ (Smith and Puczkó, 2014)

2. สิ่งแวดล้อมและบรรยากาศที่เอื้อต่อสุขภาพ (Healthy environment)

สถานที่ที่เหมาะสมกับการท่องเที่ยวสุขภาพ จำเป็นต้องมีสภาพแวดล้อมที่สะอาด เงียบสงบ ปลอดมลภาวะ และรายล้อมด้วยธรรมชาติ เช่น ภูเขา ทะเล หรือต้นไม้ เพื่อช่วยให้เกิดความรู้สึกผ่อนคลายและลดความเครียด (Voigt et al., 2011)

3. อาหารเพื่อสุขภาพ (Healthy cuisine)

การท่องเที่ยวเชิงสุขภาพ ต้องควบคู่ไปกับอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการ ได้แก่ อาหารออร์แกนิก อาหารมังสวิรัติ หรืออาหารเฉพาะทาง เช่น คีโต โลว์คาร์บ หรือแมกโครไบโอติก ซึ่งช่วยส่งเสริมเป้าหมายด้านสุขภาพของนักท่องเที่ยว (Global Wellness Institute, 2023)

4. ผู้ให้บริการที่มีความเชี่ยวชาญ (Qualified practitioners)

องค์ประกอบที่สำคัญคือ บุคลากรที่ให้บริการทางสุขภาพแก่นักท่องเที่ยว ซึ่งควรมีความรู้ ความเชี่ยวชาญ และประสบการณ์ในการบริการด้านสุขภาพ เช่น แพทย์ทางเลือก นักโภชนาการ นักกายภาพบำบัด หรือผู้ฝึกสอนโยคะ และสมาธิ เพื่อให้คำแนะนำที่ถูกต้องและปลอดภัยแก่นักท่องเที่ยว หรือผู้เข้ารับบริการ

5. การผสมผสานระหว่างวัฒนธรรมและสุขภาพ (Cultural and traditional integration)

สำหรับบางประเทศ เช่น ไทย หรืออินเดีย การท่องเที่ยวสุขภาพจะเกี่ยวข้องกับภูมิปัญญาท้องถิ่น เช่น การแพทย์แผนไทย การแพทย์อายุรเวท หรือศาสตร์การนวดพื้นบ้าน ซึ่งช่วยเสริมสร้างเอกลักษณ์เฉพาะ และประสบการณ์เชิงวัฒนธรรมร่วมด้วย วัฒนธรรมท้องถิ่นที่อยู่เบื้องหลังสถาปัตยกรรมเป็นทรัพยากรอันอุดมสมบูรณ์ที่ผสมผสานทั้งระบบนิเวศและสังคม ซึ่งหล่อหลอมผ่านการปรับตัวและการใช้ประโยชน์จากสิ่งแวดล้อมทางธรรมชาติในระยะยาว (Wang Yunxuan et al., 2025)

จะเห็นได้ว่า การท่องเที่ยวเชิงสุขภาพไม่ได้เป็นเพียงกิจกรรมทางด้านกายภาพเท่านั้น แต่ยังเป็นการสร้างประสบการณ์แบบองค์รวมที่ผสานทั้งสุขภาพกาย จิตใจ และวิถีชีวิตเข้าไว้ด้วยกัน ซึ่งเป็นการสร้างความสมดุลที่ยั่งยืน

แนวโน้มตลาดโลกด้านการท่องเที่ยวเชิงสุขภาพ และการเติบโตในภูมิภาคเอเชีย

การท่องเที่ยวเชิงสุขภาพ (Wellness tourism) ได้กลายเป็นหนึ่งของภาคส่วนที่เติบโตเร็วที่สุดของอุตสาหกรรมการท่องเที่ยวระดับโลก สาเหตุมาจากการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมผู้บริโภคที่ให้ความสำคัญกับสุขภาพกายและจิตใจ โดยเฉพาะภายหลังสถานการณ์การแพร่ระบาดของโควิด-19 ที่ส่งผลให้ประชาชนทั่วโลกหันมาใส่ใจการดูแลสุขภาพแบบองค์รวมมากขึ้น

รายงานของ Global Wellness Institute (2023) กล่าวว่า มูลค่าตลาดการท่องเที่ยวเชิงสุขภาพทั่วโลก มีแนวโน้มเติบโตอย่างต่อเนื่อง และมีการคาดการณ์ว่าจะเติบโตเฉลี่ยร้อยละ 16.6 ต่อปีจนถึงปี 2027 ซึ่งสูงกว่าการเติบโตของภาคการท่องเที่ยวโดยรวม นักท่องเที่ยวที่เดินทางเพื่อวัตถุประสงค์ด้านสุขภาพมักใช้จ่ายมากกว่านักท่องเที่ยวทั่วไปถึง 35% – 130% ขึ้นอยู่กับประเภทของการท่องเที่ยว

ภูมิภาคเอเชีย ถือเป็นตลาดที่มีศักยภาพสูง โดยเฉพาะในกลุ่มประเทศเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ เอเชียใต้ และเอเชียตะวันออก เช่น ไทย อินเดีย อินโดนีเซีย ญี่ปุ่น เกาหลีใต้ สิงคโปร์ เป็นต้น ซึ่งมีจุดแข็งทางภูมิปัญญาท้องถิ่น เช่น การแพทย์แผนไทย การแพทย์อายุรเวท การฝึกโยคะ การทำสมาธิ และการสปาธรรมชาติ ประกอบกับการมีต้นทุนทางการรักษาพยาบาลและการบริการสุขภาพที่สามารถแข่งขันได้ ทำให้ภูมิภาคเอเชียกลายเป็นจุดหมายปลายทางสำคัญของนักท่องเที่ยวเชิงสุขภาพจากทั่วโลก (การท่องเที่ยวแห่งประเทศไทย, 2566)

แนวโน้มสำคัญในอนาคต คือ การบูรณาการเทคโนโลยีเข้ากับการบริการทางสุขภาพ เช่น การใช้เทคโนโลยี AI สำหรับวิเคราะห์สุขภาพรายบุคคล การออกแบบโปรแกรมดูแลสุขภาพเฉพาะบุคคล (Personalized wellness program) และการเชื่อมโยงกับการท่องเที่ยวเชิงยั่งยืน (Sustainable tourism) เพื่อสร้างประสบการณ์ที่ครบวงจรแก่นักท่องเที่ยว แสดงให้เห็นว่า

การท่องเที่ยวเชิงสุขภาพ (Wellness tourism) ไม่ใช่เป็นเพียงแค่กระแสชั่วคราว แต่ยังเป็นทิศทางสำคัญถึงความต้องการใหม่ของผู้บริโภคในยุคปัจจุบัน โดยเฉพาะประเทศแถบเอเชียที่มีจุดแข็งเชิงวัฒนธรรมและทรัพยากรธรรมชาติ ในการต่อยอดเพื่อสร้างมูลค่าทางเศรษฐกิจและยกระดับคุณภาพชีวิตได้อย่างยั่งยืน

พฤติกรรมของนักท่องเที่ยวกลุ่มสุขภาพในปัจจุบัน

พฤติกรรมของนักท่องเที่ยวกลุ่มสุขภาพ (Wellness tourists) มีความหลากหลายและเปลี่ยนแปลงไปจากอดีต แรงจูงใจหลักมาจากความต้องการดูแลสุขภาพเชิงป้องกัน (Preventive care) การหลีกหนีจากความเครียด และการแสวงหาความสมดุลทั้งทางร่างกาย จิตใจ และอารมณ์ ความเปลี่ยนแปลงเหล่านี้เกิดขึ้นจากบริบทโลกที่มีการแพร่ระบาดของโรค การเพิ่มขึ้นของภาวะโรคเรื้อรัง และวิถีการใช้ชีวิต

แนวโน้มพฤติกรรมกลุ่มนี้อีกอย่างหนึ่งคือ การให้ความสำคัญกับ "การดูแลสุขภาพแบบองค์รวม" (Holistic wellness) ไม่จำกัดเฉพาะการดูแลร่างกาย แต่ยังรวมถึงจิตใจ อารมณ์ และจิตวิญญาณ ผู้บริโภคกลุ่มนี้มักจะเลือกกิจกรรมที่ส่งเสริมการผ่อนคลาย เช่น การทำโยคะ การทำสมาธิ การทำสปา การล้างพิษ (Detox) และกิจกรรมเวิร์คช็อปด้านสุขภาพ และการท่องเที่ยวเชิงสุขภาพเชิงลึก (Transformative travel) ที่มุ่งหวังการเปลี่ยนแปลงตนในระยะยาวด้วย

จากพฤติกรรมนักท่องเที่ยวดังกล่าว ยังมุ่งความต้องการ "การปรับแต่งบริการเฉพาะบุคคล" (Personalization) ที่เป็นการบริการที่เหมาะสมกับภาวะสุขภาพ อายุ เพศ หรือรูปแบบการใช้ชีวิต เช่น โภชนาการเฉพาะบุคคล การแพทย์บูรณาการที่ผสมผสานดูแลแบบการแพทย์แผนปัจจุบันกับแพทย์ทางเลือก (Integrative medicine) หรือโปรแกรมพักผ่อนเพื่อสุขภาพ (Retreat) สำหรับลดความเครียด

นอกจากนี้ นักท่องเที่ยวยังมีพฤติกรรมใส่ใจต่อสิ่งแวดล้อมและความยั่งยืน มักเลือกใช้บริการที่คำนึงถึงผลกระทบต่อท้องถิ่น เช่น ที่พักแบบเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม (Eco-resort) การใช้ผลิตภัณฑ์ออร์แกนิก และกิจกรรมที่ส่งเสริมเศรษฐกิจชุมชน และมีแนวโน้มที่จะใช้เวลาและงบประมาณมากกว่านักท่องเที่ยวทั่วไป โดยเฉลี่ยสูงกว่าถึง 130% สำหรับนักท่องเที่ยวระหว่างประเทศ (Global Wellness Institute, 2023) โดยเฉพาะการรับรู้คุณค่าด้านสิ่งแวดล้อมและความรู้เกี่ยวกับคาร์บอนต่ำ ส่งผลในทางบวกต่อมูลค่าที่พักที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และความตั้งใจเชิงพฤติกรรมของผู้บริโภคที่จะเข้าพักในสถานที่ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม (ศุภฤกษ์ ฮั้นประเสริฐ, 2565) ซึ่งสอดคล้องกับเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน ในเป้าหมายที่ 15 ของการปฏิบัติการที่จำเป็น และเร่งด่วนเพื่อลดการเสื่อมโทรมของถิ่นที่อยู่ตามธรรมชาติ หยุดยั้งการสูญเสียความหลากหลายทางชีวภาพ และเป้าหมายที่ 13 ในการสร้างความตระหนักรู้แก่นักท่องเที่ยวเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและผลกระทบที่เกิดขึ้น (United Nations, 2015)

สุดท้าย การใช้เทคโนโลยีเป็นอีกหนึ่งพฤติกรรมที่โดดเด่นและเห็นได้ชัด เช่น การใช้แอพพลิเคชั่นเกี่ยวกับสุขภาพในการติดตามข้อมูลส่วนตัว การเข้ารับคำปรึกษาทางไกลก่อนเดินทาง (Telehealth) หรือการเลือกบริการจากรีวิวของผู้ใช้จริงผ่านแพลตฟอร์มออนไลน์ต่าง ๆ

สรุปได้ว่า พฤติกรรมของนักท่องเที่ยวเชิงสุขภาพ แสดงให้เห็นถึงความเปลี่ยนแปลงจาก "การรักษาเมื่อเจ็บป่วย" ไปสู่ "การดูแลเพื่อป้องกันและเสริมสร้างสุขภาวะอย่างยั่งยืน" มากกว่า ซึ่งเป็นโอกาสสำคัญสำหรับผู้ประกอบการและนโยบายด้านการท่องเที่ยวในการออกแบบการบริการที่สอดรับกับความต้องการด้านสุขภาพที่เปลี่ยนไปของกลุ่มเป้าหมายนี้

2. ศักยภาพของประเทศไทยในตลาดการท่องเที่ยวสุขภาพ

ประเทศไทยถือเป็นจุดหมายปลายทางยอดนิยมของนักท่องเที่ยวเชิงสุขภาพ โดยเฉพาะในกลุ่มผู้สูงวัยทั้งจากในและต่างประเทศ ด้วยทรัพยากรธรรมชาติที่หลากหลาย อาหารที่ดีต่อสุขภาพ และการบริการด้านสุขภาพที่มีคุณภาพและราคาที่เหมาะสม ภาครัฐและเอกชนจึงได้ร่วมกันพัฒนารูปแบบการท่องเที่ยวเชิงสุขภาพ เช่น โครงการ "เที่ยวอย่างสุขใจ ใส่ใจสุขภาพผู้สูงวัย" ที่ได้รับการส่งเสริมจากกระทรวงการท่องเที่ยวและกีฬา (การท่องเที่ยวแห่งประเทศไทย, 2566)

ศักยภาพของประเทศไทยในฐานะศูนย์กลางการท่องเที่ยวสุขภาพ

ประเทศไทยเป็นหนึ่งในประเทศที่มีศักยภาพโดดเด่น และมีการจัดทำยุทธศาสตร์การพัฒนาประเทศไทย เพื่อเตรียมความพร้อมสู่การพัฒนาให้ไทยเป็นศูนย์กลางสุขภาพนานาชาติ (Medical hub) (พ.ศ. 2560-2569) (กรมสนับสนุนบริการสุขภาพ, 2559) และมีปัจจัยสนับสนุนหลายประการ ได้แก่ ระบบบริการสุขภาพที่มีมาตรฐานระดับสากล ภูมิปัญญาท้องถิ่นด้านสุขภาพ วัฒนธรรมที่เป็นมิตร และทรัพยากรธรรมชาติที่อุดมสมบูรณ์ ที่เอื้อต่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์และบริการด้านสุขภาพที่หลากหลาย และประเทศไทยยังมีชื่อเสียงในด้านการแพทย์แผนไทยและการดูแลสุขภาพแบบองค์รวม อาทิ การนวดแผนไทย สปา สมุนไพร และโปรแกรมดูแลสุขภาพ (Wellness retreat) ที่ผสมผสานภูมิปัญญาไทยเข้ากับองค์ความรู้สมัยใหม่อย่างลงตัว ทำให้ประเทศไทยสามารถใช้ศักยภาพด้านระบบบริการสุขภาพของประเทศในการดึงดูดนักท่องเที่ยวเดินทางเข้ามาเพื่อรับบริการและสามารถสร้างรายได้เข้าสู่ประเทศได้

อีกหนึ่งในจุดแข็งหลักของประเทศไทยก็คือ ความสามารถในการให้บริการทางการแพทย์ที่มีคุณภาพสูงในราคาที่แข่งขันได้ โดยมีโรงพยาบาลเอกชนหลายแห่งที่ได้รับการรับรองจากสถาบันระดับนานาชาติ เช่น Joint Commission International; JCI เป็นสถาบันของสหรัฐอเมริกาที่ได้รับการยอมรับในระดับสากล เป็นองค์กรอิสระที่ไม่หวังผลกำไร มีการดำเนินงานมานานกว่า 75 ปี โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อส่งเสริมการพัฒนาคุณภาพ และความปลอดภัยในการดูแลรักษาพยาบาลผู้ป่วยให้กับสถานพยาบาลต่าง ๆ ทั่วโลกอย่างต่อเนื่อง และช่วยสร้างความเชื่อมั่นให้กับนักท่องเที่ยวจากทั่วโลก ซึ่งประเทศไทยมีสถานพยาบาลที่ผ่านการรับรองมาตรฐาน JCI รวม 61 แห่ง (กองสุขภาพระหว่างประเทศ, 2561) รวมไปถึงแพทย์และบุคลากรทางการแพทย์ที่มีทักษะสูง และสามารถสื่อสารได้หลายภาษา ได้แก่ ภาษาอังกฤษ ภาษาจีน

นอกจากนี้ เครื่องมือสำคัญสำหรับนโยบายเพื่อการท่องเที่ยวเชิงสุขภาพ คือ แนวคิดใหม่ซึ่งขยายขอบเขตจากการท่องเที่ยวเพื่อสุขภาพไปสู่สุขภาพในการท่องเที่ยว ดังนั้น เครื่องมือนี้จึงไม่นำกลยุทธ์การท่องเที่ยวเพื่อสุขภาพที่มุ่งพัฒนาสปารีสอร์ทสุดหรูและดึงดูดนักท่องเที่ยวที่ใช้จ่ายสูงกลับมาใช้ใหม่ แต่มุ่งหมายที่จะรวมแนวคิดเรื่องสุขภาพและการท่องเที่ยวเข้าด้วยกันในความหมายที่กว้างที่สุด ก็คือ สุขภาพสามารถสนับสนุนการท่องเที่ยวได้อย่างไร แล้วการท่องเที่ยวสามารถสนับสนุนสุขภาพของนักเดินทาง จุดหมายปลายทาง และผู้อยู่อาศัยในท้องถิ่นได้อย่างไร เครื่องมือนี้ระบุถึงอุปสรรคสำคัญ 6 ประการ คือ 1) ขยายขอบเขตและผลกระทบของการท่องเที่ยวเชิงสุขภาพ 2) บูรณาการเศรษฐกิจในท้องถิ่นเข้ากับเศรษฐกิจการท่องเที่ยวเพื่อสุขภาพ 3) พัฒนาสุขภาพของบุคลากรในภาคการท่องเที่ยว 4) ปลูกฝังความเท่าเทียมและความยั่งยืนในการพัฒนาและการบริหารจัดการการท่องเที่ยวเพื่อสุขภาพ 5) สนับสนุนการท่องเที่ยวเพื่อสุขภาพด้วยความรู้และข้อบังคับเกี่ยวกับตลาดเพื่อสุขภาพที่ทันสมัย 6) ทำให้แน่ใจว่าเทคโนโลยีช่วยส่งเสริมสุขภาพของผู้เดินทาง

อุปสรรคสำคัญดังกล่าวอาจขัดขวางไม่ให้การท่องเที่ยวเพื่อสุขภาพมอบประโยชน์ด้านสุขภาพและความเป็นอยู่ที่ดีในวงกว้าง ควรมีการนำเสนอแนวคิดนโยบายที่จะช่วยให้ทุกคนได้รับประโยชน์มากขึ้นจากการท่องเที่ยว ได้แก่ การปรับปรุงคุณภาพของสถานที่สำหรับนักท่องเที่ยว ทำให้การท่องเที่ยวประสบความสำเร็จมากขึ้น และปรับปรุงความเป็นอยู่ที่ดีของผู้อยู่อาศัยในท้องถิ่นและจุดหมายปลายทาง (Global Wellness Institute, 2024)

ความเชี่ยวชาญด้านการแพทย์แผนไทย สถานที่กิจการเพื่อสุขภาพ และสมุนไพร

ความรู้เกี่ยวกับการแพทย์แผนไทย (Thai Traditional Medicine ;TTM) มีความเกี่ยวพันและได้รับอิทธิพลมาจากพุทธศาสนา การแพทย์แผนอินเดีย วิถีชีวิตไทย การแพทย์พื้นบ้าน ความเชื่อเหนือธรรมชาติ เช่น โหราศาสตร์และความศักดิ์สิทธิ์ ตามทฤษฎีการแพทย์แผนไทย ร่างกายของมนุษย์ประกอบด้วยธาตุทั้งสี่ (ธาตุในภาษาไทย) คือ ดิน น้ำ ลม ไฟ อยู่ในภาวะสมดุล หากเกิดความไม่สมดุลของธาตุทั้งสี่นี้ หากมีธาตุใดมากเกินไป ขาด หรือบกพร่อง ก็จะทำให้เจ็บป่วยได้ การรักษาจึงเน้นการปรับธาตุทั้งสี่ให้สมดุลโดยใช้ยาสมุนไพร การนวด และการส่งเสริมสุขภาพ ในบางกรณีอาจใช้พิธีกรรมและความรู้ทางโหราศาสตร์ร่วมด้วย การแพทย์แผนไทยถือเป็นการแพทย์แบบองค์รวม เน้นการรักษาที่สาเหตุของโรค ดูแลปัจจัยทางกายภาพ จิตใจ จิตวิญญาณ และสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวข้อง

การปฏิบัติการแพทย์แผนไทยสามารถแบ่งได้เป็น 4 ด้านหลัก ๆ คือ การแพทย์แผนไทยที่เกี่ยวข้องกับการวินิจฉัยและรักษาโรคหรืออาการต่าง ๆ ตามทฤษฎีการแพทย์แผนไทย เภสัชกรรมไทยที่เกี่ยวข้องกับความรู้เกี่ยวกับสมุนไพรและคุณค่าทางการรักษา ตลอดจนการจัดทำและปรุงยาสมุนไพร การนวดไทยที่เกี่ยวข้องกับการบำบัดและรักษาด้วยการนวดบำบัด และการผดุงครรภ์แบบดั้งเดิมที่เกี่ยวข้องกับการดูแลก่อนคลอด การช่วยเหลือในการคลอดบุตร การดูแลหลังคลอด และการดูแลทารกแรกเกิด

สถานที่กิจการเพื่อสุขภาพนั้น กระทรวงสาธารณสุข (2560) ได้มีการกำหนดสถานที่เพื่อสุขภาพ หรือเพื่อเสริมสวยฯ โดยมีการแบ่งสถานประกอบการออกเป็น 3 ประเภท คือ 1) กิจการสปาเพื่อสุขภาพ 2) กิจการนวดเพื่อสุขภาพ และ 3) กิจการนวดเพื่อเสริมสวย

มาตรฐานด้านผลิตภัณฑ์เครื่องมือและอุปกรณ์ มี 10 ด้าน ประกอบด้วย 1) ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ หรือมีไว้จำหน่าย ต้องไม่มีการโฆษณาคุณภาพเป็นเท็จ หรือเกินความเป็นจริง 2) ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ หรือมีไว้จำหน่าย ต้องได้มาตรฐาน 3) ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ หรือมีไว้จำหน่ายโดยสถานประกอบการ สปา เป็นผู้ผลิต ต้องมีกระบวนการควบคุมคุณภาพ และการผลิต และสามารถให้ข้อมูลเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์แก่ลูกค้าได้ 4) ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ หรือมีไว้จำหน่าย ต้องมีคุณภาพปลอดภัย และมีหลักประกันแก่ผู้ใช้ผลิตภัณฑ์ 5) ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ หรือมีไว้จำหน่าย ต้องมีฉลากที่มีรายละเอียดถูกต้อง ครบถ้วน ตามที่กฎหมายกำหนด 6) มีระบบการควบคุมปริมาณ สำรองของผลิตภัณฑ์ที่เป็นปัจจุบัน 7) ผลิตภัณฑ์ที่ใช้หรือมีไว้จำหน่ายต้องได้รับการบรรจุอยู่ในภาชนะที่ถูกต้องและเหมาะสม 8) มีการดูแลรักษาความสะอาด ในส่วนของเครื่องมือ อุปกรณ์ และผลิตภัณฑ์อย่างถูกต้อง สม่ำเสมอ ตามมาตรฐานและให้อยู่ในสภาพปลอดภัยพร้อมใช้งาน 9) มีเครื่องมือ หรืออุปกรณ์พิเศษ และ 10) มีการสอบเทียบเครื่องมือ และอุปกรณ์อย่างสม่ำเสมอ

รูปแบบของธุรกิจประเภทสปา แบ่งตามลักษณะการดำเนินงานของธุรกิจสปา และนวดแผนไทยตาม คำนิยามของประกาศกระทรวงสาธารณสุข ตามพระราชบัญญัติสถานบริการ แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 4) พ.ศ. 2546 ได้กำหนดรูปแบบของธุรกิจ ประเภทสปาไว้ 3 ประเภท (กองสถานประกอบการเพื่อสุขภาพ, 2559) ดังนี้ 1) กิจการสปาเพื่อสุขภาพ หมายถึง การประกอบกิจการเพื่อให้การดูแลและเสริมสร้างสุขภาพ โดยมีบริการหลัก คือ การนวดเพื่อสุขภาพ และการใช้น้ำเพื่อสุขภาพ และอาจมีบริการเสริมประเภทต่าง ๆ อาทิ การทำ สมาธิ และโยคะ การอบเพื่อสุขภาพ การออกกำลังกาย โภชนาบำบัดและการควบคุมอาหาร การใช้สมุนไพรหรือผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพ ตลอดจนการแพทย์ทางเลือกอื่น ๆ ซึ่งตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขได้กำหนดเพิ่มเติมว่ากิจการฯ ต้องมีบริการหลัก และให้มีบริการเสริมอื่น ๆ อย่างน้อย 3 ประเภท เช่น การฝึกโยคะ การเสริมสวย การพอกโคลน เป็นต้น 2) กิจการนวดเพื่อสุขภาพ หมายถึง การนวดเพื่อผ่อนคลายร่างกาย กล้ามเนื้อ หรือความเมื่อยล้า เช่น การนวด แผนไทย การนวดฝ่าเท้า เป็นต้น 3) กิจการนวดเพื่อเสริมสวย หมายถึง การนวดที่มีวัตถุประสงค์ เพื่อเสริมความงาม เช่น การนวดในร้านเสริมสวย/ ร้านทำผม ปัจจุบันแนวโน้มการดูแลสุขภาพเน้นการพึ่งพาตนเองมากขึ้น การดูแลสุขภาพแบบผสมผสานจึงมีความสำคัญและจำเป็น ซึ่งหลักการของการแพทย์แผนไทยนั้น เข้ากับแนวคิดการดูแลสุขภาพตนเองได้เป็นอย่างดี

การแพทย์แผนไทยนั้น จะมีหลักการของเภสัชกรรมแผนไทยครอบคลุมองค์ความรู้ 4 ด้านหลัก ได้แก่ วัตถุดิบทางยา สรรพคุณทางยา การจัดกลุ่มสมุนไพร และการผสมยา

1. วัตถุดิบทางยา วัตถุดิบส่วนใหญ่ที่ใช้ในเภสัชกรรมแผนไทยได้มาจากพืช มีปริมาณเล็กน้อยจากสัตว์หรือแร่ธาตุ แพทย์แผนไทยต้องทราบชื่อ สี กลิ่น ลักษณะ และรสชาติของยาดิบทุกชนิด

2. สรรพคุณทางยา สรรพคุณทางยาของวัตถุดิบทางยาแต่ละชนิดและตำรับยาแต่ละชนิดนั้นสัมพันธ์กับรสชาติ ดังนั้น แพทย์แผนไทยจะปรุงตำรับยาสมุนไพรให้มีรสชาติที่เหมาะสมกับการฟื้นฟูธาตุในร่างกายของผู้ป่วยแต่ละคน สำหรับวัตถุดิบทางยามี 9 รสชาติที่มีสรรพคุณทางยาแตกต่างกัน ดังนี้ (1) รสฝาดสมานแผล (2) รสหวานดูดซึมเพื่อเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (3) รสคลื่นไส้สำหรับขับพิษ ผิวหนังคัน (4) รสขมช่วยบำรุงเลือดและน้ำดี (5) รสเผ็ดร้อน ขับลม ขับธาตุลม (6) รสถั่ว ใช้แก้เส้นเอ็นขาด (7) รสหอม ใช้บำรุงหัวใจ (8) รสเค็มซึมผ่านผิวหนัง ทำให้ผิวหนังนิ่ม (9) รสเปรี้ยว ช่วยขับเสมหะ แก้ไอมีเสมหะ

เมื่อนำสมุนไพรต่าง ๆ มาผสมกันในสูตรอาหาร รสชาติหลักของสูตรอาหารจะเรียกว่า รสปรุงแต่ง ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 รสชาติ คือ รสเย็น รสร้อน และรสอ่อน (สุขุม)

ปัจจุบันหลายประเทศในโลกให้ความสนใจกับการใช้สมุนไพรในการดูแลสุขภาพเพื่อป้องกันก่อนการเกิดอาการและองค์การอนามัยโลกได้แนะนำให้ใช้การแพทย์แผนดั้งเดิมคู่ขนานกับการแพทย์แผนปัจจุบัน โดยสามารถกำหนดให้เป็นการแพทย์แห่งชาติของแต่ละประเทศ ทำให้ประเทศต่าง ๆ ทั่วโลกเริ่มสนใจส่งเสริมการแพทย์ดั้งเดิมในประเทศ (ภัทราพร ภัทรนาวิก และคณะ, 2567)

ความพร้อมของบุคลากรด้านสุขภาพและบริการ

ระบบสุขภาพสามารถทำงานได้โดยอาศัยบุคลากรด้านสุขภาพเท่านั้น การปรับปรุงความครอบคลุมของบริการสุขภาพและการตระหนักถึงสิทธิในการได้รับบริการสุขภาพตามมาตรฐานสูงสุดที่เป็นไปได้นั้นขึ้นอยู่กับความพร้อม การเข้าถึง ความยอมรับและคุณภาพ

โครงการการทำงานเพื่อสุขภาพ (Working for Health) เป็นความร่วมมือระหว่างองค์การอนามัยโลก (WHO) องค์การแรงงานระหว่างประเทศ (ILO) และองค์การเพื่อความร่วมมือและการพัฒนาทางเศรษฐกิจ (OECD) เพื่อขยายและเปลี่ยนแปลงกำลังคนด้านสุขภาพและสังคมเพื่อขับเคลื่อนการเติบโตทางเศรษฐกิจที่ครอบคลุมและบรรลุเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน (SDGs)

โครงการนี้ มีส่วนสนับสนุนการครอบคลุมด้านสุขภาพถ้วนหน้าและเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน 3, 4, 5 และ 8 (สุขภาพ การศึกษา ความเท่าเทียมทางเพศ งานที่เหมาะสม และการเติบโตทางเศรษฐกิจ) ผ่านแผนปฏิบัติการ 5 ปี ด้านการจ้างงานด้านสุขภาพและการเติบโตทางเศรษฐกิจที่ครอบคลุม ปี 2560-2564 และในปี 2020 โครงการดังกล่าว ให้การสนับสนุน 32 ประเทศ และ 2 พื้นที่เศรษฐกิจระดับภูมิภาค ได้แก่ ประชาคมการพัฒนาแอฟริกาใต้และสหภาพเศรษฐกิจและการเงินแอฟริกาตะวันตก โครงการ Working for Health สนับสนุนการเสริมสร้างข้อมูลกำลังคนด้านสุขภาพทั่วโลกผ่านแพลตฟอร์มระหว่างประเทศเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของบุคลากรด้านสุขภาพ แพลตฟอร์มการเคลื่อนที่ของบุคลากรด้านสุขภาพ และการแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างหน่วยงาน

เครือข่ายบุคลากรด้านสุขภาพระดับโลกที่นำโดยองค์การอนามัยโลก ก่อตั้งขึ้นในปี 2559 ตามคำร้องขอของประเทศสมาชิกและต่อยอดจากข้อเสนอของคณะกรรมการของ Global Health Workforce Alliance เครือข่ายนี้ดำเนินการภายในองค์การอนามัยโลกในฐานะกลไกระดับโลกสำหรับการปรึกษาหารือ การสนทนา และการประสานงานกับผู้มีส่วนได้ส่วนเสียเกี่ยวกับนโยบายบุคลากรด้านสุขภาพที่ครอบคลุมและสอดคล้องกัน เพื่อสนับสนุนการดำเนินการตามกลยุทธ์ระดับโลกว่าด้วยทรัพยากรบุคคลเพื่อสุขภาพและคำแนะนำของคณะกรรมาธิการ

สำหรับประเทศไทย ความพร้อมของบุคลากรสาธารณสุขพยาบาล และบุคลากรอื่น ๆ ที่ร่วมกันดูแลสุขภาพ การพัฒนาด้านเทคโนโลยีการสื่อสาร และการบำบัดรักษานั้น รัฐบาลไทยจึงได้มีนโยบายด้านการพัฒนาสุขภาพของประชาชนที่ขับเคลื่อนให้ประเทศไทยเป็นเลิศในผลิตภัณฑ์และการบริการด้านสุขภาพและการรักษาพยาบาลในภูมิภาคเอเชีย โดยการประสานความร่วมมือกับทุกภาคส่วนที่เกี่ยวข้องกับการสร้างความก้าวหน้าทางวิชาการ โดยการเชื่อมโยงกับนโยบายกระทรวงสาธารณสุขกับการส่งเสริมการจัดบริการสุขภาพนานาชาติ (Medical hub and wellness)

สรุปได้ว่า จุดแข็งหลักของประเทศไทย คือ ความสามารถในการให้บริการทางการแพทย์ที่มีคุณภาพสูงด้วยศักยภาพของประเทศไทย เกี่ยวกับความเชี่ยวชาญด้านการแพทย์แผนไทย สถานที่ที่เป็นกิจการเพื่อสุขภาพ ความรู้และการใช้สมุนไพร รวมทั้งความพร้อมของบุคลากรด้านสุขภาพและบริการ จะทำให้ประเทศไทยพัฒนาไปสู่การเป็นศูนย์กลางการท่องเที่ยวเชิงสุขภาพได้

3. นโยบายรัฐและบทบาทของภาคส่วนต่าง ๆ ในการส่งเสริมการท่องเที่ยวสุขภาพ

ยุทธศาสตร์การพัฒนาประเทศไทยให้เป็นศูนย์กลางสุขภาพนานาชาติ (Medical hub) (พ.ศ.2560 - 2569) นั้น เพื่อเป็นการส่งเสริมและพัฒนาด้านการท่องเที่ยวเชิงสุขภาพ ให้สอดคล้องกับแผนและนโยบาย ของประเทศโดยยึดหลักการมีส่วนร่วมของทุกภาคส่วนตามกรอบแนวคิด หลักการของแผนพัฒนา เศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 12 (พ.ศ.2560 - 2564) ที่ให้ความสำคัญกับการยึดคน เป็นศูนย์กลางของการพัฒนา

กรมสนับสนุนบริการสุขภาพ ได้รับมอบหมายจากกระทรวงสาธารณสุขเป็นหน่วยงานหลักในการบริหาร ขับเคลื่อนและสนับสนุนนโยบายด้านการส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงสุขภาพ Medical and Wellness Tourism อีกทั้งนโยบายดังกล่าวยังเป็นหนึ่งในอุตสาหกรรมเป้าหมาย และเป็นกลไกที่สำคัญในการขับเคลื่อนเศรษฐกิจของประเทศมาตั้งแต่ปี พ.ศ.2558 จึงได้จัดทำยุทธศาสตร์ ดังกล่าว ประกอบด้วย 4 ผลผลิตหลัก ได้แก่ ศูนย์กลางบริการเพื่อส่งเสริมสุขภาพ (Wellness hub) ศูนย์กลางบริการสุขภาพ (Medical service hub) ศูนย์กลางบริการวิชาการและงานวิจัย (Academic hub) และศูนย์กลางยาและ ผลิตภัณฑ์สุขภาพ (Product hub) ซึ่งคณะรัฐมนตรีเห็นชอบในหลักการแล้ว เมื่อวันที่ 13 กันยายน พ.ศ. 2559 ซึ่งยุทธศาสตร์นี้ เป็นการเตรียมความพร้อมสู่การพัฒนาให้ไทยเป็นศูนย์กลางสุขภาพนานาชาติ ที่สามารถแข่งขันกับนานาประเทศ โดยใช้ศักยภาพความแข็งแกร่งด้านระบบบริการสุขภาพของประเทศ ในดึงดูดนักท่องเที่ยวให้เดินทางเข้ามาเพื่อรับบริการจนสามารถสร้างรายได้เข้าสู่ประเทศ และเป็นประโยชน์ต่อการบริหารขับเคลื่อนนโยบายต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง และทุกภาคีที่เกี่ยวข้องสามารถนำไปใช้เป็นกรอบและแนวทางในการพัฒนาการท่องเที่ยวเชิงสุขภาพ เพื่อการพัฒนาประเทศได้อย่างยั่งยืน

ภาพรวม

ประเทศไทยได้จัดทำแผนพัฒนาการท่องเที่ยวแห่งชาติ ซึ่งกำหนดเป็นนโยบายการท่องเที่ยวแห่งชาติ พ.ศ. 2551 โดยคณะกรรมการนโยบายการท่องเที่ยวแห่งชาติ จนในปัจจุบันถึงแผนพัฒนาการท่องเที่ยวแห่งชาติ ฉบับที่ 3 (พ.ศ. 2566-2570) โดยมีกระบวนการมุ่งเน้นการมีส่วนร่วมของทุกภาคส่วน เพื่อให้อุตสาหกรรมการท่องเที่ยว การบริหารจัดการและพัฒนาอย่างต่อเนื่องของไทยให้เกิดการพัฒนาอย่างเป็นองค์รวม ในการเตรียมความพร้อมต่อการเปลี่ยนแปลงและความเสี่ยงทุกรูปแบบและพร้อมที่จะเติบโตอย่างยั่งยืน

การท่องเที่ยวเชิงสุขภาพสำหรับผู้สูงวัย : ศักยภาพของประเทศไทยในตลาดการท่องเที่ยวสุขภาพ เพื่อเสนอข้อเสนอแนะการดูแลสุขภาพของผู้สูงวัยนั้น เป็นภาพรวมของทิศทางและการพัฒนาต่อยอดเกี่ยวกับศักยภาพของประเทศไทยในตลาดการท่องเที่ยวเชิงสุขภาพ ที่เกี่ยวข้องกับการจัดตั้งคณะทำงานด้านการนวดแผนไทยในสำนักงานสาธารณสุขจังหวัดและ

สถานพยาบาล เป็นกลไกในการเสริมสร้างและพัฒนาบริการการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือกในระดับภูมิภาค โดยมีบทบาทและภารกิจหลักในการจัดทำแผนพัฒนาระบบบริการการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือก ศึกษา พัฒนา และให้บริการการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือก ส่งเสริมสุขภาพ และอนุรักษ์ภูมิปัญญาการนวดแผนไทย ด้วยทรัพยากรธรรมชาติที่หลากหลาย อาหารสุขภาพ และการบริการด้านสุขภาพที่คุณภาพและราคาเหมาะสม รวมทั้งภาครัฐและเอกชน ต้องร่วมมือกันพัฒนารูปแบบการท่องเที่ยวเชิงสุขภาพ และควรมีการจัดโปรแกรมท่องเที่ยวเฉพาะสำหรับผู้สูงวัย ที่คำนึงถึงข้อจำกัดด้านสุขภาพ การส่งเสริมความร่วมมือระหว่างสถานบริการสุขภาพ โรงแรม และบริษัททัวร์ รวมไปถึงการพัฒนาความรู้แก่ผู้ให้บริการในการดูแลผู้สูงอายุ นักท่องเที่ยวหรือผู้ใช้บริการอย่างเข้าใจและมีประสิทธิภาพ เช่น การพัฒนาศักยภาพบุคลากร ควรมีการจัดทำหลักสูตรอบรมเฉพาะสำหรับบุคลากรด้านการท่องเที่ยวเชิงสุขภาพ ที่ครอบคลุมความรู้ด้านการดูแลผู้สูงวัย การปฐมพยาบาลเบื้องต้น และทักษะการสื่อสาร ควรพัฒนาทักษะภาษาต่างประเทศที่สำคัญสำหรับบุคลากรโดยเฉพาะคำศัพท์ทางการแพทย์และสุขภาพ และสร้างเส้นทางอาชีพและระบบรับรองคุณภาพบุคลากรด้านการท่องเที่ยวเชิงสุขภาพสำหรับผู้สูงวัย

นอกจากนี้ การพัฒนาผลิตภัณฑ์และบริการเฉพาะกลุ่ม ควรออกแบบโปรแกรมท่องเที่ยวเชิงสุขภาพที่แบ่งตามระดับความสามารถทางกายภาพของผู้สูงวัย พัฒนาผลิตภัณฑ์สุขภาพจากสมุนไพรที่ตอบโจทย์ปัญหาสุขภาพของผู้สูงวัย เช่น ผลิตภัณฑ์บรรเทาอาการปวดข้อ น้ำมันนวดลดอาการนอนไม่หลับ การสร้างแพ็คเกจท่องเที่ยวระยะยาว (Long stay) ที่ผสมผสานการดูแลสุขภาพและกิจกรรมทางวัฒนธรรม เช่น โปรแกรม "Wellness retreat" ระยะเวลา 2-4 สัปดาห์ การตลาดและการสร้างแบรนด์ พัฒนาแบรนด์ "Thailand: Wisdom for Wellness" เพื่อสื่อสารจุดแข็งด้านภูมิปัญญาไทยในการดูแลสุขภาพ ทำการตลาดเชิงรุกในประเทศที่มีประชากรสูงวัยจำนวนมาก เช่น ญี่ปุ่น จีน เยอรมนี สหรัฐอเมริกา และสแกนดิเนเวีย โดยการสร้างแพลตฟอร์มออนไลน์ครบวงจรที่รวบรวมข้อมูล จองบริการ และให้คำปรึกษาด้านการท่องเที่ยวเชิงสุขภาพสำหรับผู้สูงวัย และการสร้างเครือข่ายและระบบนิเวศ ในการสร้างความร่วมมือระหว่างสถานพยาบาล สถานประกอบการท่องเที่ยวและชุมชนท้องถิ่น ในการพัฒนาเส้นทางท่องเที่ยวเชิงสุขภาพแบบครบวงจร และส่งเสริมการมีส่วนร่วมของชุมชนในการพัฒนาการท่องเที่ยวเชิงสุขภาพ ผ่านการถ่ายทอดภูมิปัญญาท้องถิ่นและการสร้างผลิตภัณฑ์สุขภาพจากวัตถุดิบในท้องถิ่น

ผลการศึกษาหรือการอภิปรายผล

การท่องเที่ยวเชิงสุขภาพสำหรับผู้สูงวัย : ศักยภาพของประเทศไทยในตลาดการท่องเที่ยวสุขภาพ พบว่า การท่องเที่ยวเชิงสุขภาพ จะต้องมีความเชื่อมโยงสุขภาพ วัฒนธรรม และการท่องเที่ยว รวมไปถึงเป้าหมายการพัฒนาสู่ความยั่งยืนและผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อสิ่งแวดล้อม ในที่นี้จะขอสรุปเป็น 2 มิติ คือ มิติของสุขภาพ วัฒนธรรม และการท่องเที่ยว และมิติการพัฒนาการท่องเที่ยวเชิงสุขภาพอย่างยั่งยืนและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

มิติของสุขภาพ วัฒนธรรม และการท่องเที่ยว

การส่งเสริมการจัดกิจกรรมเชื่อมโยงการท่องเที่ยวเชิงสุขภาพและการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรม เช่น การนวดแผนไทย การฝึกทำอาหาร การใช้สมุนไพรไทย มาใช้เป็นส่วนหนึ่งของการท่องเที่ยวเชิงสุขภาพนั้น จะเป็นประโยชน์ทางด้านสุขภาพที่ได้รับจากกิจกรรมการท่องเที่ยว (บงกชกร ทองสุก, 2568) ในที่นี้ จะขอกล่าวถึง จุดเด่นของการแพทย์แผนไทย มีจุดเด่นในการดูแลสุขภาพ เช่น การนำสมุนไพรมาใช้ในการดูแลรักษาสมดุลทางร่างกาย ในสถานพยาบาลหรือโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพ และมีการนำสมุนไพรมารักษาโรคขั้นต้น เช่น การนำสมุนไพรฟ้าทะลายโจรมาใช้รักษาอาการหวัด การใช้ขมิ้นรักษาอาการเกี่ยวกับระบบทางเดินอาหาร การใช้ตรีผลาในการปรับสมดุลธาตุในร่างกาย การแพทย์แผนไทยนั้น เป็นการรักษาตาม

ธาตุทางร่างกายมากกว่าตามระบบอวัยวะ เป็นตำรับที่มีการปรุงและรับรองจากกระทรวงสาธารณสุข เป็นการรักษาที่เสียค่าใช้จ่ายน้อย ลดการเสียดุลของภาครัฐในการนำเข้ายาจากต่างประเทศ ทั้งนี้ ข้อมูลจากกรมการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือก (2566) เผยแผนการขับเคลื่อนนโยบายการดำเนินงานตามแผนปฏิบัติการด้านสมุนไพรแห่งชาติ ฉบับที่ 2 (พ.ศ.2566 – 2570) ให้ประชาชนเกิดความเชื่อมั่นในการนำสมุนไพรและผลิตภัณฑ์สมุนไพรไปใช้ในการดูแลสุขภาพ มีการตั้งเป้าไว้ว่า ปี 2566 มูลค่าของการบริโภคผลิตภัณฑ์สมุนไพรมวลรวมในประเทศเพิ่มขึ้น ไม่น้อยกว่า 50,000 ล้านบาท พร้อมผลักดันผู้ประกอบการผลิตสมุนไพร ให้มีศักยภาพด้านการผลิตและการตลาด ซึ่งสอดคล้องกับยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี อันจะนำไปสู่ความสำเร็จในการพัฒนาสมุนไพรและผลิตภัณฑ์สมุนไพรไทย เพื่อส่งเสริมผลิตภัณฑ์สมุนไพรเป็นที่ยอมรับทั้งในและนอกประเทศ

หลักการใช้สมุนไพรที่กล่าวมาแล้วข้างต้นว่า ประกอบด้วยความรู้ 4 ด้าน ได้แก่ วัตถุดิบทางยา สรรพคุณทางยา การจัดกลุ่มสมุนไพร และการผสมยา การนำสมุนไพรต่าง ๆ มาผสมกันในสูตรอาหาร รสชาติหลักของสูตรอาหารจะเรียกว่า รสปรุงแต่ง ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 รสชาติ คือ รสเย็น รสร้อน และรสอ่อน นั้น หลังจากวินิจฉัยโรคและอาการของผู้ป่วยแล้ว แพทย์แผนโบราณจะกำหนดสูตรยาที่รสชาติและสรรพคุณทางยาเหมาะสมกับผู้ป่วยแต่ละราย ในอดีต มักจะนำ "ฉลิว" ซึ่งเป็นเครื่องรางรูปดาวที่ทำจากไม้ไผ่แถบบาง ๆ มาวางบนหม้อต้มยาเพื่อป้องกันผลการรักษาและขับไล่วิญญาณชั่วร้าย ปัจจุบัน "ฉลิว" ถูกใช้เป็นสัญลักษณ์ของเภสัชแผนโบราณของไทย (Department for development of Thai traditional and alternative medicine, 2016)

การเตรียมส่วนผสมสมุนไพร เช่น รู้ว่าจะใช้ในรูปแบบสดหรือแห้ง และวิธีทำความสะอาดหรือล้างพิษส่วนผสมบางชนิดด้วยเทคนิคพิเศษเพื่อลดสารพิษในส่วนผสมยาบางชนิดก่อนจะผสม

การคำนวณและวัดปริมาณส่วนผสมสมุนไพรที่จำเป็นในการผสมยาในปริมาณที่เหมาะสมสำหรับผู้ป่วย

การใช้กระชายยา (พาหนะ) ที่เหมาะสมสำหรับแต่ละสูตรยาเพื่อละลายหรือสกัดส่วนประกอบที่ออกฤทธิ์จากส่วนผสมสมุนไพร หรือเพื่อเสริมฤทธิ์ของสูตรยา

รูปแบบยา 28 รูปแบบที่ใช้ในแผนไทย ยาที่ใช้กันมากที่สุด ได้แก่ ยาต้ม เหล้าหมัก ยาเม็ด ยานัตถุ์ ยาขี้ผึ้ง น้ำมัน เป็นต้น ปัจจุบันมีการพัฒนารูปแบบยาที่ทันสมัย เช่น แคปซูล เม็ด และยาเม็ดเคลือบ เพื่อความสะดวกของผู้ป่วย เช่นเดียวกับผลิตภัณฑ์ยาสมัยใหม่ มีสูตรยาการแพทย์แผนไทยสำเร็จรูปให้เลือกใช้ เพื่อให้แพทย์และผู้ป่วยการแพทย์แผนไทย ใช้ได้สะดวกยิ่งขึ้น

สำหรับการนวดแผนไทย (Nuad thai) เป็นศาสตร์แขนงหนึ่งของการแพทย์แผนไทยที่เกี่ยวข้องกับการตรวจวินิจฉัย การรักษา การป้องกันโรค การส่งเสริมสุขภาพและการฟื้นฟูด้วยศาสตร์การนวดแผนไทย การนวดแผนไทยเป็นภูมิปัญญาอันล้ำค่าที่สืบทอดกันมาของประเทศไทยตั้งแต่สมัยโบราณ ความรู้ดังกล่าวสามารถรักษาโรคได้อย่างมีประสิทธิภาพ

รูปแบบการนวดไทย การนวดไทยสามารถแบ่งได้เป็นประเภทต่างๆ ตามลักษณะของการนวด โดยแบ่งออกเป็น 2 ประเภท (Thai traditional medicine at a glance, 2016) ได้แก่

การนวดไทยแบบแผน ซึ่งเดิมเรียกว่า นวดเฉลิมศักดิ์ เป็นการนวดไทยประเภทหนึ่งที่ได้รับการถ่ายทอดจากรุ่นสู่รุ่นผ่านระบบการฝึกงานของโรงเรียนหรือสมาคมต่างๆ ที่สอนการนวดไทย เทคนิคการนวดจะยึดหลักเส้นประธานสิบ แม้ว่าเทคนิคเล็กน้อยอาจแตกต่างกันไปบ้าง แต่ทั้งหมดล้วนมีจุดมุ่งหมายเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการบำบัด นักนวดจะใช้ส่วนต่างๆ ของร่างกาย เช่น มือ นิ้ว ข้อศอก เข่า และเท้า ร่วมกับเทคนิคการกด ดึง บิด งอ และเหยียบ

การนวดแผนไทยแบบราชสำนัก เป็นการนวดที่พัฒนามาจากการนวดไทยที่พระราชทานแก่พระมหากษัตริย์ พระราชวงศ์และข้าราชการชั้นผู้ใหญ่ในราชสำนัก ดังนั้น การนวดจึงเป็นการนวดแบบสุภาพ โดยใช้เพียงนิ้วมือและมือกดและออกแรงกด

บนจุดนวดตามแนวเส้นหลักที่เรียกว่า เส้นฐาน และเส้นสันยาน ซึ่งสัมพันธ์กับเส้นประธานสิบ โดยใช้แขนตรงเพื่อบังคับให้เลือด ลม และความร้อนไหลไปยังบริเวณที่ได้รับผลกระทบซึ่งต้องการการรักษา นอกจากนี้ ยังมีการนวดพื้นบ้านหรือการนวดแบบพื้นเมือง ซึ่งมีเอกลักษณ์และแตกต่างกันออกไปในแต่ละพื้นที่ของประเทศ เช่น นวดตอกเส้น ยำขาไก่แดง เขียงเส้น นวดผิงไฟ เป็นต้น

การนวดแผนไทยตระหนักถึงความสำคัญของการส่งเสริมสุขภาพ โดยเน้นการรักษาและปรับสมดุลธาตุทั้งสี่ของร่างกายเพื่อเสริมสร้างสุขภาพให้แข็งแรงเพื่อป้องกันโรค แนวทางการดูแลสุขภาพด้วยการนวดแผนไทยรวมถึงการนำหลักธรรมของพุทธศาสนามาประยุกต์ใช้ในการดูแลสุขภาพแบบองค์รวม คือ การดูแลร่างกาย จิตใจ สังคม และสิ่งแวดล้อม แนวทางนี้เรียกว่า "ธรรมนามัย" ซึ่งประกอบด้วยหลักการ 3 ประการ (Thai traditional medicine at a glance, 2016) ดังนี้

กายานามัย (สุขภาพทางกาย)

กายานามัย เป็นศาสตร์แห่งการนวดแผนไทยที่เน้นการรับประทานอาหารที่มีประโยชน์และออกกำลังกายโดยใช้ฤๅษีดัดตนและการนวดตัวเอง การนวดแผนไทยเน้นการรับประทานอาหารที่มีประโยชน์หลากหลายชนิดตามแบบฉบับของแต่ละภูมิภาคของประเทศ อาหารพื้นเมืองเหล่านี้มักใช้ผักพื้นเมืองตามฤดูกาลเป็นส่วนประกอบหลักหรือเป็นเครื่องเคียง เช่น ผักสดหรือผักต้มกับน้ำพริกหรือพริกเผาหรือซอสพริกชนิดต่าง ๆ ควรรับประทานอาหารในปริมาณที่พอเหมาะและมีรสชาติที่หลากหลายเพื่อช่วยปรับธาตุ สมุนไพรหรือผลไม้ไทยบางชนิดยังนำมาทำเป็นเครื่องดื่มหรือน้ำผลไม้สมุนไพรอีกด้วย

จิตตนามัย (สุขภาพทางใจ)

จิตตนามัยเน้นการดูแลสุขภาพจิตโดยยึดหลักศาสนา เช่น การปฏิบัติธรรม การเดินจงกรม และการสวดมนต์ การปฏิบัติธรรมเหล่านี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อฝึกฝนและพัฒนาจิตใจให้มีพละกำลัง พลัง สติ ปัญญา และความสมดุล

ชีวานามัย (สุขภาพการใช้ชีวิต)

ชีวานามัย หมายถึง การดูแลสุขภาพโดยการดำเนินชีวิตในภาวะปกติ ภาวะเจ็บป่วย และภาวะที่รู้ว่าเจ็บป่วยเกิดขึ้นแล้ว ซึ่งหมายถึง การดำรงชีวิตอย่างถูกต้อง ไม่ก่อความเดือดร้อนแก่ตนเองและผู้อื่น ทำความดี รักษาศีลธรรม ปรับปรุงสิ่งแวดล้อมโดยการปลูกต้นไม้ ดูแลรักษาแม่น้ำลำธาร และรักษาบ้านเรือนและเสื้อผ้าให้สะอาด

สรุปได้ว่า จุดเด่นของการแพทย์แผนไทยในการดูแลสุขภาพนั้นเป็นองค์รวมของสุขภาพทางกายและจิตใจ จะต้องมีความเชื่อมโยงระหว่างสุขภาพ วัฒนธรรม และการท่องเที่ยว อันเป็นการแสดงถึงศักยภาพของประเทศไทยในตลาดการท่องเที่ยวสุขภาพ ซึ่งแสดงได้ดังรูปที่ 1 ดังนี้



รูปที่ 1 แสดงความเชื่อมโยงระหว่างสุขภาพ วัฒนธรรม และการท่องเที่ยว
ที่มา: ผู้เขียนออกแบบ prompt จาก chatgpt.com

และการท่องเที่ยวเชิงสุขภาพมักถูกเข้าใจผิดว่าเป็นกิจกรรมเดียวกับการท่องเที่ยวอย่างยั่งยืนและมีความรับผิดชอบหรือกับกลุ่มเฉพาะอื่น ๆ เช่น การท่องเที่ยวเชิงนิเวศ แม้ว่าการท่องเที่ยวเชิงสุขภาพมักจะทับซ้อนกับกลุ่มเหล่านี้ แต่ก็ไม่ใช่สิ่งเดียวกัน จุดแข็งของการท่องเที่ยวเชิงสุขภาพนั้นเชื่อมโยงกับสุขภาพของสถานที่ท่องเที่ยว เมื่อการท่องเที่ยวเชิงสุขภาพดำเนินการอย่างถูกวิธี จะช่วยยกระดับคุณภาพของสถานที่สำหรับนักท่องเที่ยวและคุณภาพชีวิตของคนในท้องถิ่น ดังนั้น การท่องเที่ยวเชิงสุขภาพจึงเป็นจุดเริ่มต้นที่มีประโยชน์ในการประสานผลประโยชน์และค่านิยมของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียหลายกลุ่ม รวมถึงธุรกิจ รัฐบาล คนในท้องถิ่น และชุมชน การนำเอาเรื่องสุขภาพมาสู่การท่องเที่ยวมากขึ้นจะช่วยเสริมสร้างความแข็งแกร่งให้กับภาคการท่องเที่ยวโดยรวม ในขณะเดียวกันก็ปกป้องทรัพย์สินและความยั่งยืนของภาคการท่องเที่ยวด้วย (Global Wellness Institute, 2026) อีกทั้ง การแพทย์แผนไทยมีภูมิปัญญาท้องถิ่นที่หลากหลาย และสืบทอดกันมาหลายรุ่นในแต่ละภูมิภาค และได้รับการยอมรับในระดับสากล เช่น การนวดไทยที่ขึ้นทะเบียนมรดกภูมิปัญญาทางวัฒนธรรมโดย UNESCO (ปี 2562) มีการรับรองมาตรฐานสถานประกอบการและผู้ให้บริการโดยกระทรวงสาธารณสุข ดังนั้น ความเชื่อมโยงระหว่างสุขภาพ วัฒนธรรม และการท่องเที่ยว จะเป็นทิศทางที่สำคัญต่อการเพิ่มศักยภาพของประเทศไทยในตลาดการท่องเที่ยวสุขภาพได้

มิติการพัฒนาการท่องเที่ยวเชิงสุขภาพอย่างยั่งยืนและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

ประเทศไทยมีศักยภาพสูงในการเป็นศูนย์กลางการท่องเที่ยวเชิงสุขภาพสำหรับผู้สูงวัยของโลก เนื่องจากมีทรัพยากรธรรมชาติที่อุดมสมบูรณ์ วัฒนธรรมการดูแลสุขภาพแบบองค์รวม การแพทย์แผนไทย และแหล่งท่องเที่ยวเชิงธรรมชาติที่เอื้อต่อการฟื้นฟูสุขภาพ ซึ่งการพัฒนาการท่องเที่ยวเชิงสุขภาพในยุคปัจจุบันจำเป็นต้องคำนึงถึง "ความยั่งยืนด้านสิ่งแวดล้อม" ควบคู่ไปกับการสร้างคุณภาพชีวิตที่ดีให้แก่ผู้สูงวัย โดยเชื่อมโยงกับเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน (Sustainable Development Goals: SDGs) ได้แก่ SDG 3 การสร้างหลักประกันการมีสุขภาวะที่ดี และส่งเสริมความเป็นอยู่ที่ดีในทุกช่วงวัย การป้องกันและการรักษาโรคและสนับสนุนสุขภาพจิตและความเป็นอยู่ที่ดี (Good Health and Well-being) SDG 13 การรับมือการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและผลกระทบ (Climate Action) และ SDG 15 การปกป้อง ฟื้นฟู และสนับสนุนการใช้ประโยชน์จากระบบนิเวศทางบกอย่างยั่งยืน จัดการป่าไม้อย่างยั่งยืน หยุดการเสื่อมโทรมของที่ดินและฟื้นสภาพกลับมาใหม่ และหยุดความสูญเสียความหลากหลายทางชีวภาพ (Life on Land) (United Nations, 2015)

มิติของ SDG 3 มุ่งที่สุขภาพและความเป็นอยู่ที่ดี การท่องเที่ยวเชิงสุขภาพสำหรับผู้สูงวัยสามารถส่งเสริมสุขภาพกายและสุขภาพจิตผ่านกิจกรรมที่ใกล้ชิดธรรมชาติ เช่น การพักผ่อนในแหล่งอากาศบริสุทธิ์ การเดินป่าระยะสั้น การรับประทานอาหารสุขภาพจากวัตถุดิบธรรมชาติ การทำสมาธิ และการนวดแผนไทย ที่ช่วยลดความเครียด ส่งเสริมสุขภาวะองค์รวม และลดความเสี่ยงของโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง (NCDs) จุดเด่นด้านบริการทางการแพทย์และสุขภาพของประเทศไทยได้รับการยอมรับในระดับสากล ทำให้พัฒนารูปแบบการท่องเที่ยวเชิงสุขภาพตอบสนองความต้องการของผู้สูงวัยได้อย่างมีประสิทธิภาพ

มิติของ SDG 13 มีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาการท่องเที่ยวเชิงสุขภาพอย่างยั่งยืน เพราะการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศส่งผลกระทบโดยตรงต่อสุขภาพของผู้สูงวัยและทรัพยากรการท่องเที่ยว การพัฒนาแหล่งท่องเที่ยวเชิงสุขภาพจึงควรคำนึงถึงการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก การใช้พลังงานสะอาด การบริหารจัดการขยะ และการส่งเสริมการท่องเที่ยวคาร์บอนต่ำ (Low Carbon Tourism) เช่น การออกแบบที่พักสีเขียว (Green Hotel) การใช้รถพลังงานไฟฟ้าหรือพลังงานแสงอาทิตย์ในแหล่งท่องเที่ยว และการสนับสนุนผลิตภัณฑ์ท้องถิ่นที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม จะช่วยลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และสร้างภาพลักษณ์การท่องเที่ยวคุณภาพที่สอดคล้องกับแนวโน้มการท่องเที่ยวโลก และการรับรู้คุณค่าด้านสิ่งแวดล้อมและความรู้เกี่ยวกับคาร์บอนต่ำ ส่งผลทางบวกต่อมูลค่าที่พักที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และส่งผลทางบวกต่อความตั้งใจเชิงพฤติกรรมของผู้บริโภคที่จะเข้าพักในสถานที่ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และความเต็มใจที่จะร่วมมือกับแนวทางปฏิบัติที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมของที่พักหรือสถานที่นั้น (ศุภฤกษ์ ฮั้นประเสริฐ, 2565)

และมิติ SDG 15 การอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและระบบนิเวศ เป็นหัวใจสำคัญของการท่องเที่ยวเชิงสุขภาพสำหรับผู้สูงวัย เนื่องจากแหล่งธรรมชาติ เช่น ป่าไม้ น้ำตก ภูเขา และชุมชนสีเขียว คือ พื้นที่ที่ช่วยฟื้นฟูสุขภาพและสร้างประสบการณ์เชิงบวกให้แก่นักท่องเที่ยว การพัฒนาแหล่งท่องเที่ยวจึงควรดำเนินควบคู่กับการอนุรักษ์ความหลากหลายทางชีวภาพ การฟื้นฟูพื้นที่สีเขียว และการมีส่วนร่วมของชุมชนในการดูแลทรัพยากรธรรมชาติ เพื่อให้เกิดความสมดุลระหว่างเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน

ดังนั้น การท่องเที่ยวเชิงสุขภาพสำหรับผู้สูงวัยของประเทศไทย ไม่เพียงมุ่งการสร้างรายได้ทางเศรษฐกิจเท่านั้น ควรจะมีการพัฒนาไปสู่รูปแบบการท่องเที่ยวที่ส่งเสริมสุขภาพ ควบคู่กับการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมและระบบนิเวศ ภายใต้กรอบ SDGs ซึ่งจะช่วยยกระดับประเทศไทยสู่การเป็นจุดหมายปลายทางด้านการท่องเที่ยวเชิงสุขภาพที่มีคุณภาพและยั่งยืนในระดับสากลได้

บทสรุป

ในยุคที่ประชากรทั่วโลกได้ก้าวเข้าสู่สังคมผู้สูงวัย แนวทางหนึ่งที่สำคัญที่สามารถส่งเสริมสุขภาพกายและใจของผู้สูงอายุได้อย่างมีประสิทธิภาพ คือ "การท่องเที่ยวเชิงสุขภาพ" (Wellness Tourism) เป็นรูปแบบการท่องเที่ยวที่ผสานการพักผ่อนควบคู่ไปกับการดูแลสุขภาพอย่างเหมาะสม โดยมีจุดประสงค์หลักเพื่อการส่งเสริมสุขภาพทั้งทางกาย จิตใจ และอารมณ์ และประเทศไทยกำลังก้าวเข้าสู่ "สังคมสูงวัยอย่างสมบูรณ์" ส่งผลให้ภาครัฐต้องเผชิญกับภาระงบประมาณด้านสุขภาพและการดูแลผู้สูงอายุที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ทั้งค่าใช้จ่ายด้านการรักษาโรคเรื้อรัง การดูแลระยะยาว (Long-term Care) และค่าใช้จ่ายด้านสวัสดิการสังคม ดังนั้น การส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงสุขภาพสำหรับผู้สูงวัย (Wellness Tourism for the Elderly) จึงเป็นแนวทางสำคัญที่สามารถช่วยลดภาระงบประมาณของประเทศได้ในระยะยาว ผ่านการส่งเสริมสุขภาพเชิงป้องกันมากกว่าการรักษาเมื่อเกิดโรคแล้ว

ประเทศไทยมีศักยภาพสูงในการพัฒนาการท่องเที่ยวเชิงสุขภาพสำหรับผู้สูงวัย เนื่องจากมีทรัพยากรทางธรรมชาติ วัฒนธรรม และภูมิปัญญาด้านสุขภาพที่โดดเด่น ทั้งการแพทย์แผนไทย สมุนไพรไทย อาหารสุขภาพ วิถีชีวิตแบบพุทธ และการนวดไทย ซึ่งสามารถเชื่อมโยง "สุขภาพ วัฒนธรรม และการท่องเที่ยว" เข้าด้วยกันได้อย่างสมดุล โดยแนวโน้มการท่องเที่ยวเชิงสุขภาพของโลกในปัจจุบันให้ความสำคัญกับการดูแลสุขภาวะแบบองค์รวม (Holistic Wellness) ควบคู่กับความยั่งยืนด้านสิ่งแวดล้อมและคุณภาพชีวิตของชุมชนท้องถิ่น และการดูแลสุขภาพแบบองค์รวม ทั้งด้านร่างกาย จิตใจ อารมณ์ และสังคม เช่น การออกกำลังกาย การพักผ่อนในธรรมชาติ การนวดไทย สมาธิ อาหารสุขภาพ และกิจกรรมวัฒนธรรม จะช่วยลดความเสี่ยงของโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง (NCDs) เช่น เบาหวาน ความดันโลหิตสูง โรคหัวใจ และภาวะซึมเศร้าในผู้สูงวัยได้อย่างมีประสิทธิภาพ และเป็นเครื่องมือในการส่งเสริมสุขภาวะองค์รวม ช่วยยืดคุณภาพชีวิต และลดภาระของระบบสาธารณสุขในระยะยาว ดังนั้น การส่งเสริมและออกแบบกิจกรรมท่องเที่ยวเชิงสุขภาพให้เหมาะสมกับผู้สูงวัยหรือผู้ใช้บริการในฐานะใดก็ตาม จึงเป็นสิ่งที่ทุกภาคส่วนควรให้ความสำคัญอย่างจริงจัง นโยบายเพื่อส่งเสริมสุขภาพที่ดีสำหรับทุกคนต้องอาศัยความสนใจ การมีส่วนร่วม และความร่วมมือจากผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในภาครัฐ เอกชน องค์กรไม่แสวงหากำไร เพื่อบรรลุเป้าหมายการท่องเที่ยวเชิงสุขภาพนี้

การท่องเที่ยวเชิงสุขภาพสำหรับผู้สูงวัยมีความสำคัญอย่างยิ่งในยุคที่ประชากรโลกกำลังก้าวเข้าสู่สังคมสูงวัย ประเทศไทยมีศักยภาพโดดเด่นในการเป็นจุดหมายปลายทางชั้นนำด้านการท่องเที่ยวเชิงสุขภาพสำหรับผู้สูงวัย ด้วยจุดแข็งด้านภูมิปัญญาท้องถิ่น การแพทย์แผนไทย และการบริการที่มีคุณภาพในราคาที่แข่งขันได้ แสดงให้เห็นว่าประเทศไทยมีข้อได้เปรียบในด้านจำนวนสถานพยาบาลที่ได้มาตรฐานสากล ความหลากหลายของทรัพยากรธรรมชาติ และเอกลักษณ์ด้านการแพทย์แผนไทย อย่างไรก็ตาม ยังมีความท้าทายด้านมาตรฐานการบริการ การสื่อสารภาษาต่างประเทศ และโครงสร้างพื้นฐานที่เป็นมิตรกับผู้สูงวัยอีกด้วย นอกจากนี้ การพัฒนากิจกรรมการท่องเที่ยวเชิงสุขภาพยังช่วยส่งเสริม "Active Aging" หรือการสูงวัยอย่างมีคุณภาพ โดยผู้สูงอายุยังคงสามารถทำกิจกรรมทางสังคม เดินทาง เรียนรู้ และดูแลสุขภาพตนเองได้ ส่งผลให้ลดอัตราการพึ่งพิงทางสุขภาพและลดความจำเป็นในการเข้ารับการรักษาในโรงพยาบาลหรือสถานดูแลระยะยาว ซึ่งเป็นต้นทุนสำคัญของระบบสาธารณสุขไทย

ปัจจุบันประเทศไทยได้รับการยอมรับในระดับนานาชาติว่าเป็นหนึ่งในศูนย์กลางด้าน Wellness Tourism ของภูมิภาคเอเชีย โดยมีการเติบโตของตลาดสุขภาพและการท่องเที่ยวเชิงสุขภาพอย่างต่อเนื่อง จากข้อมูลของ Global Wellness Institute ระบุว่า ประเทศไทยติดอันดับประเทศที่มีการเติบโตด้าน Wellness Tourism สูงของโลก และมีจุดแข็งด้านบริการสุขภาพ วัฒนธรรม และทรัพยากรธรรมชาติที่หลากหลาย ดังนั้น หากประเทศไทยสามารถพัฒนาการท่องเที่ยวเชิงสุขภาพ

ควบคู่กับการบริหารจัดการสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน จะช่วยเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขัน สร้างคุณภาพชีวิตที่ดีแก่ผู้สูงวัย และส่งเสริมเศรษฐกิจฐานรากของชุมชนในระยะยาวได้อย่างมั่นคง และบทความนี้ สามารถเป็นข้อมูลต่อยอดเพื่อศึกษารูปแบบการท่องเที่ยวเชิงสุขภาพสำหรับผู้สูงวัยที่เหมาะสมกับบริบทของแต่ละภูมิภาคในประเทศไทย เนื่องจากแต่ละพื้นที่มีทรัพยากรธรรมชาติ วัฒนธรรม และภูมิปัญญาท้องถิ่นที่แตกต่างกัน ซึ่งอาจส่งผลต่อความต้องการและพฤติกรรมของนักท่องเที่ยวผู้สูงวัยในอนาคตได้

เอกสารอ้างอิง

กรมการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือก. (2566). กรมการแพทย์แผนไทยฯ คาดปี 66 มูลค่าการบริโภคผลิตภัณฑ์สมุนไพรในประเทศเพิ่มขึ้นกว่า 5 หมื่นล้านบาท พร้อมเดินหน้าส่งเสริมผู้ประกอบการผลิตภัณฑ์สมุนไพรให้มีศักยภาพด้านการผลิตและการตลาด. ค้นเมื่อ 20 เมษายน 2568. https://www.prd.go.th/th/content/category/detail/ id/9/iid/182851.

กรมสนับสนุนบริการสุขภาพ. (2562). รายงานผลการวิจัยและสำรวจข้อมูลด้านบริการสุขภาพและบริการเพื่อส่งเสริมสุขภาพของไทยประกอบการจัดทำศูนย์ข้อมูลรองรับนโยบาย Medical Hub. พิมพ์ทันใจ

กรมสนับสนุนบริการสุขภาพ. (2559). ยุทธศาสตร์การพัฒนาประเทศไทยให้เป็นศูนย์กลางสุขภาพนานาชาติ (Medical Hub) (พ.ศ. 2560-2569). กระทรวงสาธารณสุข.

กองสถานประกอบการเพื่อสุขภาพ. (2559). คู่มือเกณฑ์มาตรฐานสถานประกอบการสปาเพื่อสุขภาพระดับสากล. กรมสนับสนุนบริการสุขภาพ กระทรวงสาธารณสุข

กองสุขภาพระหว่างประเทศ. (2561). สถานพยาบาลทั่วประเทศที่ผ่านมาตรฐานสากล JCI. กระทรวงการต่างประเทศ

การท่องเที่ยวแห่งประเทศไทย. (2566). รายงานประจำปี 2566. ค้นเมื่อ 23 เมษายน 2568. https://www.tat.or.th/th.

การท่องเที่ยวแห่งประเทศไทย. (2566). แผนยุทธศาสตร์การพัฒนาการท่องเที่ยวเชิงสุขภาพของประเทศไทย 2566–2570. สำนักงานยุทธศาสตร์การท่องเที่ยว

คัชรินทร์ ตยาคี, บุญทิพย์ สิริธรังศรี และสิริรัตน์ วิภาสศิลป์. (2559). ความพร้อมของพยาบาลสู่ความเป็นเลิศระดับสากลในองค์การพยาบาล โรงพยาบาลตติยภูมิแห่งหนึ่งในกรุงเทพมหานคร. *วารสารพยาบาลตำรวจ, 8(2)*: 107-118.

ชยพจน์ ลือนันต์. (2565). แนวทางการจัดการท่องเที่ยวเชิงสุขภาพเพื่อนักท่องเที่ยวผู้สูงอายุ. *วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา 17(1)*: 147-155.

บงกชกร ทองสุก. (2568). การส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงสุขภาพในพื้นที่การท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมในจังหวัดกำแพงเพชร จังหวัดลำปาง และจังหวัดสุโขทัย. *Journal of Chaiyaphum Review, 8(1)*, 208-224.

ปิ่นฤทัย คงทอง และสุวารี นามวงศ์. (2559). ปัจจัยที่ส่งผลต่อความสำเร็จของการพัฒนาแหล่งท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมของจังหวัดนครศรีธรรมราช. *วารสารวิชาการการท่องเที่ยวไทยนานาชาติ 12(2)*: 1-32.

ภัทราพร ภัทรนาวิก ไพสิฐ ภัทรนาวิก และจินตนา อาจสันเที๊ยะ. (2567). แนวคิดการผสมผสานและบูรณาการการแพทย์แผนไทยกับการแพทย์แผนปัจจุบันในการดูแลสุขภาพ. วารสารการพยาบาลและสุขภาพ สสอท, 4(3): 1-12.

ศุภฤกษ์ ฮั้นประเสริฐ. (2565). ปัจจัยที่ส่งผลต่อความพึงพอใจและความตั้งใจเชิงพฤติกรรมของนักท่องเที่ยวที่มาเยือนอุทยานแห่งชาติแก่งกระจาน. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยศิลปากร.

สถาบันวิจัยประชากรและสังคม มหาวิทยาลัยมหิดล. (2569). สถานการณ์ประชากรไทยปี 2569 “พลิกวิกฤตเกิดน้อย-สังคมสูงวัย” [แถลงข่าว] มหาวิทยาลัยมหิดล

สำนักงานสถิติแห่งชาติ. (2567). การสำรวจประชากรสูงอายุในประเทศไทย พ.ศ. 2567. กลุ่มบริการและเผยแพร่ข้อมูลสถิติ กองสถิติพยากรณ์. กระทรวงดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม

Archawee Eiamsoonthonchai. (2025). From Health Crisis to Growth Engine: Why Thailand’s Wellness Economy is Polsed to Lead Asia’s Ageing Future. Global Economics Update. Bangkok Bank Bnomics Accessed 23 May. 2026. https://www.bangkokbank.com

Availability of health personnel and services. Accessed 23 Apr. 2025. https://www.who.int/health-topics/health-workforce#tab=tab_1

Department for Development of Thai Traditional and Alternative Medicine. (2016). Thai traditional medicine at a glance. Bangkok: Ministry of Public Health, Thailand. Accessed 23 Apr. 2025. https://tpd.dtam.moph.go.th/wp-content/uploads/2023/08/e-book-oic-004.pdf

Global Wellness Institute. (2023). Global Wellness Economy Report. Accessed 23 Apr. 2025. https://globalwellnessinstitute.org

Global Wellness Institute. (2024). Global Wellness Economy Report. Accessed 23 Apr. 2025. https://globalwellnessinstitute.org

Global Wellness Institute (2024). Global Wellness Economy Monitor 2024. Accessed 23 May. 2026. www.globalwellnessinstitute.org

Global Wellness Institute. (2026). Wellness Tourism. Accessed 29 May. 2026. https://globalwellnessinstitute.org/what-is-wellness/what-is-wellness-tourism/?utm_source=chatgpt.com

Global Wellness Institute. (2026). Wellness Policy for Wellness in Tourism. Accessed 29 May. 2026. https://globalwellnessinstitute.org/what-is-wellness-policy/wellness-policy-for-wellness-in-tourism/?utm_source=chatgpt.com

Kemperman, A. (2021). A review of research into discrete choice experiments in tourism: Launching the Annals of Tourism Research curated collection on discrete choice experiments in tourism. Annals of Tourism Research. (87): 103137. https://doi.org/10.1016/j.annals.2020.103137.

Smith, M., & Puczkó, L. (2014). Health, Tourism and Hospitality: Spas, Wellness and Medical Travel. Routledge. Accessed 23 Apr. 2025. file:///C:/Users/USER/Downloads/10.4324_9780203083772_previewpdf.pdf

Shun Wang, Ophelia Yeung, Katherine Johnston and Tonia Callender. (2023). Health, Happiness, and the Wellness Economy: An Empirical Analysis. Accessed 23 Apr. 2025. https://www.researchgate.net/publication/369974813_Health_Happiness_and_the_Wellness_Economy_An_Empirical_Analysis.

Tourism Review, 66(1/2), 16–30. Accessed 23 Apr. 2025. https://www. researchgate.net/publication/242023593_Wellness_tourists_ In_search_ of_transformation

United Nations. (2015). Transforming our world: The 2030 agenda for sustainable development.

United Nations. (2015). Sustainable Development Goals. Accessed 29 May. 2026. https://sdgs.un.org/goals.

Voigt, C., Brown, G., & Howat, G. (2011). Wellness tourists: In search of transformation.

Wang Yunxuan, Yuan Ruikai and Nik Lukman Bin Nik Ibrahim. (2025). From Traditional to Modern: Cultural Integration and Innovation in Sustainable Architecture Design Education. Accessed 23 Apr. 2025. https://www.researchgate.net/publication/388342516_From_Traditional_to_Modern_Cultural_Integration_and_Innovation_in_Sustainable_Architectural_Design_Education.

Wellness Policy Series. (2568). Accessed 23 Apr. 2025. https://globalwellnessinstitute.org/wellness-policy-series/

World Health Organization. (2021). Mental health of older adults. Accessed 23 Apr. 2025. https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/mental-health- of-older-adults.

การประเมินและการคำนวณคาร์บอนเครดิตจากการผลิตข้าว: การทบทวนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและแนวทางลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

Assessment and Carbon Credit Quantification in Rice Production: A Review of Greenhouse Gas Emissions and Mitigation Strategies

อุดมศักดิ์ กิจทวี* สาวิตรี ม่วงศรี สิมนัส ตรีเดช มณฑล สุวรรณประภา และอนุชิต สวัสดิ์ตาล

Udomsak Kitthawee*, Savitree Moungsree, Simanata Threedeach, Montol Suwanprapa and Anuchit Sawattan

ศูนย์ที่ปรึกษาและประเมินก๊าซเรือนกระจกเพื่อความยั่งยืน คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต
**Corresponding Author E-mail Address : udomsak_kit@dusit.ac.th*

บทคัดย่อ

ข้าวเป็นพืชอาหารหลักของประชากรโลก แต่กระบวนการปลูกข้าวแบบนาน้ำท่วมเป็นแหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจกชนิดมีเทน (CH_4) และไนตรัสออกไซด์ (N_2O) ที่สำคัญ โดยมีส่วนต่อการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (CO_2eq) ในภาคเกษตรมากกว่า 10 % ของโลก การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากนาข้าวจึงเป็นประเด็นสำคัญที่ต้องสอดคล้องกับมาตรฐานการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นต์ของผลิตภัณฑ์ตาม ISO 14067 และแนวทางของ IPCC AR6 ว่าด้วยการบัญชีก๊าซเรือนกระจก การทบทวนวรรณกรรมในช่วงปี 2020–2025 นี้ มุ่งวิเคราะห์หลักฐานเชิงประจักษ์จากวารสารนานาชาติที่เกี่ยวข้องกับ (1) การจัดการน้ำ เช่น การให้น้ำแบบสลับเปียกและแห้ง (AWD) และการระบายน้ำระหว่างฤดูปลูก (2) การจัดการธาตุอาหารโดยใช้ปุ๋ยควบคุมการปลดปล่อยและสารยับยั้งเอนไซม์ (NBPT, DMPP) เพื่อลดการเกิดไนตรัสออกไซด์ และ (3) การใช้สารปรับปรุงดินประเภทซิลิเกตและยิปซัมซึ่งช่วยกระตุ้นการออกซิเดชันบริเวณรากและลดการเกิดมีเทนในชั้นดิน จากการรวบรวมข้อมูลพบว่า การให้น้ำแบบ AWD สามารถลดการปล่อยมีเทนได้ 35–70 % โดยไม่กระทบต่อผลผลิต สารยับยั้งไนตริฟิเคชันสามารถลดไนตรัสออกไซด์ได้ 20–50 % และการเติมซิลิเกตหรือยิปซัมสามารถลดมีเทนได้เพิ่มเติม 10–30 % โดยไม่เกิดผลเสียต่อคุณภาพผลผลิต การบูรณาการทั้งสามแนวทางในระบบเดียวกันสามารถลดคาร์บอนฟุตพริ้นต์ของข้าวได้ถึง 1.0–3.0 $tCO_2eq/ha/year$ ซึ่งเป็นพื้นฐานสำหรับการรับรองข้าวคาร์บอนต่ำในอนาคต

คำสำคัญ: ข้าวคาร์บอนต่ำ, ก๊าซเรือนกระจก, AWD, ยิปซัม, คาร์บอนเครดิต

Abstract

Rice is a staple food for more than half of the global population; however, flooded paddy rice cultivation is recognized as a major source of greenhouse gas (GHG) emissions, particularly methane (CH_4) and nitrous oxide (N_2O). These emissions contribute more than 10% of global agricultural carbon dioxide equivalent (CO_2e) emissions. Therefore, mitigating GHG emissions from rice cultivation has become a critical strategy for climate mitigation and sustainable agricultural development, consistent with the carbon footprint accounting framework under ISO 14067 and the greenhouse gas inventory guidelines of the IPCC AR6. This review synthesizes and critically evaluates recent scientific evidence published between 2020 and 2025 regarding three major mitigation approaches in rice production systems: (1) water management practices, particularly Alternate Wetting and Drying (AWD) and mid-season drainage; (2) nutrient management strategies using controlled-release fertilizers and nitrification/urease inhibitors such as NBPT and DMPP to reduce N_2O emissions; and (3) soil amendment applications, including silicate- and gypsum-based materials, which enhance rhizosphere oxidation and suppress CH_4 production in paddy soils. The reviewed studies consistently demonstrated that AWD can reduce CH_4 emissions by approximately 35–70% without significant yield reduction. In addition, nitrification inhibitors were reported to reduce N_2O emissions by 20–50%, while silicate and gypsum amendments further decreased CH_4 emissions by approximately 10–30% without adversely affecting grain quality or productivity. The integration of these mitigation practices within a single rice production system could reduce the carbon footprint of rice by approximately 1.0–3.0 $tCO_2eq/ha/year$, thereby providing a scientific foundation for future low-carbon rice certification and carbon credit mechanisms

Keywords: Low-carbon rice; Greenhouse gases; Alternate Wetting and Drying (AWD); Gypsum; Carbon credit

บทนำ

ข้าว (Oryza sativa L.) เป็นพืชอาหารหลักของโลกและเป็นแหล่งปล่อยก๊าซมีเทน (CH_4) ที่สำคัญจากสภาพไร้ออกซิเจนในดิน ระบบน้ำท่วมทำให้เกิดกระบวนการสร้างก๊าซมีเทนโดยจุลินทรีย์ (Methanogenesis) สูง การลดก๊าซเรือนกระจก (GreenHouse Gas: GHGs) ในข้าวจึงมีความสำคัญต่อการบรรเทาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (climate mitigation) ข้าวมีพื้นที่เพาะปลูกมากกว่า 160 ล้านเฮกตาร์ทั่วโลก และมีบทบาทสำคัญต่อความมั่นคงทางอาหาร โดยเฉพาะในภูมิภาคเอเชียที่มีสัดส่วนการบริโภคข้าวมากกว่า 80% ของโลก อย่างไรก็ตาม ระบบการผลิตข้าว โดยเฉพาะการปลูกในระบบนาน้ำท่วม (Flooded rice system) เป็นหนึ่งในแหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญในภาคเกษตร โดยเฉพาะก๊าซมีเทน (CH_4) และไนตรัสออกไซด์ (N_2O) ซึ่งมีศักยภาพในการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน (Global Warming Potential: GWP) สูงกว่าคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) อย่างมีนัยสำคัญ ตามรายงานของ Intergovernmental Panel on Climate Change ระบุว่าการปล่อย มีเทน จากนาข้าวคิดเป็นประมาณ 8–12% ของการปล่อยมีเทนทั่วโลก และมีส่วนสำคัญต่อการปล่อยก๊าซเรือน

กระจกในภาคเกษตร ซึ่งเมื่อแปลงเป็นคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (CO_2eq) แล้ว ระบบการผลิตข้าวมีการปล่อยเฉลี่ยอยู่ที่ 2.7–5.5 t CO_2eq/ha/season ขึ้นอยู่กับระบบการจัดการน้ำ ปุ๋ย และชนิดของดิน (IPCC (2019 Refinement), 2019)

กลไกการเกิดก๊าซเรือนกระจกในนาข้าว

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกในนาข้าวเกิดจากกระบวนการทางชีวเคมีในดินภายใต้สภาวะไร้ออกซิเจน (Anaerobic conditions) ซึ่งเกิดจากการขังน้ำเป็นระยะเวลานาน กระบวนการสร้างก๊าซมีเทนโดยจุลินทรีย์ (Methanogenesis) ในสภาวะที่ดินมีน้ำท่วมขัง จุลินทรีย์กลุ่มมีเทนโนเจน (methanogens) จะย่อยสลายอินทรียวัตถุ เช่น ฟางข้าว ผ่านกระบวนการ fermentation และ reduction ส่งผลให้เกิด มีเทน

$$CO_2 + 4H_4 \rightarrow CH_4 + 2H_2O$$

โดย มีเทน จะถูกปล่อยออกสู่บรรยากาศผ่าน 3 กลไกหลัก คือ การแพร่ (Diffusion) ผ่านน้ำ, การเกิดฟองพลุ่งพล่าน (Ebulltion) และ การขนส่งที่พืชเป็นตัวกลาง (plant-mediated transport) ฝ่ายท่อลำเลียงของต้นข้าว (Saunois et.al., 2020)

ในส่วนของการเกิดไนตรัสออกไซด์ (N_2O) เกิดจากกระบวนการไนตริฟิเคชั่น (Nitrification) และกระบวนการดีไนตริฟิเคชั่น (Denitrification) โดยเฉพาะในช่วงที่มีการเปลี่ยนแปลงสภาพน้ำ เช่น การปลูกแบบเปียกสลับแห้ง (Alternate Wetting and Drying: AWD) ดังสมการ

$$NH_4^+ \rightarrow NO_3^- \rightarrow N_2O$$

แม้ไนตรัสออกไซด์จะปล่อยในปริมาณน้อยกว่า มีเทน แต่มีค่าศักยภาพในการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อนสูงถึง 273 เท่าของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์(IPCC AR6)

สัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากระบบการผลิตข้าว จากการสังเคราะห์ข้อมูลระดับโลก พบว่า

ตารางที่ 1 ร้อยละของการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากระบบการผลิตข้าว

แหล่งกำเนิด	สัดส่วน (%)
CH_4 จากดิน	60–80
N_2O จากปุ๋ย	5–20
CO_2 จากพลังงาน/เครื่องจักร	5–15

ที่มา: Zhao et al., 2024

ระบบคาร์บอนเครดิต (Carbon Credit) เป็นกลไกทางเศรษฐศาสตร์ที่ให้แรงจูงใจแก่เกษตรกรในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาคข้าว การลดมีเทนผ่านเทคนิค เช่น Alternative Wetting and Drying(AWD) , ลดปุ๋ยไนโตรเจน และใช้ไบโอชา ซึ่ง สามารถสร้างคาร์บอนเครดิตได้ประมาณ 1.0–2.5 t CO_2eq/ha/season

การคำนวณคาร์บอนเครดิตต้องอ้างอิงมาตรฐาน เช่น ISO 14067 (Carbon Footprint), IPCC Guidelines, Verra (VCS), Gold Standard และ Sustainable Rice Platform ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการกำหนดวิธีการคำนวณ การตรวจสอบ และการรับรองคาร์บอนเครดิตในระดับสากล

การทบทวนมาตรฐานก๊าซเรือนกระจกในระดับนานาชาติและระดับประเทศ

การประเมินและคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gas: GHG) ในระบบการผลิตข้าวจำเป็นต้องอาศัยกรอบมาตรฐานที่ได้รับการยอมรับในระดับสากล เพื่อให้ผลลัพธ์สามารถเปรียบเทียบ ตรวจสอบ และนำไปใช้ในกลไกทางเศรษฐศาสตร์ เช่น คาร์บอนเครดิต ได้อย่างถูกต้องและโปร่งใส โดยมาตรฐานที่สำคัญประกอบด้วยแนวทางของ Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), มาตรฐาน ISO 14067 สำหรับคาร์บอนฟุตพริ้นต์ของผลิตภัณฑ์ และมาตรฐานการรับรองคาร์บอนเครดิต เช่น Verra, Gold Standard และ Sustainable Rice Platform (SRP) ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการกำหนดแนวทางการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาคเกษตร โดยเฉพาะในระบบการผลิตข้าว (IPCC, 2019; ISO, 2018; Wassmann et al., 2021)

มาตรฐาน IPCC และแนวทางการคำนวณก๊าซเรือนกระจกในระบบนาข้าว

IPCC เป็นองค์กรหลักที่พัฒนาแนวทางการประเมินก๊าซเรือนกระจกในระดับโลก โดยเฉพาะในภาคเกษตร แนวทาง IPCC 2006 และการปรับปรุงในปี 2019 (IPCC 2019 Refinement) ได้กำหนดวิธีการคำนวณการปล่อยมีเทนและไนตรัสออกไซด์จากระบบนาข้าวไว้อย่างเป็นระบบการปล่อยก๊าซมีเทน (CH_4) จากนาข้าวคำนวณโดยใช้สมการทั่วไปดังนี้

$$CH_4 = EF \times A \times t$$

โดยที่ EF คือค่า emission factor (kg CH_4/ha/day)
A คือพื้นที่เพาะปลูก
t คือระยะเวลาการเพาะปลูก

IPCC ได้แบ่งระดับความแม่นยำของข้อมูลออกเป็น 3 ระดับ ได้แก่ Tier 1, Tier 2 และ Tier 3 โดย Tier 1 ใช้ค่า default, Tier 2 ใช้ค่าที่ปรับตามภูมิภาค, Tier 3 ใช้แบบจำลองหรือข้อมูลภาคสนาม สำหรับระบบนาข้าว IPCC แนะนำให้ใช้ Tier 2 หรือ Tier 3 เพื่อเพิ่มความแม่นยำ โดยเฉพาะในประเทศที่มีข้อมูลภาคสนามเพียงพอ เช่น ประเทศไทย (IPCC, 2019) งานวิจัยหลายฉบับยืนยันว่าการใช้ Tier 2 สามารถลดความคลาดเคลื่อนของการประเมินมีเทนได้มากกว่า 30% เมื่อเทียบกับ Tier 1 (Yan et al., 2009; Zhao et al., 2024)

มาตรฐาน ISO 14067 และการประเมิน Carbon Footprint

มาตรฐาน ISO 14067 เป็นมาตรฐานสากลสำหรับการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นต์ของผลิตภัณฑ์ โดยกำหนดหลักการสำคัญ ได้แก่ 1)การกำหนดหน่วยหน้าที่ (Functional Unit) เช่น kg CO_2eq ต่อ kg ข้าว 2)การกำหนดขอบเขตระบบ (System Boundary) เช่น cradle-to-farm gate 3)การรวบรวมข้อมูล LCI (Life Cycle Inventory) 4)การคำนวณผลกระทบ (Impact Assessment) 5)การรายงานผล (Reporting) ในระบบข้าว ISO 14067 ครอบคลุมตั้งแต่ การผลิตเมล็ดพันธุ์ การใช้ปุ๋ย การใช้พลังงาน การปล่อย CH_4/N_2O จากดิน งานของ Wang et al. (2024) พบว่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของข้าวในจีนอยู่ที่ประมาณ 1.8–

3.2 kg CO_2eq/kg ข้าว ขึ้นอยู่กับระบบการจัดการ ขณะที่ในประเทศไทย รายงานของ Jirapornvaree et al. (2021) พบว่าข้าวหอมมะลิมีค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์อยู่ที่ประมาณ 2.5–4.0 kg CO_2eq/kg ข้าว

มาตรฐานคาร์บอนเครดิตระดับสากล

(1) Verra (VCS – Verified Carbon Standard) Verra เป็นมาตรฐานคาร์บอนเครดิตที่ได้รับการยอมรับในระดับโลก โดยมี methodology สำหรับภาคเกษตร เช่น VM0044 (Improved Agricultural Land Management) ซึ่งสามารถใช้กับการลดมีเทนในระบบนาข้าว

(2) Gold Standard เน้นโครงการที่มีผลกระทบต่อการพัฒนาที่ยั่งยืน (SDGs) โดยการลดมีเทนจาก AWD ถือเป็นหนึ่งในแนวทางสำคัญ

(3) Sustainable Rice Platform (SRP) เป็นมาตรฐานเฉพาะสำหรับข้าว โดยมีตัวชี้วัดด้านสิ่งแวดล้อม เช่น Water use efficiency, GHG emissions, Fertilizer management งานวิจัยของ Wassmann et al. (2021) แสดงให้เห็นว่าเกษตรกรที่ใช้มาตรฐาน SRP สามารถลดก๊าซเรือนกระจกได้ถึง 20–50%

มาตรฐานในประเทศไทย

ประเทศไทยมีระบบการจัดการคาร์บอนเครดิตภายใต้การดูแลขององค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (TGO) โดยมีโครงการสำคัญ ได้แก่ T-VER (Thailand Voluntary Emission Reduction Program) เป็นระบบคาร์บอนเครดิตภาคสมัครใจของประเทศไทย ซึ่งมี methodology สำหรับนาข้าว เช่น การจัดการน้ำแบบ AWD และ การลดการใช้ปุ๋ย โดยข้อมูลจาก TGO ระบุว่า การใช้ AWD สามารถลดการปล่อยมีเทนได้ประมาณ 30–60%

ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบมาตรฐาน

มาตรฐาน	จุดเด่น	การใช้งานในข้าว
IPCC	แนวทางคำนวณพื้นฐาน	ใช้คำนวณ CH_4/N_2O
ISO 14067	LCA และ CFP	ใช้คำนวณ carbon footprint
Verra	คาร์บอนเครดิต	ใช้ขายเครดิต
Gold Standard	SDGs	เพิ่มมูลค่า
SRP	มาตรฐานข้าวยั่งยืน	ใช้ในภาคเกษตร
T-VER	มาตรฐานไทย	ใช้ในประเทศ

การผลิตข้าวของประเทศไทยเทียบระดับโลก และสัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

ข้าว (Oryza sativa L.) เป็นพืชเศรษฐกิจที่มีบทบาทสำคัญต่อระบบอาหารโลก โดยมีพื้นที่เพาะปลูกประมาณ 160–165 ล้านเฮกตาร์ทั่วโลก และมีผลผลิตรวมมากกว่า 750 ล้านตันต่อปี (FAO, 2023) ประเทศในเอเชียเป็นผู้ผลิตหลัก โดยคิดเป็นมากกว่า 90% ของผลผลิตทั้งหมด ขณะที่ประเทศไทยเป็นหนึ่งในผู้ส่งออกข้าวรายสำคัญของโลก แม้จะมีสัดส่วนการผลิตน้อยกว่าประเทศขนาดใหญ่ เช่น จีนและอินเดีย อย่างไรก็ตาม การผลิตข้าวมีความเชื่อมโยงโดยตรงกับการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (GHG) โดยเฉพาะก๊าซมีเทน (CH_4) จากนาข้าวแบบน้ำท่วม และไนตรัสออกไซด์ (N_2O) จากการใช้ปุ๋ยไนโตรเจน ซึ่งส่งผลให้ภาคการผลิตข้าวเป็นหนึ่งในแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญของภาคเกษตร (IPCC, 2019)

ประเทศผู้ผลิตหลักของโลก ข้อมูลจาก FAO (2023) ระบุว่าประเทศผู้ผลิตข้าวหลัก ได้แก่ จีน (~28%) อินเดีย (~24%) อินโดนีเซีย (~7%) บังกลาเทศ (~7%) เวียดนาม (~5%) ไทย (~4–5%) ประเทศไทยแม้มีสัดส่วนการผลิตเพียงประมาณ 4–5% ของโลก แต่มีบทบาทสำคัญในฐานะผู้ส่งออก โดยคิดเป็นประมาณ 15–20% ของการค้าข้าวโลก

พื้นที่เพาะปลูกและผลผลิตทั่วโลกมีพื้นที่ปลูกข้าวประมาณ 160 ล้านเฮกตาร์ โดยมีผลผลิตเฉลี่ย 4.5–5.0 ตัน/เฮกตาร์ ในขณะที่ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกข้าวประมาณ 60–65 ล้านไร่ (≈9–10 ล้านเฮกตาร์) แต่มีผลผลิตเฉลี่ยต่ำกว่าโลก คือประมาณ 2.8–3.2 ตัน/เฮกตาร์ ซึ่งสะท้อนถึงระบบการผลิตที่ยังพึ่งพาน้ำฝนและมีประสิทธิภาพต่ำในบางพื้นที่ (Office of Agricultural Economics [OAE], 2022)

การผลิตข้าวของประเทศไทย โครงสร้างการผลิตประเทศไทยแบ่งการปลูกข้าวออกเป็น นาปี (Rainfed rice) ~70% นาปรัง (Irrigated rice) ~30% โดยนาปีมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่ำกว่าเนื่องจากมีน้ำท่วมไม่ต่อเนื่อง ขณะที่นาปรังมีการปล่อยมีเทนสูงกว่าเนื่องจากการขังน้ำต่อเนื่อง (TGO, 2022) การผลิตข้าวในประเทศไทยมีลักษณะสำคัญ ได้แก่ ใช้น้ำประมาณ 1500–3000 ลิตร/กิโลกรัมข้าว ใช้ปุ๋ยไนโตรเจนประมาณ 50–120 kg N/ha ใช้แรงงานและเครื่องจักรในระดับปานกลาง การใช้ทรัพยากรเหล่านี้ส่งผลต่อคาร์บอนฟุตพริ้นท์โดยตรง โดยเฉพาะการใช้ปุ๋ยและน้ำ (Wassmann et al., 2021) การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตข้าวในระดับโลก ในการผลิตข้าวมีส่วนในการปล่อยก๊าซเรือนกระจกดังนี้ CH_4 60–80%, N_2O 5–20%, CO_2 5–15% (Zhao et al., 2024) ค่าก๊าซเรือนกระจกต่อพื้นที่ ค่าเฉลี่ยทั่วโลก 2.7 – 5.5 t CO_2eq/ha/season ในเอเชียสูงถึง 6–8 t CO_2eq/ha ในบางระบบน้ำท่วมต่อเนื่องในประเทศไทยจะมีค่าก๊าซเรือนกระจกประมาณ 3.0 – 5.0 t CO_2eq/ha (Jirapornvaree et al., 2021; IPCC, 2019) ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ต่อ kg(ข้าวเปลือก) ประเทศจีนประมาณ 1.8 – 3.2 CO_2eq/kg(ข้าวเปลือก) ประเทศอินเดียประมาณ 2.5 – 4.5 CO_2eq/kg(ข้าวเปลือก) ประเทศไทยประมาณ 2.5 – 4.0 CO_2eq/kg(ข้าวเปลือก) และประเทศเวียดนามประมาณ 1.5 – 3.0 CO_2eq/kg(ข้าวเปลือก) (Wang et al., 2024; Jirapornvaree et al., 2021) เมื่อเปรียบเทียบก๊าซเรือนกระจกในข้าวและพืชชนิดอื่น ข้าวประมาณ 2.5 – 4.0 CO_2eq/kg , ข้าวสาลีประมาณ 0.8 – 1.5 CO_2eq/kg , ข้าวโพดประมาณ 0.6 – 1.2 CO_2eq/kg และ ถั่วเหลืองประมาณ 0.5 – 1.0 CO_2eq/kg (Poore & Nemecek, 2018) ซึ่งเห็นได้ว่า ข้าวมีค่าก๊าซเรือนกระจกสูงกว่าพืชอื่น ทั้งนี้เนื่องจากการปล่อยมีเทนจากระบบการปลูกแบบน้ำท่วม ทั้งนี้สัดส่วนในภาคเกษตรระดับโลกภาคเกษตรปล่อยก๊าซเรือนกระจก~20–25% โดยข้าวคิดเป็นประมาณ 10–12% ของมีเทนโลก (IPCC, 2019) สัดส่วนก๊าซเรือนกระจกของข้าวในประเทศไทย ข้อมูลจาก TGO (2022) ภาคเกษตรไทยประมาณ 15–20% ของก๊าซเรือนกระจกทั้งประเทศ และ ข้าวอยู่ในสัดส่วนประมาณ 50–60% ของภาคเกษตร หรือ ข้าวคิดเป็นประมาณ 8–10% ของก๊าซเรือนกระจกประเทศไทย

ปัจจัยที่ทำให้ประเทศไทยมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงหรือต่ำนั้น แบ่งเป็น ปัจจัยเพิ่มก๊าซเรือนกระจกได้แก่ การขังน้ำต่อเนื่อง, การใส่ปุ๋ยเกินความจำเป็น, การไถกลบฟาง ในส่วนปัจจัยลดก๊าซเรือนกระจกได้แก่ AWD, การใช้ปุ๋ยอย่างเหมาะสม, การใช้ไบโอชาร์ (biochar) หรือ ยิมซั่ม
(Zhao et al., 2024) ทั้งนี้ยังมีความแตกต่างระหว่างภูมิภาคอีกด้วย โดย เอเชียใต้มีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกคิดเป็น 4–8 tCO_2eq/ha เอเชียตะวันออกเฉียงใต้มีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกคิดเป็น 3–6 tCO_2eq/ha สหรัฐอเมริกามีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกคิดเป็น 2–5 tCO_2eq/ha และ แอฟริกามีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกคิดเป็น 1–4 tCO_2eq/ha (Wassmann et al., 2021) โดยแนวโน้มการผลิตข้าวในอนาคตทั่วโลกจะมีแนวโน้มการผลิตข้าวโดยลดก๊าซเรือนกระจกมากกว่า 30 % และยังต้องเพิ่มผลผลิตมากกว่า 20 % เพื่อให้สอดคล้องกับนโยบาย Net Zero และ Paris Agreement (IPCC, 2021)

การผลิตและการดูดกลับก๊าซเรือนกระจกของข้าวตามสายพันธุ์และพื้นที่เพาะปลูก

การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (GHG) จากระบบการผลิตข้าวไม่ได้ขึ้นอยู่กับเพียงปัจจัยด้านการจัดการ เช่น น้ำหรือปุ๋ยเท่านั้น แต่ยังได้รับอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญจาก ลักษณะทางพันธุกรรมของข้าว (rice genotype) และ สภาพแวดล้อมของพื้นที่เพาะปลูก (agro-ecosystem) ซึ่งส่งผลต่อกระบวนการเกิด การเคลื่อนที่ และการดูดกลับของก๊าซเรือนกระจก โดยเฉพาะมีเทน (CH_4) และไนตรัสออกไซด์ (N_2O) งานวิจัยในช่วงทศวรรษที่ผ่านมาแสดงให้เห็นว่าความแตกต่างของสายพันธุ์ข้าวสามารถทำให้การปล่อยมีเทนแตกต่างกันได้มากกว่า 2–3 เท่า ภายใต้สภาพแวดล้อมเดียวกัน (Arai et al., 2018; Jiang et al., 2017) ซึ่งเป็นผลมาจากความแตกต่างของโครงสร้างราก ระบบการลำเลียงก๊าซ และความสามารถในการปล่อยออกซิเจนสู่ดิน (radial oxygen loss: ROL) นอกจากนี้ ความแตกต่างของพื้นที่เพาะปลูก เช่น ดินเหนียว ดินร่วน หรือดินทราย รวมถึงสภาพภูมิอากาศ ยังส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงศักย์รีดอกซ์ (redox potential) และกิจกรรมของจุลินทรีย์ ซึ่งเป็นตัวควบคุมหลักของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในระบบนาข้าว (Conrad, 2020)

กลไกทางสรีรวิทยานั้น สายพันธุ์ข้าวมีผลต่อการปล่อยมีเทนผ่าน 3 กลไกหลัก ได้แก่

การลำเลียงก๊าซผ่านลำต้น (Plant-mediated transport) ข้าวมีโครงสร้าง aerenchyma ที่ช่วยลำเลียงก๊าซจากดินสู่บรรยากาศ โดยสายพันธุ์ที่มี aerenchyma มากจะปล่อยมีเทนสูงขึ้น

การปล่อยออกซิเจนจากราก (Radial oxygen loss: ROL) การปล่อยออกซิเจนจากรากช่วยยับยั้ง methanogenesis และกระตุ้น methane oxidation

ปริมาณชีวมวลราก (Root biomass) โดยยิ่งมีรากมากจะทำให้มีอินทรียวัตถุมากจึงส่งผลให้มีเทนมากตามไปด้วย

โดยความแตกต่างของสายพันธุ์นั้นงานของ Jiang et al. (2017) พบว่าสายพันธุ์ indica ปล่อยมีเทนสูงกว่าสายพันธุ์ japonica ประมาณ 20–40% อีกทั้งสายพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูงมักปล่อยมีเทนมากกว่า ในขณะที่ Arai et al. (2018) พบว่าความแตกต่างของพันธุ์ทำให้มีเทนแตกต่างกันได้มากถึง 2.5 เท่า

การดูดกลับมีเทน(Methane oxidation) เกิดจากจุลินทรีย์ methanotrophs โดยสายพันธุ์ที่ปล่อยออกซิเจนมาก จะเพิ่ม methane oxidation ได้ประมาณ 15–30% (Krause et al., 2010)

ทั้งนี้ประเภทของดินยังสามารถเป็นปัจจัยต่อการปลดปล่อยมีเทนอีกด้วย โดยดินที่มีการปลดปล่อยมีเทนสูงคือดินเหนียว รองลงมาคือดินร่วน และ ดินทรายถือว่าเป็นดินประเภทที่มีการปลดปล่อยมีเทนต่ำที่สุด เพราะดินเหนียวมีการระบายอากาศต่ำ ทำให้เกิดสภาวะ anaerobic มาก (Conrad , 2020) และ สภาพของอากาศก็ส่งผลต่อการเพิ่มหรือลดของมีเทนถ้าอุณหภูมิสูงขึ้นมีเทนก็จะเพิ่มขึ้น ถ้าความชื้นสูงขึ้นมีเทนก็จะเพิ่มขึ้น โดยสามารถประมาณได้ว่ามีเทนเพิ่มขึ้นประมาณ 5-10 % ต่ออุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น 1 $^{\circ}$C (Tian et al., 2020)

ในการดูดกลับของคาร์บอน (Carbon Sequestration) นั้น แม้เข้าวจะปลดปล่อยมีเทนก็ตามแต่ก็มีการดูดกลับคาร์บอนผ่าน ชีวมวลของพืช (Biomass) และ อินทรียวัตถุในดิน (Soil Organic Carbon; SOC) โดยสามารถสะสมคาร์บอนในดินได้ประมาณ 0.1 – 0.3 tC/ha/year (Lal, 2020)

กระบวนการผลิต

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตข้าวในแต่ละขั้นตอนพอจะอธิบายได้ดังนี้ การผลิตข้าวเป็นระบบการผลิตที่มีความซับซ้อน โดยประกอบด้วยหลายกระบวนการตั้งแต่การเตรียมดิน การเพาะปลูก การจัดการน้ำ การใช้ปุ๋ย ไปจนถึงการเก็บเกี่ยวและการแปรรูป ซึ่งแต่ละขั้นตอนล้วนมีส่วนในการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gas: GHG) ในสัดส่วนที่แตกต่างกัน การทำความเข้าใจแหล่งกำเนิดของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในแต่ละขั้นตอนจึงมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการออกแบบมาตรการลดการปล่อยและการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นต์ของข้าว จากการศึกษาระดับสากลพบว่า การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตข้าวสามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มหลัก ได้แก่ 1)การปล่อยโดยตรง (Direct emissions) เช่นมีเทนและไนตรัสออกไซด์จากดิน และ 2)การปล่อยทางอ้อม (Indirect emissions) เช่นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการผลิตปุ๋ยและการใช้พลังงาน โดยรวมแล้วการปล่อยมีเทนจากดินคิดเป็นสัดส่วนมากที่สุดถึงประมาณ 60–80% ของก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดในระบบการผลิตข้าว (Zhao et al., 2024)

การเตรียมดิน (Land Preparation) เป็นขั้นตอนแรกของการผลิตข้าว ซึ่งมักเกี่ยวข้องกับการไถพรวนและการปรับระดับพื้นที่ โดยใช้เครื่องจักรกลทางการเกษตรที่ใช้น้ำมันดีเซลเป็นหลัก การปล่อยก๊าซเรือนกระจกในขั้นตอนนี้เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิง (CO_2 emission) การปล่อยไนตรัสออกไซด์เล็กน้อยจากดิน โดยทั่วไป การเตรียมดินมีส่วนในการปล่อยก๊าซเรือนกระจกประมาณ 5–10% ของ total emissions (Jirapornvaree et al., 2021) แม้ว่าสัดส่วนจะไม่สูง แต่ในระบบการผลิตขนาดใหญ่การลดการใช้เครื่องจักรหรือใช้เทคนิค minimum tillage สามารถลดการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ได้อย่างมีนัยสำคัญ

การปลูกและการจัดการน้ำ (Water Management) เป็นปัจจัยที่มีผลมากที่สุดต่อการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยเฉพาะมีเทนในระบบนาข้าวแบบน้ำท่วม (Continuous Flooding) จะเกิดสภาพไร้ออกซิเจน (anaerobic condition) ซึ่งเหมาะสมต่อการทำงานของจุลินทรีย์ methanogens ทำให้เกิดมีเทนจำนวนมาก การปล่อยมีเทนในขั้นตอนนี้คิดเป็น 60–80% ของ total GHG emissions (Zhao et al., 2024) ในทางตรงกันข้าม การใช้ระบบ Alternate Wetting and Drying (AWD) สามารถลดการปล่อยมีเทนได้ประมาณ 35–70% เนื่องจากการเติมอากาศเข้าสู่ดินช่วยยับยั้ง methanogenesis และเพิ่ม methane oxidation

การใช้ปุ๋ย (Fertilizer Application) ไนโตรเจนเป็นแหล่งสำคัญของการปล่อยไนตรัสออกไซด์ซึ่งมีค่าศักยภาพในการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อนสูง การปล่อยไนตรัสออกไซด์จากปุ๋ยคิดเป็นประมาณ 5–20% ของ total emissions (IPCC, 2019) โดยเฉพาะการใช้ปุ๋ยยูเรีย (urea) จะทำให้เกิดกระบวนการ nitrification และ denitrification ซึ่งนำไปสู่การปล่อยไนตรัสออกไซด์ งานของ Tian et al. (2020) พบว่าการใช้ปุ๋ยเกินความต้องการสามารถเพิ่มการปล่อยไนตรัสออกไซด์ได้ถึง 50% นอกจากนี้ การผลิตปุ๋ยเองยังปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในกระบวนการอุตสาหกรรม ซึ่งถือเป็น indirect emission

การจัดการเศษซากพืช (Residue Management) การไถกลบฟางข้าวเป็นปัจจัยสำคัญที่เพิ่มการปล่อยมีเทนเนื่องจากฟางเป็นแหล่งคาร์บอนสำหรับจุลินทรีย์ methanogens การเพิ่มอินทรียวัตถุในดินสามารถเพิ่มมีเทนได้ 20–40% (Conrad, 2020) อย่างไรก็ตาม การเผาฟางจะลดมีเทนแต่เพิ่มก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และ PM2.5 ซึ่งมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

การใช้พลังงานและเครื่องจักร (Energy Use) การใช้พลังงานในขั้นตอนต่าง ๆ เช่น การสูบน้ำ การเก็บเกี่ยว การขนส่งเป็นแหล่งปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์คิดเป็นประมาณ 5–15% ของ total emissions (Wassmann et al., 2021) ทั้งนี้ การใช้พลังงานไฟฟ้าหรือพลังงานหมุนเวียนสามารถลดการปล่อยในส่วนนี้ได้

การเก็บเกี่ยวและการแปรรูป (Harvesting and Processing) ขั้นตอนหลังการเก็บเกี่ยว เช่น การอบข้าว การสีข้าว มีการใช้พลังงานสูง โดยเฉพาะในโรงสีสามารถปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในขั้นตอนนี้อยู่ที่ 5–10% ของ total emissions (Wang et al., 2024)

เมื่อพิจารณาในมุมมอง LCA (Life Cycle Assessment) การผลิตข้าวสามารถแบ่งเป็น Cradle-to-farm gate (จากเริ่มต้นถึงเก็บเกี่ยว) และ Cradle-to-mill gate (จากเก็บเกี่ยวถึงโรงสี) โดย cradle-to-farm gate ถือเป็นช่วงที่มีการปล่อยมีเทนมากที่สุด (Jirapornvaree et al., 2021)

การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการจัดการน้ำแบบ Alternate Wetting and Drying (AWD)

การจัดการน้ำเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลสูงสุดต่อการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากระบบการผลิตข้าว โดยเฉพาะการปล่อยก๊าซมีเทน (CH_4) ซึ่งเกิดจากกระบวนการเมทาโนเจเนซิสภายใต้สภาวะไร้ออกซิเจนในดิน การขังน้ำอย่างต่อเนื่องในระบบนาข้าวแบบดั้งเดิม (continuous flooding) เป็นสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดการสะสมของก๊าซมีเทนในดินและปล่อยสู่บรรยากาศในปริมาณสูง (IPCC, 2019) ในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา แนวทางการจัดการน้ำแบบ Alternate Wetting and Drying (AWD) ได้รับความสนใจอย่างแพร่หลาย เนื่องจากสามารถลดการปล่อยมีเทนได้อย่างมีนัยสำคัญ โดยไม่ส่งผลกระทบต่อผลผลิต หรืออาจเพิ่มผลผลิตในบางกรณี (Zhao et al., 2024) AWD เป็นเทคนิคที่อาศัยการปล่อยให้น้ำในนาลดระดับลงจนถึงจุดที่กำหนด (เช่น −15 cm จากผิวดิน) ก่อนเติมน้ำใหม่ ซึ่งส่งผลให้สภาพดินเปลี่ยนจาก anaerobic ไปเป็น aerobic เป็นระยะ ทำให้กระบวนการผลิตมีเทนลดลงและกระบวนการออกซิเดชันของมีเทนเพิ่มขึ้น

กลไกการลดการปล่อยมีเทนภายใต้ AWD เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพรีดอกซ์ในดิน ซึ่งส่งผลต่อกิจกรรมของจุลินทรีย์ ในระบบน้ำท่วมต่อเนื่อง ดินจะมีค่า การเปลี่ยนแปลงศักย์รีดอกซ์ ต่ำ (−200 ถึง −300 mV) ซึ่งเหมาะสำหรับ methanogens ในการผลิตมีเทนแต่เมื่อมีการระบายน้ำในระบบ AWD ค่า การเปลี่ยนแปลงศักย์รีดอกซ์ จะเพิ่มขึ้น (0 ถึง +200 mV) ส่งผลให้การทำงานของ methanogens ลดลง การทำงานของ methanotrophs เพิ่มขึ้น การแพร่ของออกซิเจนในดินเพิ่มขึ้น งานของ Conrad (2020) อธิบายว่า การเพิ่มออกซิเจนในดินเพียงเล็กน้อยสามารถลดการผลิตมีเทนได้มากกว่า 50% นอกจากนี้ การศึกษาของ Jiang et al. (2019) พบว่า AWD สามารถเปลี่ยนโครงสร้างของ microbial community โดยลด methanogens และเพิ่ม methane-oxidizing bacteria

ประสิทธิภาพของ AWD ในการลดก๊าซเรือนกระจกจากการสังเคราะห์ข้อมูลระดับโลก (meta-analysis) โดย Zhao et al. (2024) พบว่า AWD สามารถลดมีเทนได้เฉลี่ย 52% (หรือในช่วง 35–70%) สามารถเพิ่มไนตรัสออกไซด์เล็กน้อยประมาณ 5–15% ดังนั้นจึงสามารถลดศักยภาพในการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อนรวมประมาณ 30–50% ในขณะที่งานของ Li et al. (2024) ในประเทศจีนพบว่า AWD สามารถลดมีเทนได้ถึง 60% โดยไม่ลดผลผลิต ทั้งนี้ในประเทศไทย งานภายใต้โครงการของ TGO พบว่า AWD สามารถลดมีเทนได้ประมาณ 30–60%
(TGO, 2022)

ผลกระทบของ AWD ต่อผลผลิตนั้น AWD ไม่ได้ลดผลผลิต หากมีการจัดการที่เหมาะสม โดยมีผลดังนี้ ผลผลิตคงที่หรือเพิ่มขึ้น 0–10% เมื่อการใช้ปุ๋ยมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น การเจริญของรากดีขึ้น งานของ Lampayan et al. (2015) พบว่า AWD สามารถเพิ่ม water productivity ได้ถึง 20–30%

AWD ช่วยลดการใช้น้ำได้อย่างมีนัยสำคัญ โดยสามารถลดน้ำได้ประมาณ 20–40% ในบางพื้นที่อาจสูงถึง 50% (Bouman & Tuong, 2001)

ความสัมพันธ์กับ S-curve ของ methane oxidation ภายใต้ AWD การปล่อยมีเทนซึ่งแสดงพฤติกรรมแบบ S-curve คือ ช่วงน้ำท่วมมีเทนสูง พอเข้าสู่ช่วงดินเริ่มแห้งมีเทนจะลดลงเร็ว เมื่อเข้าสู่ช่วง aerobic ค่าของมีเทนต่ำ ซึ่งเกิดจากการเพิ่ม

methane oxidation Krause et al. (2010) อธิบายว่า methane oxidation เพิ่มขึ้น 15–30% ในช่วง drying phase เมื่อคำนวณให้เป็น Carbon Credit เทคโนโลยี AWD เป็นเทคโนโลยีหลักในโครงการคาร์บอนเครดิตในภาคข้าวสามารถลดการปลดปล่อยได้ 1.0–2.5 $tCO_2eq/ha/season$ (Wassmann et al., 2021)

ทั้งนี้ข้อจำกัดของ AWD ก็ยังมีผลกระทบ ได้แก่ ต้องมีระบบชลประทานที่ควบคุมได้ ต้องมีความรู้ในการจัดการน้ำ และอาจเพิ่ม N_2O เล็กน้อย โดยในประเทศไทยมีศักยภาพสูงในการใช้ AWD โดยเฉพาะในนาปรัง TGO รายงานว่าพื้นที่ศักยภาพ AWD มีมากกว่า 5 ล้านไร่

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ปุ๋ยในระบบการผลิตข้าว

การใช้ปุ๋ย โดยเฉพาะปุ๋ยไนโตรเจน (Nitrogen fertilizers) เป็นหนึ่งในปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในระบบการผลิตข้าว แม้ว่าการปล่อยก๊าซมีเทน (CH_4) จะเป็นแหล่งหลักของก๊าซเรือนกระจกในระบบนาข้าว แต่การปล่อยไนตรัสออกไซด์ (N_2O) จากการใช้ปุ๋ยมีความสำคัญเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากไนตรัสออกไซด์มีศักยภาพในการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน (Global Warming Potential: GWP) สูงกว่าคาร์บอนไดออกไซด์ถึงประมาณ 273 เท่า ตามรายงานของ IPCC AR6 (IPCC, 2021) การปล่อยไนตรัสออกไซด์ในระบบนาข้าวมีความสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณและรูปแบบของไนโตรเจนที่ใส่ลงในดิน รวมถึงสภาพแวดล้อม เช่น ความชื้น อุณหภูมิ และการจัดการน้ำ โดยเฉพาะในระบบ AWD ที่มีการเปลี่ยนแปลงระหว่างสภาพ aerobic และ anaerobic ซึ่งเอื้อต่อกระบวนการ nitrification และ denitrification (Tian et al., 2020)

กลไกการเกิดไนตรัสออกไซด์ในระบบนาข้าวนั้น การปล่อยไนตรัสออกไซด์เกิดจาก 2 กระบวนการหลัก ได้แก่ Nitrification เป็นกระบวนการออกซิเดชันของแอมโมเนีย (NH_4^+) ไปเป็นไนเตรต (NO_3^-) ภายใต้สภาวะ aerobic และ Denitrification เป็นกระบวนการรีดักชันของ NO_3^- ไปเป็น N_2O และ N_2 ภายใต้สภาวะ anaerobic ในระบบนาข้าว กระบวนการทั้งสองนี้เกิดสลับกันตามการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำ โดยเฉพาะในระบบ AWD ซึ่งทำให้เกิด "pulse emission" ของไนตรัสออกไซด์ในช่วงที่ดินเริ่มแห้ง (Butterbach-Bahl et al., 2013)

สัดส่วนการปล่อยไนตรัสออกไซด์ในระบบการผลิตข้าว จากการวิเคราะห์ระดับโลกพบว่าไนตรัสออกไซด์คิดเป็นประมาณ 5–20% ของ total GHG emissions ในระบบข้าว (Zhao et al., 2024) แม้ว่าสัดส่วนจะน้อยกว่ามีเทนแต่เนื่องจากค่าศักยภาพในการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อนสูง ทำให้มีผลต่อคาร์บอนฟุตพริ้นท์อย่างมีนัยสำคัญ

ประเภทของปุ๋ยและผลกระทบต่อก๊าซเรือนกระจก

ปุ๋ยยูเรีย (Urea) เป็นปุ๋ยที่ใช้มากที่สุดในระบบข้าว โดยมีข้อดีคือ ราคาถูก และ ให้ไนโตรเจนสูง ข้อเสียคือ สูญเสีย N สูง และเพิ่มไนตรัสออกไซด์ การใช้ยูเรียสามารถเพิ่มไนตรัสออกไซด์ได้ถึง 20–50% เมื่อใช้เกินความต้องการ (Tian et al., 2020)

ปุ๋ยแอมโมเนียม (Ammonium-based fertilizers) เช่น ammonium sulfate มีการปลดปล่อยไนตรัสออกไซด์ต่ำกว่ายูเรียเล็กน้อย เนื่องจากเปลี่ยนรูปช้ากว่า และ ลด nitrification

ปุ๋ยไนเตรต (Nitrate fertilizers) เช่น calcium nitrate มีการปลดปล่อยไนตรัสออกไซด์สูงที่สุด ซึ่งไม่เหมาะกับนาข้าว

ปุ๋ยควบคุมการปลดปล่อย (Controlled-release fertilizers) สามารถลดไนตรัสออกไซด์ได้ประมาณ 20–40% (Akiyama et al., 2010)

การใช้สารยับยั้ง (Inhibitors) เช่น Urease inhibitor (NBPT) สามารถลดการสูญเสีย NH_3 และ Nitrification inhibitor (DMPP, DCD) สามารถลดไนตรัสออกไซด์ได้ประมาณ 30–50% (Goglio et al., 2018)

ปริมาณปุ๋ยและการปล่อยก๊าซเรือนกระจกนั้นยังขึ้นอยู่กับปริมาณการใช้ การใช้ปุ๋ยมากเกินไปเป็นปัจจัยสำคัญเพิ่มไนตรัสออกไซด์แบบ exponential และ ลด efficiency อีกทั้งเมื่อนำปริมาณปุ๋ยไปคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์การผลิตปุ๋ยปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูง ทุกๆ 1 kg N fertilizer จะปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกประมาณ 3–6 $kgCO_2eq$ (Wang et al., 2024)

บทบาทของสารปรับปรุงดินต่อผลผลิตและการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในระบบการผลิตข้าว

สารปรับปรุงดิน (soil amendments) เป็นเครื่องมือสำคัญในการพัฒนาความอุดมสมบูรณ์ของดินและเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตข้าวในระบบเกษตรกรรมสมัยใหม่ โดยเฉพาะในบริบทของการเกษตรคาร์บอนต่ำ สารปรับปรุงดินไม่ได้มีบทบาทเพียงในการเพิ่มผลผลิต แต่ยังสามารถเปลี่ยนแปลงกระบวนการทางชีวธรณีเคมีในดิน ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (GHG) โดยเฉพาะก๊าซมีเทน (CH_4) และไนตรัสออกไซด์ (N_2O) สารปรับปรุงดินที่ได้รับความสนใจในปัจจุบัน ได้แก่ ยิปซัม (gypsum), โดโลไมต์ (dolomite), ซิลิกา (silica), แมกนีเซียม (magnesium compounds) และไบโอชาร์ (biochar) ซึ่งมีคุณสมบัติแตกต่างกันในการปรับปรุงโครงสร้างดิน ค่า pH ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุ และกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดิน (Lehmann & Joseph, 2015; Haynes, 2014)

ยิปซัม (Gypsum : $CaSO_4 \cdot 2H_2O$) เป็นสารปรับปรุงดินที่มีบทบาทสำคัญในการลดการปล่อยมีเทนในระบบนาข้าว กลไกสำคัญ ได้แก่ 1)การเพิ่มซัลเฟต (SO_4^{2-}) ซึ่งเป็น electron acceptor สำหรับ sulfate-reducing bacteria 2)การแข่งขันกับ methanogens 3)การลดการสร้างมีเทน งานวิจัยของ van Groenigen et al. (2013) พบว่า การใช้ยิปซัมสามารถลดมีเทนได้ประมาณ 10–30% ในขณะที่ Ali et al. (2019) รายงานว่าการใช้ยิปซัมสามารถลดมีเทนได้สูงสุดถึง 35% ในบางสภาพดิน นอกจากนี้ ยิปซัมยังช่วยปรับโครงสร้างดินและลดความเป็นกรด ซึ่งส่งผลต่อการเจริญเติบโตของรากข้าว

โดโลไมต์ (Dolomite) และแมกนีเซียม โดยโดโลไมต์ ($CaMg(CO_3)_2$) มีบทบาทในการเพิ่ม pH ของดินผลที่เกิดขึ้น ได้แก่ ลดความเป็นกรด, เพิ่ม availability ของธาตุอาหาร และ เพิ่ม microbial activity อย่างไรก็ตาม การเพิ่ม pH อาจเพิ่มการปล่อยไนตรัสออกไซด์ในบางกรณี งานของ Babu et al. (2016) พบว่า โดโลไมต์สามารถเพิ่มผลผลิตข้าวได้ 10–20% แต่ต้องควบคุมการใช้เพื่อหลีกเลี่ยงการเพิ่มไนตรัสออกไซด์

ซิลิกา (Silica) สามารถลดก๊าซเรือนกระจกได้ ซิลิกาเป็นธาตุสำคัญสำหรับข้าวและบทบาทหลัก ได้แก่ เพิ่มความแข็งแรงของลำต้น, เพิ่ม ROL (oxygen release), ลดมีเทนงานของ Ma & Yamaji (2015) ระบุว่าซิลิกาสามารถเพิ่ม methane oxidation และงานของ Liu et al. (2024) พบว่าสามารถลดมีเทนได้ 15–35% นอกจากนี้ยังเพิ่มผลผลิตข้าวได้ประมาณ 5–15%

ไบโอชาร์ (Biochar) เป็นวัสดุคาร์บอนที่ได้จากการเผา biomass ซึ่งทำให้มีคุณสมบัติ เพิ่ม porosity, เพิ่ม การดูดกลับของคาร์บอน, และลดการเกิดมีเทนงานของ Lehmann et al. (2021) พบว่า ไบโอชาร์สามารถลดมีเทนได้ 20–50% และเพิ่ม SOC ได้

บทสรุป

การเปลี่ยนผ่านสู่ระบบการผลิตข้าวคาร์บอนต่ำ (Low-carbon rice production) เป็นหนึ่งในยุทธศาสตร์สำคัญของโลกภายใต้กรอบความตกลงปารีส (Paris Agreement) ซึ่งมีเป้าหมายในการจำกัดการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิโลกไม่เกิน 1.5–2 °C โดยภาคเกษตร โดยเฉพาะการผลิตข้าว มีบทบาทสำคัญเนื่องจากเป็นแหล่งปล่อยก๊าซมีเทน (CH_4) และไนตรัสออกไซด์ (N_2O) ในปริมาณสูง (IPCC, 2021) ในบริบทของประเทศไทย การพัฒนาแนวทางลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากข้าวไม่เพียงแต่ช่วยลด

ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม แต่ยังสามารถสร้างมูลค่าเพิ่มทางเศรษฐกิจผ่านกลไกตลาดคาร์บอน (carbon market) และการรับรองมาตรฐานระดับสากล เช่น Sustainable Rice Platform (SRP), Verra (VCS), Gold Standard และ Article 6 ของ Paris Agreement

มาตรฐานสากลที่เกี่ยวข้องกับข้าวคาร์บอนต่ำ

Sustainable Rice Platform (SRP) เป็นมาตรฐานสากลที่พัฒนาโดยความร่วมมือระหว่าง UNEP และ IRRI เพื่อส่งเสริมการผลิตข้าวอย่างยั่งยืน โดยมีตัวชี้วัดด้านสิ่งแวดล้อม สังคม และเศรษฐกิจ SRP มีตัวชี้วัดสำคัญ เช่น การใช้น้ำ, การใช้ปุ๋ย, การปลดปล่อย GHG, การจัดการฟาง งานวิจัยพบว่าเกษตรกรที่ใช้ SRP สามารถลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ประมาณ 20–50% (Wassmann et al., 2021)

Verra (Verified Carbon Standard: VCS) เป็นมาตรฐานคาร์บอนเครดิตที่ได้รับการยอมรับในระดับโลก โดยมี methodology สำหรับภาคเกษตร เช่น VM0044: Improved Agricultural Land Management ในระบบข้าว สามารถใช้ AWD และการลดปุ๋ยไนโตรเจนเป็นกิจกรรมหลักในการลดการปล่อยมีเทนโครงการภายใต้ Verra สามารถสร้างคาร์บอนเครดิตได้ประมาณ 1.0–3.0 $tCO_2eq/ha/year$ (Verra, 2022)

Gold Standard เป็นมาตรฐานที่เน้นการพัฒนาที่ยั่งยืน (Sustainable Development Goals: SDGs) โดยมีข้อดีคือเพิ่มมูลค่าทางการตลาดและเชื่อมโยงกับ ESG โครงการข้าวภายใต้ Gold Standard สามารถสร้างรายได้เพิ่มจาก carbon credit

Article 6 (Paris Agreement) เป็นกลไกระหว่างประเทศสำหรับการซื้อขายคาร์บอนเครดิต แบ่งเป็น Article 6.2: Bilateral trading และ Article 6.4: Centralized mechanism ประเทศไทยสามารถใช้ Article 6 เพื่อส่งออก carbon credit จากข้าวไปยังตลาดต่างประเทศได้

มาตรฐานระดับประเทศ หรือ T-VER ประเทศไทยมีระบบ T-VER ภายใต้การดูแลขององค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (TGO) กิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับข้าว ได้แก่ AWD, การลดปุ๋ย, การใช้ไบโอชาร์ ข้อมูลจาก TGO ระบุว่าสามารถลดมีเทนได้ 30–60% และสร้างคาร์บอนเครดิตเพื่อการค้าได้ประมาณ 1.5 tCO_2eq/ha (TGO, 2022)

การวิเคราะห์ศักยภาพของประเทศไทย ประเทศไทยมีศักยภาพสูงในการพัฒนาข้าวคาร์บอนต่ำ เนื่องจากมีพื้นที่ปลูกข้าวขนาดใหญ่ (ประมาณ 10 ล้านเฮกตาร์) มีระบบชลประทานรองรับเพื่อทำ AWD และเกษตรกรมีความพร้อมในการปรับตัว หากนำ AWD ไปใช้ใน 50% ของพื้นที่จะสามารถลดก๊าซเรือนกระจกได้มากกว่า 15–20 ล้าน tCO_2eq/ปี (Zhao et al., 2024) ทั้งนี้อุปสรรคในการพัฒนาของประเทศนั้นยังต้องพึ่งระวัง แม้มีศักยภาพสูง แต่ยังมีข้อจำกัด เช่น ขาดความรู้ของเกษตรกร, ต้นทุนการปรับเปลี่ยน, ขาดระบบ MRV (Measurement, Reporting, Verification)

เอกสารอ้างอิง

Akiyama, H., Yan, X., & Yagi, K. (2010). Evaluation of effectiveness of enhanced-efficiency fertilizers as mitigation options for N_2O and NO emissions from agricultural soils: Meta-analysis. Global Change Biology 16(6): 1837–1846. https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2009.02031.x

Ali, M. A., Inubushi, K., Kim, P. J., & Amin, S. (2019). Management of sulfate application reduces methane emissions from rice paddy soils. Science of the Total Environment. 650: 1073–1081. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.09.120

Arai, H., Hadi, A., & Inubushi, K. (2018). Effects of rice variety on methane emission from paddy fields. Soil Science and Plant Nutrition. 64(3): 321–329. https://doi.org/10.1080/00380768.2018.1430027

Babu, J. Y., et al. (2016). Effect of dolomite application on soil properties and rice yield. Archives of Agronomy and Soil Science. 62(1): 1–12. https://doi.org/10.1080/03650340.2015.1048682

Bouman, B. A. M., & Tuong, T. P. (2001). Field water management to save water and increase productivity in irrigated lowland rice. Agricultural Water Management. 49(1): 11–30. https://doi.org/10.1016/S0378-3774(00)00128-1

Butterbach-Bahl, K., Baggs, E. M., Dannenmann, M., Kiese, R., & Zechmeister-Boltenstern, S. (2013). Nitrous oxide emissions from soils: How well do we understand the processes and their controls? Philosophical Transactions of the Royal Society B, 368(1621), 20130122. https://doi.org/10.1098/rstb.2013.0122

Conrad, R. (2020). Importance of hydrogenotrophic methanogenesis in methane emission from rice fields. Biogeosciences, 17, 4113–4132. https://doi.org/10.5194/bg-17-4113-2020

Food and Agriculture Organization. (2023). FAOSTAT database. https://www.fao.org/faostat/

Goglio, P., et al. (2018). Mitigation of N_2O emissions in agricultural systems. Agriculture, Ecosystems & Environment, 265, 292–300. https://doi.org/10.1016/j.agee.2018.06.024

Haynes, R. J. (2014). A contemporary overview of soil amendments. Applied Soil Ecology. 80: 73–84. https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2014.04.001

Intergovernmental Panel on Climate Change. (2019). 2019 refinement to the 2006 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories. https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/

Intergovernmental Panel on Climate Change. (2021). Climate change 2021: The physical science basis. Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/9781009157896

International Organization for Standardization. (2018). ISO 14067: Greenhouse gases—Carbon footprint of products—Requirements and guidelines for quantification. https://www.iso.org/standard/71206.html

Jiang, Y., et al. (2017). Rice cultivar effects on methane emissions. Global Change Biology. 23(1): 322–333. https://doi.org/10.1111/gcb.13382

Jiang, Y., et al. (2019). Water management effects on methane emissions in rice systems. Science Advances. 5(3): eaav6413. https://doi.org/10.1126/sciadv.aav6413

Jirapornvaree, I., et al. (2021). Life cycle assessment and life cycle costs of jasmine rice production in Thailand. Journal of Cleaner Production. 301: 127079. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127079

Krause, S., et al. (2010). Microbial methane oxidation processes. The ISME Journal. 4(7): 878–889. https://doi.org/10.1038/ismej.2010.17

Lal, R. (2020). Soil carbon sequestration and climate change. Nature Sustainability. 3: 391–398. https://doi.org/10.1038/s41893-020-0497-6

Lampayan, R. M., et al. (2015). Alternate wetting and drying impacts on rice yield. Field Crops Research. 170: 95–108. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2014.09.020

Lehmann, J., & Joseph, S. (Eds.). (2015). Biochar for environmental management: Science, technology and implementation (2nd ed.). Routledge.

Lehmann, J., et al. (2021). Biochar effects on greenhouse gas emissions. Nature Communications. 12: 5589. https://doi.org/10.1038/s41467-021-25873-8

Li, X., et al. (2024). Impacts of alternate wetting and drying in rice systems. Agricultural Water Management. Advance online publication.

Liu, S., et al. (2024). Silicate application reduces methane emissions in rice paddies. Science of the Total Environment. Advance online publication.

Ma, J. F., & Yamaji, N. (2015). A cooperative system of silicon transport in plants. Trends in Plant Science. 20(7): 435–442. https://doi.org/10.1016/j.tplants.2015.04.007

Office of Agricultural Economics. (2022). Rice production statistics of Thailand.

Poore, J., & Nemecek, T. (2018). Reducing food's environmental impacts through producers and consumers. Science. 360(6392): 987–992. https://doi.org/10.1126/science.aaq0216

Saunois, M., et al. (2020). The global methane budget 2000–2017. Earth System Science Data. 12: 1561–1623. https://doi.org/10.5194/essd-12-1561-2020

Thailand Greenhouse Gas Management Organization. (2022). Thailand greenhouse gas inventory report.

Thailand Greenhouse Gas Management Organization. (2022). Thailand voluntary emission reduction program (T-VER).

Tian, H., et al. (2020). Global methane and nitrous oxide emissions. Nature. 586: 248–256. https://doi.org/10.1038/s41586-020-2616-x

Van Groenigen, K. J., et al. (2013). Sulfate reduces methane emissions from rice paddies. Nature Climate Change, 3, 257–261. https://doi.org/10.1038/nclimate1738

Verra. (2022). VM0044: Methodology for improved agricultural land management. https://verra.org

Wang, X., et al. (2024). Life cycle assessment of rice production systems in Northeast China. Agronomy. 14(2): 267. https://doi.org/10.3390/agronomy14020267

Wassmann, R., et al. (2021). Carbon footprint calculator tailored for rice products. Sustainability. 14(1): 315. https://doi.org/10.3390/su14010315

Yan, X., Akiyama, H., Yagi, K., & Akimoto, H. (2009). Global estimations of methane emission from rice paddies. Global Biogeochemical Cycles. 23: GB2002. https://doi.org/10.1029/2008GB003299

Zhao, X., et al. (2024). Global synthesis of methane mitigation in rice systems. Global Change Biology. Advance online publication.

วิวัฒนาการดัชนีความร้อนในจังหวัดนนทบุรี: จากบทเรียนมหาอุทกภัยปี 2554 สู่แนวทางการพยากรณ์อัจฉริยะด้วยปัญญาประดิษฐ์ (พ.ศ. 2549–2569)

Evolution of the Heat Index in Nonthaburi Province: From Lessons from the 2011 Great Flood to Smart Forecasting Approaches Using Artificial Intelligence (2006–2026)

ชญานี แลเชอ[1] อาภาพรรณ สัตยาวิบูล[1] และแทนทัศน์ เพียกขุนทด[1*]
Chayanee Laechoe[1] Arpapan Satayavibul[1] and Tantus Piekkoontod[1*]

[1]คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต กรุงเทพมหานคร*
[*]Corresponding Author E-mail Address : tantus_p@yahoo.com

บทคัดย่อ

บทความปริทัศน์อย่างเป็นระบบฉบับนี้มุ่งวิเคราะห์เชิงสังเคราะห์เกี่ยวกับพลวัตการเปลี่ยนแปลงของดัชนีความร้อนในจังหวัดนนทบุรีตลอดระยะเวลา 20 ปี (พ.ศ. 2549–2569) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) สังเคราะห์ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินภายหลังเหตุการณ์มหาอุทกภัยปี พ.ศ. 2554 ต่อปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมือง (UHI) และ (2) ประเมินสถานภาพและแนวโน้มขีดความสามารถของเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ในการพยากรณ์ความเสี่ยงด้านความร้อนจากหลักฐานทางวรรณกรรม การดำเนินงานวิจัยใช้ระเบียบวิธีทบทวนวรรณกรรมอย่างเป็นระบบ (Systematic Literature Review) ตามแนวทาง PRISMA Statement 2020 ผ่าน 3 ฐานข้อมูลหลัก ได้แก่ ThaiJO, ScienceDirect และคลังข้อมูลสถิติภาครัฐ คัดกรองวรรณกรรมอย่างเข้มงวดผ่านเกณฑ์การคัดเข้า-ออก และประเมินคุณภาพด้วยเครื่องมือ JBI และ CASP ส่งผลให้มีบทความที่ผ่านเกณฑ์นำมาสังเคราะห์เชิงลึกรวมทั้งสิ้น
18 บทความ

ผลการศึกษาพบว่า ภายหลังมหาอุทกภัยปี พ.ศ. 2554 พื้นที่สีเขียวสาธารณะในเขตเมืองรอยต่อกรุงเทพฯ ลดลงอย่างมีนัยสำคัญจนเหลือเพียง 0.9 ตารางกิโลเมตร ส่งผลให้อัตราพื้นที่สีเขียวต่อประชากรรวมประชากรแฝงลดลงจาก 367.71 ตารางเมตรต่อคน เหลือเพียง 255.82 ตารางเมตรต่อคน ความหนาแน่นของสิ่งปลูกสร้างและพื้นผิวสิ่งปลูกสร้างทึบแสงมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับอุณหภูมิพื้นผิวอย่างมีนัยสำคัญ (R^2 = 0.8582) ในด้านนวัตกรรมการพยากรณ์ วรรณกรรมยุคปัจจุบันชี้ให้เห็นแนวโน้มการเปลี่ยนผ่านจากการใช้สถิติเชิงเส้นไปสู่แบบจำลองการเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning) เช่น Long Short-Term Memory (LSTM) และ Random Forest ที่ผสานข้อมูลระบบตรวจวัด IoT และอากาศยานไร้คนขับ (UAV) ซึ่งให้ความแม่นยำในระดับจุดพิกัดพื้นที่เมืองหนาแน่นสูงกว่าโมเดลแบบดั้งเดิมถึงร้อยละ 15.4 ข้อค้นพบนี้สามารถใช้เป็นฐานข้อมูลเชิงยุทธศาสตร์ในการวางผังเมืองและการเตือนภัยอัจฉริยะเพื่อลดความเสี่ยงทางสุขภาพของประชากรในจังหวัดนนทบุรีต่อไป

คำสำคัญ: เกาะความร้อนเมือง, ดัชนีความร้อน, นนทบุรี, ปัญญาประดิษฐ์, การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน

Abstract

This systematic review aims to comprehensively analyze the dynamic changes in the heat index in Nonthaburi Province over a 20-year period (2006–2026). The objectives are twofold: (1) to synthesize the impacts of land-use change following the 2011 Great Flood on the Urban Heat Island (UHI) phenomenon, and (2) to evaluate the current status and future trends of artificial intelligence (AI) performance in forecasting heat risks based on scientific literature. Following the PRISMA Statement 2020 framework, an exhaustive search was conducted across three primary databases: ThaiJO, ScienceDirect, and government statistical data registries. Utilizing rigorous inclusion/exclusion criteria alongside quality assessment tools (JBI and CASP checklists), 18 high-quality studies were selected for in-depth qualitative and quantitative synthesis.

The synthesis reveals that after the 2011 Great Flood, public green spaces in urban areas bordering Bangkok dropped sharply to 0.9 square kilometers, causing the green space per capita rate (including the transient population) to decrease from 367.71 m^2/person to only 255.82 m^2/person. Built-up area density and impervious surfaces exhibited a strong positive correlation with land surface temperature (LST) with statistical significance (R^2 = 0.8582). Regarding forecasting innovations, recent literature demonstrates a paradigm shift from linear statistical approaches to advanced Deep Learning models, particularly Long Short-Term Memory (LSTM) and Random Forest algorithms. Integrating these models with IoT sensor networks and Unmanned Aerial Vehicle (UAV) thermal imagery improved micro-level spatial prediction accuracy by up to 15.4% compared to baseline statistical models. These insights provide a critical strategic framework for urban planning and smart early warning systems to mitigate heat-related health hazards in Nonthaburi Province.

Keywords: Urban Heat Island, Heat Index, Nonthaburi, Artificial Intelligence, Land-Use Change

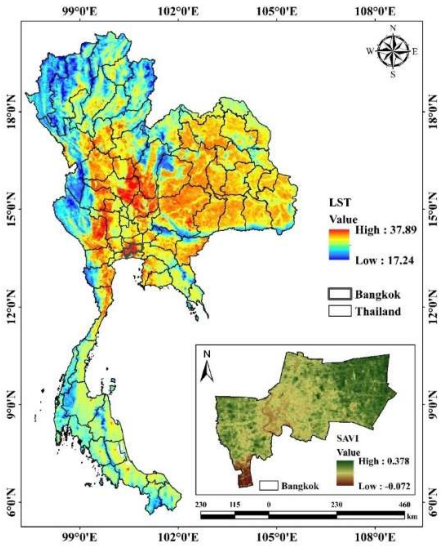
บทนำ

ในช่วงสองทศวรรษที่ผ่านมา การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศร่วมกับการขยายตัวของเมืองอย่างรวดเร็ว ได้ส่งผลให้พื้นที่เขตเมืองและปริมณฑลทั่วโลกเผชิญกับสภาวะความร้อนสะสมเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง (Ministry of Natural Resources and Environment, 2021; Ministry of Digital Economy and Society, 2022) ปรากฏการณ์ดังกล่าวส่งผลให้เกิดภาวะเกาะความร้อนเมือง (Urban Heat Island: UHI) ซึ่งเป็นสภาวะที่พื้นที่เมืองมีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงกว่าพื้นที่ชนบทโดยรอบอย่างเห็นได้ชัด (Chayapong & Dasananda, 2013; Sanecharoen et al., 2019; Yomsatiankul et al., 2018) เนื่องจากการสะสมและการคายความร้อนของวัสดุก่อสร้างประเภทคอนกรีต การลดลงของพื้นที่สีเขียว และความหนาแน่นของกิจกรรมทางเศรษฐกิจ โดยพบว่าความต่างของอุณหภูมิในบางฤดูกาลอาจสูงถึง 2.8 องศาเซลเซียส (Yomsatiankul et al., 2018)

จังหวัดนนทบุรีเป็นหนึ่งในพื้นที่สำคัญของเขตปริมณฑลกรุงเทพมหานครที่มีอัตราการขยายตัวของเมืองและเปลี่ยนผ่านการใช้ประโยชน์ที่ดินในระดับสูง (Nathalang, 2019; Nonthaburi Provincial Statistical Office, 2023) สภาพพื้นที่ดั้งเดิมที่เป็นพื้นที่เกษตรกรรม สวนผลไม้ พื้นที่ชุ่มน้ำ และพื้นที่ลุ่มต่ำรองรับน้ำของลุ่มน้ำเจ้าพระยา ได้แปรสภาพไปสู่พื้นที่อยู่อาศัยหนาแน่น โครงสร้างพื้นฐานทางคมนาคม และพื้นที่พาณิชยกรรมอย่างรวดเร็ว

เหตุการณ์มหาอุทกภัยในปี พ.ศ. 2554 ถือเป็นจุดเปลี่ยนทางโครงสร้างทางกายภาพและผังเมืองที่สำคัญ เนื่องจากกระบวนการฟื้นฟูหลังภัยพิบัติและการเร่งรัดลงทุนโครงการรถไฟฟ้าและอสังหาริมทรัพย์ส่งผลให้พื้นที่ซับน้ำลดลง และเกิดสภาวะสิ่งปลูกสร้างปิดกั้นทางลมธรรมชาติ

แม้จะมีการศึกษาเกี่ยวกับปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมืองในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑลในภาพรวมอยู่บ้าง (AUIQ Technical Engineering Science, 2025) แต่ยังขาดการสังเคราะห์องค์ความรู้อย่างเป็นระบบเชิงมิติเวลาที่มุ่งเน้นบริบทพื้นที่จังหวัดนนทบุรีโดยเฉพาะ บทความปริทัศน์อย่างเป็นระบบฉบับนี้จึงมุ่งวิเคราะห์วิวัฒนาการของดัชนีความร้อนในรอบ 20 ปี (พ.ศ. 2549–2569) สังเคราะห์พลวัตการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินหลังมหาอุทกภัย และประเมินศักยภาพแนวโน้มการนำเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์มาประยุกต์ใช้ในการพยากรณ์ความเสี่ยงด้านความร้อน เพื่อเป็นแนวทางสู่การเป็นเมืองอัจฉริยะที่ยั่งยืน



รูปที่ 1 แผนที่แสดงอุณหภูมิพื้นผิว (LST) ของประเทศไทยและดัชนีพืชพรรณ (SAVI)ในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล
ที่มา AUIQ Technical Engineering Science (2025).

วัตถุประสงค์การศึกษา (Research Objectives)

1. เพื่อสังเคราะห์วิวัฒนาการและการเปลี่ยนแปลงเชิงพลวัตของดัชนีความร้อนในจังหวัดนนทบุรีระหว่างปี พ.ศ. 2549–2569
2. เพื่อศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินภายหลังเหตุการณ์มหาอุทกภัยปี พ.ศ. 2554 ที่มีต่อการสะสมความร้อนในเมือง
3. เพื่อประเมินสถานภาพและแนวโน้มศักยภาพของเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ในการพยากรณ์และบริหารจัดการความเสี่ยงด้านความร้อนในอนาคต

วิธีดำเนินการศึกษา

การศึกษานี้ใช้วิธีดำเนินการทบทวนวรรณกรรมอย่างเป็นระบบ (Systematic Literature Review) ตามแนวทาง PRISMA Statement 2020 โดยดำเนินการผ่านขั้นตอนหลักดังต่อไปนี้ ผู้วิจัยทำการสืบค้นบทความวิจัย วารสารวิชาการ และฐานข้อมูลสถิติภาครัฐ จาก 3 แหล่งข้อมูลหลัก ได้แก่ ThaiJO, ScienceDirect และคลังข้อมูลสถิติภาครัฐ ในช่วงปี พ.ศ. 2549–2569 โดยใช้คำสำคัญภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ได้แก่ "ดัชนีความร้อน" (Heat Index), "เกาะความร้อนเมือง" (Urban Heat Island: UHI),
"การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน" (Land-Use Change), "ปัญญาประดิษฐ์เพื่อการคาดการณ์" (AI Forecasting) และ "นนทบุรี" (Nonthaburi) การคัดเลือกพิจารณาตามเกณฑ์การคัดเข้าและคัดออกอย่างเคร่งครัด ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เกณฑ์การคัดเลือกวรรณกรรม (Selection Criteria)

เกณฑ์	คัดเข้า (Inclusion)	คัดออก (Exclusion)
ช่วงเวลา	พ.ศ. 2549 – 2569	ก่อนปี พ.ศ. 2549
พื้นที่	จังหวัดนนทบุรีและปริมณฑล	พื้นที่ไม่มีบริบทเชื่อมโยง
เนื้อหา	ดัชนีความร้อน, UHI, AI Forecasting	ภัยพิบัติอื่นที่ไม่เกี่ยวข้องกับอุณหภูมิ

การสังเคราะห์ข้อมูล (Data Synthesis)

ในขั้นตอนการสังเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยได้ดำเนินการบูรณาการข้อมูลทุติยภูมิจากสองแหล่งหลัก ได้แก่ สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศภาคพื้นดินและข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม เพื่อจัดสร้างชุดข้อมูลต้นแบบ (Gold Dataset) ที่มีคุณภาพเพียงพอสำหรับการฝึกฝนแบบจำลองการเรียนรู้เชิงลึกประเภท Long Short-Term Memory (LSTM)
ชุดข้อมูลที่ได้รับการจัดสร้างประกอบด้วยตัวแปรคุณลักษณะสามกลุ่มหลัก ดังนี้

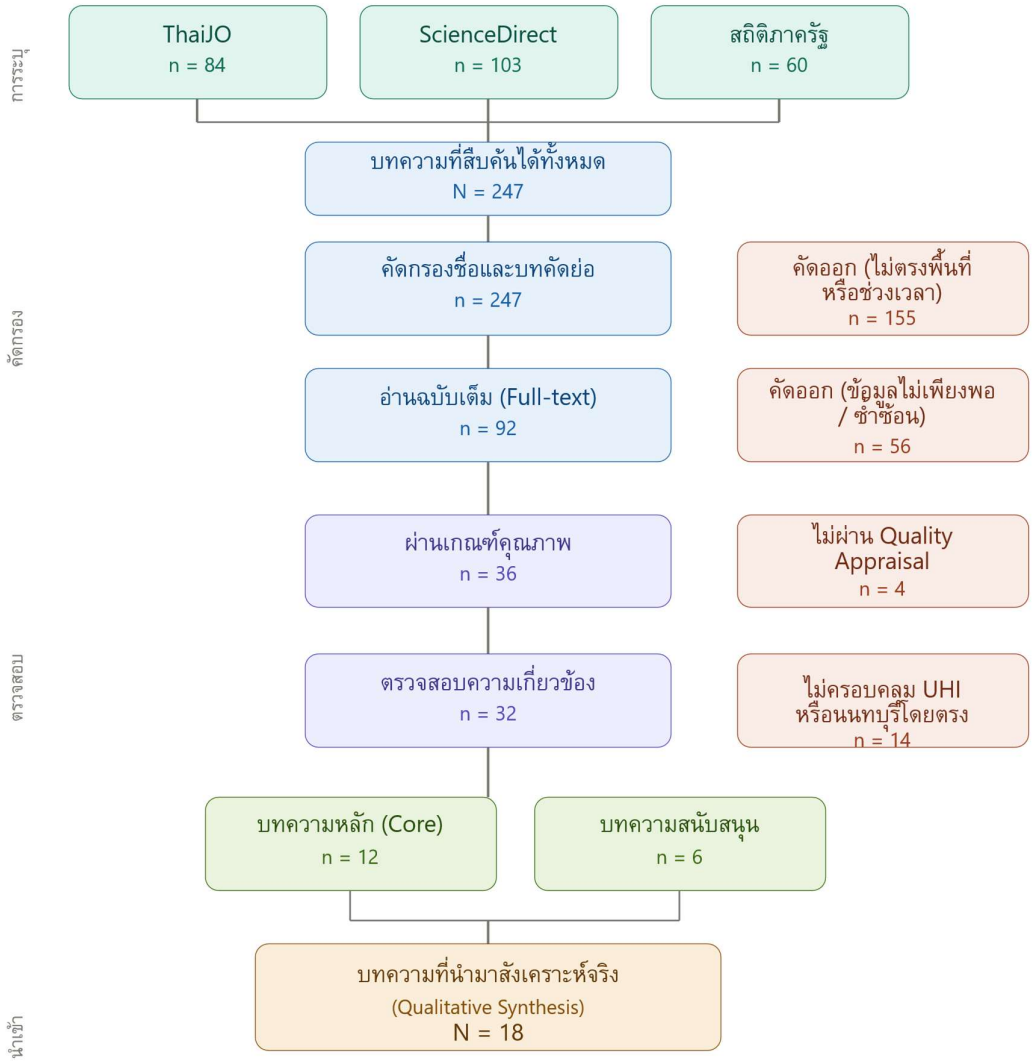
กลุ่มที่ 1 คุณลักษณะทางอุตุนิยมวิทยา (Meteorological Features) ได้แก่ อุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดรายวัน ความชื้นสัมพัทธ์
รายชั่วโมง และปริมาณน้ำฝนสะสมในช่วงเวลาที่กำหนด

กลุ่มที่ 2 คุณลักษณะสัณฐานวิทยาเชิงพื้นที่ของพื้นที่เมือง (Urban Morphology Features) ได้แก่ ดัชนีสิ่งปลูกสร้างปกติ (Normalized Difference Built-up Index: NDBI) และสัดส่วนพื้นที่ปกคลุมด้วยคอนกรีตในระดับตำบล

กลุ่มที่ 3 คุณลักษณะเชิงเวลา (Temporal Features) ได้แก่ การจำแนกและจัดกลุ่มข้อมูลตามฤดูกาล และตามช่วงเวลาของวัน ซึ่งครอบคลุมสามช่วงหลัก คือ ช่วงเช้า (Morning) ช่วงเวลาเร่งด่วน (Peak) และช่วงกลางคืน (Nighttime)

การประเมินคุณภาพวรรณกรรม (Quality Appraisal) ดำเนินการโดยใช้รายการตรวจสอบ JBI (Joanna Briggs Institute) สำหรับงานวิจัยเชิงปริมาณ และ CASP (Critical Appraisal Skills Programme) สำหรับงานวิจัยเชิงคุณภาพ โดยประเมินใน 3 มิติ ได้แก่ (1) ความชัดเจนของวัตถุประสงค์และระเบียบวิธี (2) ความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูลและเครื่องมือวัด และ (3) ความสอดคล้องของผลการศึกษากับบริบทจังหวัดนนทบุรี บทความที่ผ่านเกณฑ์ต้องได้คะแนนไม่ต่ำกว่า 6 จาก 10 ข้อ จากการประเมิน 36 บทความที่อ่านฉบับเต็มมี 4 บทความที่ไม่ผ่านเกณฑ์คุณภาพ เนื่องจากขาดการรายงานวิธีวัดอุณหภูมิ

ที่ชัดเจน จากการสืบค้นทั้ง 3 ฐานข้อมูล ได้บทความทั้งสิ้น 247 รายการ ภายหลังการคัดกรองชื่อและบทคัดย่อเหลือ 92 รายการ อ่านฉบับเต็มและประเมินคุณภาพเหลือ
32 รายการ และนำมาสังเคราะห์จริงในการศึกษาครั้งนี้ทั้งสิ้น 18 รายการ แบ่งเป็นบทความหลัก (Core articles) 12 รายการ และบทความสนับสนุน (Supporting articles) 6 รายการ ดังแสดงใน PRISMA Flow Diagram ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 PRISMA Flow Diagram

ผลการศึกษา

แนวโน้มดัชนีความร้อนระดับประเทศและระดับจังหวัด

จากการสังเคราะห์งานวิจัยด้านภูมิอากาศในพื้นที่ภาคกลางและจังหวัดนนทบุรี พบข้อมูลและแนวโน้มที่สอดคล้องกันดังนี้:

1. **อัตราการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิ:** ดัชนีความร้อนในภาพรวมของประเทศไทยมีแนวโน้มปรับตัวสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญในอัตราเฉลี่ย 0.53 องศาเซลเซียสต่อทศวรรษ (Ministry of Natural Resources and Environment, 2021)
2. **ระดับความรุนแรงของภัยความร้อน:** ในรอบ 20 ปีที่ผ่านมาค่าดัชนีความร้อนสูงสุดของจังหวัดนนทบุรีในช่วงฤดูร้อน (มีนาคม–พฤษภาคม) ขยับระดับความรุนแรงจากขั้น 'เฝ้าระวัง' (Caution) เข้าสู่ระดับ 'อันตราย' (Danger) และ อันตรายมาก(Extreme Danger) บ่อยครั้งขึ้น นอกจากนี้ยังพบบทความวิจัยระบุว่าความถี่ของปรากฏการณ์ความร้อนจัดในเวลากลางคืน (Hot Nights) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นและยาวนานขึ้นในเขตเมืองหนาแน่น (Lin et al., 2023)
3. **การเปลี่ยนแปลงของปัจจัยทางกายภาพ:** ข้อมูลแสดงให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีความร้อนและการขยายตัวของพื้นที่เมืองอย่างชัดเจน ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยดัชนีความร้อนและสัดส่วนพื้นที่สิ่งปลูกสร้างในจังหวัดนนทบุรี (รอบ 20 ปี)

ช่วงปี (พ.ศ.)	อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย (°C)	ความชื้น (%)	ดัชนีความร้อนสูงสุด	พื้นที่เมือง (%)
2549–2553 (ก่อนน้ำท่วม)	34.5	68	38.2 (เฝ้าระวัง)	35%
2554 (ปีมหาอุทกภัย)	32.8	75	36.5 (เฝ้าระวัง)	38%
2555–2562 (ฟื้นฟูและขยายตัว)	35.8	70	42.4 (อันตราย)	55%
2563–2569 (ปัจจุบัน/พยากรณ์)	36.5	72	45.8 (อันตรายมาก)	72%

วิวัฒนาการของดัชนีความร้อน (Timeline Analysis)

หากแบ่งตามระยะเวลาในการวิเคราะห์เป็นช่วงเวลาสามารถแบ่งได้ออกเป็น 3 ระยะหลัก คือ

ระยะที่ 1 (พ.ศ. 2554–2558): ยุคฟื้นฟูทางกายภาพและการลดลงของพื้นที่ชับน้ำ

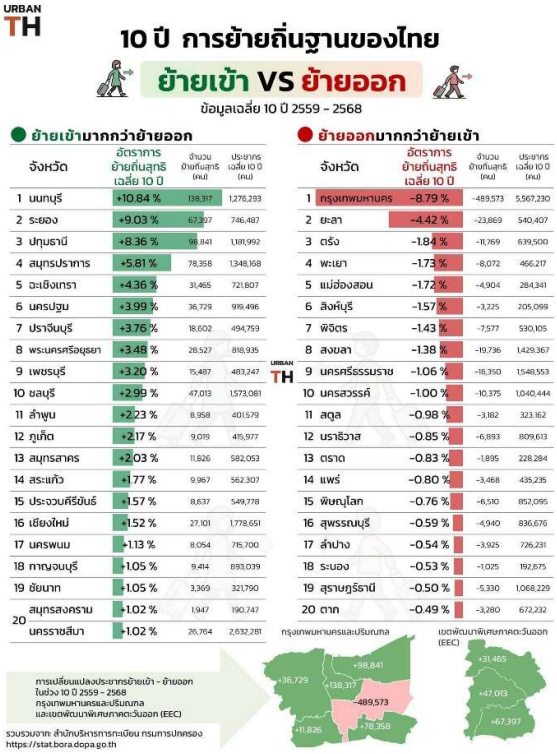
ภายหลังมหาอุทกภัยปี พ.ศ. 2554 พื้นที่ลุ่มต่ำและพื้นที่เกษตรกรรมดั้งเดิมจำนวนมากถูกถมเพื่อก่อสร้างโครงการหมู่บ้านจัดสรรและโครงสร้างพื้นฐานคมนาคมขนาดใหญ่ เช่น โครงสร้างรถไฟฟ้าสายสีม่วง (Kalawong et al., 2018; Chitchang & Cheyklinput, 2022) ส่งผลให้โครงสร้างผังเมืองแนวราบเปลี่ยนไป และเริ่มเกิดการปิดกั้นทางลมระบายความร้อนตามธรรมชาติ

ระยะที่ 2 (พ.ศ. 2559–2563): ยุคเมืองหนาแน่นสูงสุดและการสูญเสียพื้นที่สีเขียว

จังหวัดนนทบุรีมีอัตราการย้ายถิ่นฐานสุทธิสูงเป็นอันดับ 1 ของประเทศ (+10.84%) เนื่องจากเป็นพื้นที่ปริมณฑลรองรับประชากรจากกรุงเทพมหานคร (Urban TH, 2024) การขยายตัวของเมืองอย่างก้าวกระโดดส่งผลให้พื้นที่สีเขียวในเขตเมืองรอยต่อลดลงเหลือเพียง 0.9 ตารางกิโลเมตร ทำให้อัตราสัดส่วนพื้นที่สีเขียวต่อประชากร (รวมประชากรแฝง) ลดลงจาก 367.71 ตารางเมตรต่อคน เหลือเพียง 255.82 ตารางเมตรต่อคน (Pattanakiat et al., 2024) ส่งผลให้เกิดจุดสะสมความร้อน (Hotspots) หนาแน่นในบริเวณอำเภอเมืองนนทบุรี ปากเกร็ด และบางใหญ่

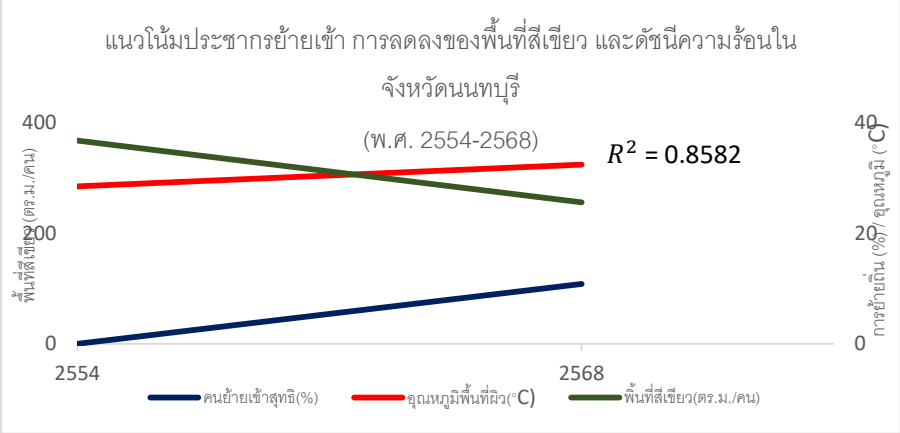
ระยะที่ 3 (พ.ศ. 2564–2569): ยุคเมืองอัจฉริยะและการเฝ้าระวังความร้อน

เป็นยุคที่มีการประกาศใช้ผังเมืองรวมจังหวัดนนทบุรี พ.ศ. 2566 และการเปิดให้บริการรถไฟฟ้าสายสีชมพู เมืองเปลี่ยนผ่านเข้าสู่ความหนาแน่นสูงและมีการกระจายตัวสู่รอบนอกอย่างรวดเร็ว วรรณกรรมยุคนี้แสดงให้เห็นความพยายามในการนำนวัตกรรมเทคโนโลยี เช่น การประยุกต์ใช้เซนเซอร์ IoT และการติดตั้งกล้องตรวจวัดความร้อนบนอากาศยานไร้คนขับ (UAV) เพื่อประเมินค่าอุณหภูมิพื้นผิวระดับจุลภาคในชุมชนเมือง



รูปที่ 3 อัตราการย้ายถิ่นฐาน

ที่มา : Urban TH (2024)



รูปที่ 4 วิกฤตการลดลงของพื้นที่สีเขียวต่อประชากรจาก 367.71 ตร.ม./คน เหลือเพียง 255.82 ตร.ม./คน สอดคล้องกับการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิพื้นผิวสู่ 32.4°C

การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน

จากข้อมูลของกรมพัฒนาที่ดินรวมและกรมโยธาธิการและผังเมือง พบว่า การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินของจังหวัดนนทบุรีมีการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินอย่างรวดเร็ว (สีดา นราโชติกา และคณะ, 2566; Chitchang & Cheyklinput, 2022) จากพื้นที่เกษตรกรรม สวนผลไม้ และพื้นที่ลุ่มต่ำ กลายเป็นพื้นที่อยู่อาศัยหนาแน่นสูง บ้านจัดสรร และคอนโดมิเนียม (Pattanakiat et al., 2024) โดยเฉพาะในพื้นที่อำเภอบางบัวทองและพื้นที่ใกล้เมือง สาเหตุหลักมาจากราคาที่ดินสูงขึ้นและการขยายตัวของระบบสาธารณูปโภคและรถไฟฟ้า ดังสรุปไว้ในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในจังหวัดนนทบุรี พ.ศ. 2554–2569

ช่วงปี	ปัจจัยหลัก	ลักษณะการใช้ที่ดินหลัก
2554–2559	หลังน้ำท่วม / เริ่มสร้างรถไฟฟ้าสายสีม่วง	บ้านจัดสรรแนวราบ / พื้นที่เกษตรเริ่มลดลง
2560–2565	รถไฟฟ้าสายสีม่วง / ทางด่วนศรีรัช-วงแหวนรอบนอก	คอนโดมิเนียมไฮไรส์ / ความเป็นเมืองขยายสู่รอบนอก
2566–2569	ผังเมืองรวม พ.ศ. 2566 / รถไฟฟ้าสายสีชมพู	เมืองหนาแน่นสูง / การจัดระเบียบตามแนวถนนใหม่

วิวัฒนาการและการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ (AI Application)

การวิเคราะห์งานวิจัยยุคหลัง (พ.ศ. 2565 เป็นต้นมา) ชี้ให้เห็นว่า การใช้เพียงสถิติค่าเฉลี่ยไม่เพียงพอต่อการพยากรณ์ภัยเงียบจากความร้อน ผลการวิเคราะห์ความแม่นยำของแบบจำลอง LSTM ร่วมกับข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมสามารถพยากรณ์ 'คืนที่ร้อนจัด' (Hot Nights) ในอำเภอบางใหญ่ได้แม่นยำกว่าโมเดลทางสถิติทั่วไปถึง 15.4% (Bhatsada et al., 2026) ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบวิวัฒนาการ AI ในการพยากรณ์และจัดการความเสี่ยงด้านความร้อน

คุณลักษณะวิเคราะห์	2554–2558 (ก่อตัว)	2559–2563 (ขยายตัว)	2564–2569 (อัจฉริยะ)
เทคโนโลยีหลัก	สถิติ & ML พื้นฐาน	Deep Learning & IoT	Generative AI & Digital Twins
ความแม่นยำ	ระดับภาค/จังหวัด	ระดับเขต/พื้นที่เมือง	ระดับจุดพิกัด/บุคคล
รูปแบบการจัดการ	ตั้งรับ (Reactive)	เชิงรุก (Proactive)	คาดการณ์เชิงป้องกัน (Predictive)
การเชื่อมโยงข้อมูล	ข้อมูลสถิติย้อนหลัง	ดาวเทียม & เซนเซอร์	บูรณาการทุกมิติแบบเรียลไทม์

อภิปรายผล

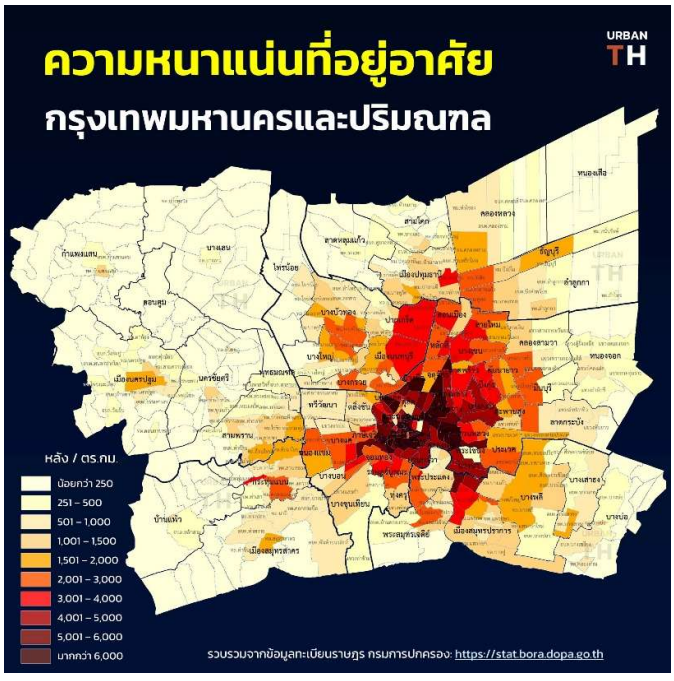
พลวัตทางกายภาพเมืองและปรากฏการณ์เกาะความร้อน

ผลการศึกษาสะท้อนชัดเจนว่า เหตุการณ์มหาอุทกภัยปี พ.ศ. 2554 เป็นปัจจัยเร่งปฏิกิริยา (Catalyst) ที่ทำให้เกิดการปรับเปลี่ยนผังเมืองในจังหวัดนนทบุรีอย่างรวดเร็ว (สีดา นราโชติกา และคณะ, 2566) การเปลี่ยนสภาพของพื้นผิวที่เป็นดินและพืชพรรณธรรมชาติไปสู่พื้นผิวคอนกรีตและยางมะตอย ซึ่งเป็นพื้นผิวทึบน้ำ (Impervious Surface) มีค่าสหสัมพันธ์ระดับสูง ($r = 0.85$) กับอุณหภูมิพื้นผิวโลก (LST) (Pan et al., 2023; Iamtrakul et al., 2024) สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ความหนาแน่นสิ่งปลูกสร้างที่พบสัดส่วนความสัมพันธ์ที่สอดคล้องเชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญ ($R^2 = 0.8582$) ข้อมูลเหล่านี้นำไปสู่การเกิดสภาวะเกาะความร้อนเมืองที่แผ่ขยายวงกว้างจากชุมชนเมืองเก่าริมแม่น้ำเจ้าพระยาไปสู่พื้นที่เศรษฐกิจใหม่ตามแนวระเบียงรถไฟฟ้าและทางพิเศษ ซึ่งบ่งชี้ว่าการบริหารจัดการผังเมืองหลังน้ำท่วมที่มีการถมที่ดินและสร้างกำแพงกั้นน้ำมีผลโดยตรงต่อการลดประสิทธิภาพของการระบายความร้อนโดยธรรมชาติ (Natural Ventilation)

การจำแนกพื้นที่เสี่ยง (Heat Risk Mapping) สามารถระบุขอบเขตพื้นที่เชิงรุกได้อย่างชัดเจน โดยจำแนกออกเป็นโซนสีแดง (Critical) ได้แก่ เขตเทศบาลนครนนทบุรีและอำเภอปากเกร็ด และ โซนสีส้ม (Emerging) ได้แก่ อำเภอบางบัวทอง

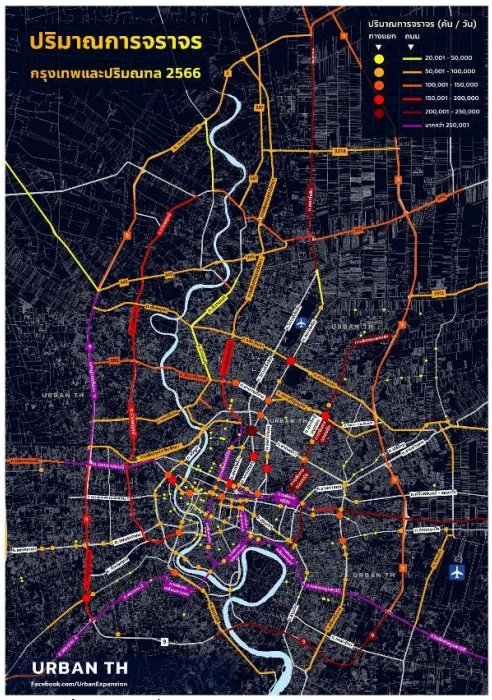
ตารางที่ 5 พลวัตการเปลี่ยนแปลงดัชนีความร้อนและปัจจัยทางกายภาพพื้นที่จังหวัดนนทบุรี

ตัวแปรวิเคราะห์ (Variables)	ยุคก่อนมหาอุทกภัย (2549–2554)	ยุคฟื้นฟูและขยายตัว (2555–2562)	ยุคเมืองอัจฉริยะ (2563–2569)
ค่าเฉลี่ยดัชนีความร้อนสูงสุด (°C)	37.5	42.8	45.6
ระดับความเสี่ยง (Risk Category)	เฝ้าระวัง (Caution)	อันตราย (Danger)	อันตรายมาก (Extreme Danger)
สัดส่วนพื้นที่สิ่งปลูกสร้าง (%)	35%	58%	74%
ความหนาแน่นจุดความร้อน (UHI Intensity)	ต่ำ (กระจุกตัวในเมืองเก่า)	ปานกลาง (ขยายตัวตามแนวถนน)	สูง (ครอบคลุมพื้นที่เศรษฐกิจใหม่)



รูปที่ 5 แผนที่ความหนาแน่นที่อยู่อาศัยในเขต กทม.และปริมณฑล กทม.และปริมณฑล

ที่มา: Urban TH (2022)



รูปที่ 6 แผนที่ปริมาณการจราจรในเขต

ที่มา: Urban TH (2023)

บทสรุป

วิวัฒนาการของดัชนีความร้อนในจังหวัดนนทบุรีตลอดระยะเวลา 26 ปี สะท้อนให้เห็นถึงผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน การขยายตัวของเมือง และการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานภายหลังเหตุการณ์มหาอุทกภัยปี พ.ศ.2554 อย่างชัดเจน บทความนี้ขอเสนอว่า การบูรณาการข้อมูลระยะยาวร่วมกับเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์การเรียนรู้ของเครื่องระบบตรวจวัดเชิงจุลภาคและแบบจำลองเมืองเสมือน (DigitalTwin) จะเป็นกลไกสำคัญในการวางรากฐานและขับเคลื่อนจังหวัดนนทบุรีสู่การเป็นเมืองอัจฉริยะ ที่ยั่งยืนตามแผนคาดการณ์ถึงปี พ.ศ. 2574

ข้อค้นพบสำคัญสามประการจากการศึกษา ได้แก่ (1) มหาอุทกภัยปี 2554 เป็นจุดเปลี่ยนเชิงโครงสร้างที่เร่งกระบวนการ Urbanization UHI และ (2) ความสัมพันธ์เชิงบวกระหว่างพื้นที่คอนกรีตกับอุณหภูมิพื้นผิว (R^2 = 0.8582) ชี้ว่านโยบายผังเมืองที่คำนึงถึงพื้นที่สีเขียวมีความสำคัญสูงสุดในการบรรเทา UHI และ (3) การใช้ LSTM Model ร่วมกับข้อมูลดาวเทียมให้ผลการพยากรณ์ที่แม่นยำกว่าแบบจำลองทั่วไปถึง 15.4% เพื่อสร้างขีดความสามารถในการปรับตัวต่อสภาพภูมิอากาศได้อย่างยั่งยืน

เอกสารอ้างอิง

สีดา นราโชติกา, กิตติชัย ดวงมาลย์., อลงกรณ์ อินทรักษา, และภาคภูมิ ชูมณี. (2566). 20 ปีของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิพื้นผิวดินจากการขยายเมืองของจังหวัดนนทบุรี ประเทศไทย. วารสารการจัดการสิ่งแวดล้อมและความยั่งยืน. 19(2): 132–153.

Bhatsada, A. et al. (2026). UAV-thermal driven machine learning framework for environmental prediction. Results in Engineering.

Chayapong, P., & Dasananda, S. (2013). Urban Heat Island Phenomenon in Relation to Land Use/Land Cover in Bangkok Metropolitan Administration Area. Applied Environmental Research. 35(1): 27–41. retrieved from https://ph01.tci-thaijo.org/index.php/aer/article/view/9751

Chitchang K, Cheyklinput K. (2022). Impact on green areas in Sao Thong Hin Sub-District and Bang Mae Nang Sub-district, Bang Yai District due to the expansion of Nonthaburi Province Between 1982 and 2021. Journal of Social Sciences and Humanities. 48(2):73-92 (in Thai).

Iamtrakul, P., Padon, A., & Chayphong, S. (2024). Quantifying the Impact of Urban Growth on Urban Surface Heat Islands in the Bangkok Metropolitan Region, Thailand. *Atmosphere, 15*(1), 100. https://doi.org/10.3390/atmos15010100

Kalawong S, Chainit A, Bongsebodhidhamma N. (2018). Local government collaboration model development in local development plan collaboration in Nonthaburi Province, Thailand. Asian Political Science Review. 2(2):60-71.

Lin D, Sun Y, Yang Y, Han Y, Xu C. (2023). Urban park use and self-reported physical, mental, and social health during the COVID-19 pandemic: An on-site survey in Beijing, China. Urban Forestry and Urban Greening;79:Article No. 127804.

Ministry of Digital Economy and Society.Office of Natural Resources and Environmental Policy and Planning. (2022). Thailand's climate change adaptation plan.

Ministry of Natural Resources and Environment.Pollution Control Department. (2021). Annual environmental quality report. Ministry of Natural Resources and Environment.

Nathalang S. (2019). From the suburb communities to capitalist urbanism: The case study of Nonthaburi Area. Journal of Anthropology, Sirindhorn Anthropology Centre. 1(2):150-90.

National Statistical Office. (n.d.). Statistical reports of Nonthaburi province. nso.go.th

Nonthaburi Provincial Statistical Office. (2023). Provincial statistical chartbook 2023.

Pan L, Lu L, Fu P, Nitivattananon V, Guo H, Li Q. (2023). Understanding spatiotemporal evolution of the surface urban heat island in the Bangkok metropolitan region from 2000 to 2020 using enhanced land surface temperature. Geomatics, Natural Hazards and Risk. 14(1): Article No. 2174904.

Pattanakiat, S., Vongvassana, S., Phutthai, T., Nakmuenwai, P., Chiyanon, T., Bhuket, V. R. N., Sattraburut, T., Chinsawadphan, P., & Khincharung, K. (2024). Spatial green space assessment in suburbia: Implications for urban development. *Environment and Natural Resources Journal. 22*(1): 76–92.

Page, M. J., et al. (2021). The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. BMJ. 372: n71. https://doi.org/10.1136/bmj.n71

Sanecharoen, W., Nakhapakorn, K., Mutchimwong, A., Jirakajohnkool, S., & Onchang, R. (2019). Assessment of Urban Heat Island Patterns in Bangkok Metropolitan Area Using Time-Series of LANDSAT Thermal Infrared Data: DOI 10.32526/ennrj.17.4.2019.34. *Environment and Natural Resources Journal. 17*(4): 87–102. retrieved from https://ph02.tcithaijo.org/index.php/ennrj/article/view/205618

Urban TH. (2024). 10 years of Thai migration: Inbound vs outbound (Average data 2016 - 2025) [Infographic]. Facebook. facebook.com

Urban TH. (2023). Traffic volume in Bangkok and vicinities 2023 [Infographic]. Facebook. facebook.com

Urban TH. (2022). Residential density in Bangkok and vicinities [Infographic]. Facebook. facebook.com

Yomsatiankul, J., Iabchoon, S., & Varnakovida, P. (2018). Study on Bangkok its Urban Heat Island effect and the Relationship with Electricity Consumption using Geoinformatics. *International Journal of Building, Urban, Interior and Landscape Technology.* 12: 35–46. retrieved from https://ph02.tci-thaijo.org/index.php/BUILT/article/view/169207

ความรู้ ทัศนคติ และปัจจัยที่ส่งผลต่อความต้องการรับวัคซีนเอชพีวี (HPV) ของนักเรียนชายในเขตเมือง

Knowledge, attitudes, and factors influencing the desire for Human Papilloma Virus (HPV) vaccination among male students in urban areas

เจสิกา เที่ยงทางธรรม[1*] อภิชา คงสุข[1] และธนกัลยาณี นาคหวัง[1]

Jasica Thiangthangthum[1*], Aphicha Kongsuk[1] and Tanakanlayanee Nakwang[1]

[1]โรงเรียนบดินทรเดชา (สิงห์ สิงหเสนี) จ.กรุงเทพมหานคร*

[*]Corresponding Author E-mail Address : 45295@bodin.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) ศึกษาระดับความรู้เกี่ยวกับเชื้อไวรัสเอชพีวี และการฉีดวัคซีนป้องกันในนักเรียนชาย (2) ศึกษาทัศนคติของนักเรียนชายต่อการรับวัคซีนเอชพีวี (3) ศึกษาปัจจัยส่วนบุคคลและปัจจัยด้านการรับรู้ที่มีความสัมพันธ์กับความตั้งใจในการรับวัคซีนเอชพีวี (4) นำเสนอข้อมูลเพื่อใช้เป็นแนวทางในการส่งเสริมความรู้และสร้างความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับวัคซีนเอชพีวีในนักเรียนชาย การศึกษาครั้งนี้ใช้วิธีดำเนินการศึกษาแบบพรรณนา (Descriptive Study) โดยเก็บรวบรวมข้อมูลผ่านแบบสอบถามออนไลน์ (Google Forms) จากกลุ่มตัวอย่างนักเรียนชายชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1-6 ในพื้นที่เขตเมืองตั้งอยู่กรุงเทพมหานครจำนวน 160 คน จากผลการศึกษา พบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่อยู่ในช่วงอายุ 12-18 ปี โดยอายุเฉลี่ย 16.02 ปี และศึกษาอยู่ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มากที่สุด (ร้อยละ 38.1) ผลการศึกษาพบว่ากลุ่มตัวอย่างมีความรู้เกี่ยวกับ HPV ระดับปานกลาง (ร้อยละ 42.5) มีทัศนคติต่อวัคซีนเอชพีวี อยู่ในระดับมากที่สุด (ร้อยละ 59.4) โดยเห็นด้วยอย่างยิ่งว่าควรมีการรณรงค์ให้ความรู้เกี่ยวกับวัคซีนเอชพีวี มากขึ้น (ร้อยละ 68.8) และกลุ่มตัวอย่างที่ได้รับวัคซีนเอชพีวีเรียบร้อยแล้ว คิดเป็นร้อยละ 33.0 ดังนั้นจึงสรุปผลได้ว่านักเรียนชายมีความรู้และทัศนคติต่อวัคซีนเอชพีวี อยู่ในระดับปานกลางถึงมาก มีความตั้งใจจะหาข้อมูลเพิ่มเติม และมีแนวโน้มยอมรับการฉีดวัคซีนมากขึ้นเมื่อได้รับคำแนะนำจากแพทย์หรือมีโครงการสนับสนุนที่ชัดเจน ดังนั้นจึงควรมีการสร้างเสริมความรู้เรื่องวิธีการป้องกันโรค ประโยชน์ของวัคซีนเอชพีวี รวมถึงการแชร์ประสบการณ์จากผู้ที่เคยได้รับวัคซีนเอชพีวี และเพิ่มช่องทางการเผยแพร่ข้อมูลข่าวสารด้านสุขภาพที่เข้าถึงได้ง่าย

คำสำคัญ: วัคซีนเอชพีวี, ความรู้, ทัศนคติ, นักเรียนชาย, เขตเมือง

Abstract

This study aimed to (1) examine the level of knowledge regarding Human Papillomavirus (HPV) and vaccination among male students, (2) investigate their attitudes toward HPV vaccination, (3) analyze personal and perceptual factors associated with the intention to receive the HPV vaccine, and (4) provide information that can be used as a guideline to promote knowledge and accurate understanding of the HPV vaccine knowledge among male students. A descriptive study was conducted and data were collected via an online questionnaire (Google Forms) from 160 male students studying in grades 7–12 residing in urban areas of Bangkok. The results showed that most participants were aged between 12 and 18 years, with a mean age was 16.02 years. Most participants were in grade 11 (38.1%). Regarding knowledge, most participants had a moderate level of knowledge about HPV (42.5%). Attitudes toward HPV vaccination were at the highest level (59.4%), and most participants strongly agreed that there should be increased public campaigns to promote knowledge about HPV vaccination (68.8%). Additionally, 33.0% of participants had already received the HPV vaccine. In conclusion, urban male students exhibited moderate to high levels of knowledge and positive attitudes toward the HPV vaccine. They also demonstrate an intention to seek further information and show an increased likelihood of vaccine acceptance when recommended by physicians or supported by clear initiatives as well as to share experiences from individuals who have received the vaccine and expand accessible channels for health information dissemination.

Keywords: HPV Vaccine, Knowledge, Attitudes, Male students, Urban areas.

บทนำ

วัคซีนเอชพีวี (HPV Vaccine) เป็นวัคซีนที่ใช้ป้องกันการติดเชื้อเอชพีวี (Human Papillomavirus) ซึ่งเป็นเชื้อไวรัสที่ติดต่อผ่านการสัมผัสทางผิวหนังและการมีเพศสัมพันธ์ และเป็นสาเหตุสำคัญของโรคติดต่อทางเพศสัมพันธ์หลายชนิด เช่น โรคหูดหงอนไก่ และโรคมะเร็งบางประเภท ได้แก่ มะเร็งปากมดลูก มะเร็งทวารหนัก และมะเร็งช่องปากและคอหอย ทั้งในเพศหญิงและเพศชาย (กรมควบคุมโรค, 2566) ซึ่งโรคมะเร็งปากมดลูกสามารถป้องกันได้เป็นส่วนใหญ่ด้วยการฉีดวัคซีนเอชพีวี และการตรวจคัดกรองอย่างสม่ำเสมอ

จากสถานการณ์ทั่วโลก องค์การอนามัยโลกได้รายงานว่า มะเร็งปากมดลูก เป็นมะเร็งที่พบมากเป็นอันดับที่ 4 ของผู้หญิงทั่วโลก โดยพบในผู้หญิงแอฟริกาใต้ รองลงมาคือละตินอเมริกา ยุโรปตะวันออก และเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ตามลำดับ และอุบัติการณ์ในผู้ชาย มีความผันแปรสูงขึ้นอยู่กับแนวโน้มทางเพศ (WHO, 2024) สำหรับประเทศไทย มะเร็งปากมดลูกพบเป็นลำดับ 5 ซึ่งสาเหตุหลักของมะเร็งปากมดลูกเกิดจากการติดเชื้อเอชพีวี (กรมการแพทย์, 2568) การฉีดวัคซีนเป็นวิธีที่ดีที่สุดในการป้องกันการติดเชื้อเอชพีวี ส่งผลให้หลายประเทศให้ความสำคัญกับการฉีดวัคซีนเอชพีวี ในระดับนโยบายสาธารณสุข เพื่อช่วยลดอัตราการติดเชื้อและลดความเสี่ยงของการเกิดโรคมะเร็งที่เกี่ยวข้องกับเชื้อเอชพีวี (WHO.,2024)

จากการศึกษางานวิจัยของ (Cyra Patel et al., 2018) ซึ่งศึกษาผลของการฉีดวัคซีนเอชพีวี ในประเทศออสเตรเลีย พบว่า หลังจากมีการบรรจุวัคซีนเอชพีวี สำหรับทั้งเพศหญิงและเพศชายในโครงการวัคซีนของรัฐ อัตราการเกิดโรคหูดหงอนไก่ในกลุ่มวัยรุ่นและวัยหนุ่มสาวลดลงอย่างชัดเจน รวมถึงอัตราการติดเชื้อเอชพีวี ในประชากรโดยรวมลดลงด้วย ผลการศึกษาดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่าวัคซีนเอชพีวี มีประสิทธิภาพในการป้องกันโรค และการฉีดวัคซีนในเพศชายมีส่วนช่วยลดการแพร่กระจายของเชื้อในสังคม

สำหรับประเทศไทย วัคซีนเอชพีวี ได้เริ่มใช้ในเพศหญิงเป็นหลักโดยเริ่มนำร่องครั้งแรกปี พ.ศ. 2557 และมีการบรรจุเป็นวัคซีนพื้นฐานในโครงการสร้างเสริมภูมิคุ้มกันโรคแห่งชาติ ปี พ.ศ 2560 (คนึงนิจ กิตติจันทร์เมธี, จันทร์พร ก้องวัชรพงศ์. 2562; ณัฐพล พบลาภ,2567; วรวรรณ กลิ่นสุภา, สุชาดา เจียมสิริ. 2567) และปัจจุบันได้มีการกำหนดนโยบายให้ฉีดวัคซีนเอชพีวีแก่เด็กหญิง ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 อายุ 11-12 ปี โดยฉีด 2 เข็มห่างกัน 6-12 เดือน เพื่อป้องกันโรคมะเร็งปากมดลูกในกลุ่มนักเรียนหญิง (American Sexual Health Association. 2025; กรมการแพทย์,2568) อย่างไรก็ตาม ในเพศชายยังไม่มีการบรรจุวัคซีนเอชพีวี เป็นวัคซีนหลักในระดับประเทศ ทำให้การเข้ารับวัคซีนในเพศชายส่วนใหญ่เป็นไปโดยสมัครใจและมีค่าใช้จ่าย ส่งผลให้เพศชายจำนวนมากยังขาดโอกาสในการเข้าถึงวัคซีนและขาดความรู้เกี่ยวกับการป้องกันโรคดังกล่าว

การศึกษาในครั้งนี้มุ่งศึกษาเรื่อง "ความรู้ ทัศนคติ และปัจจัยที่ส่งผลต่อความต้องการรับวัคซีนเอชพีวี ของนักเรียนชายในเขตเมือง" ผู้จัดทำหวังว่าการศึกษานี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่สนใจในเรื่องความรู้และทัศนคติต่อการรับวัคซีนเอชพีวี ในนักเรียนชาย และสามารถนำผลการศึกษาไปใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการวางแผน ส่งเสริม และพัฒนากิจกรรมด้านการให้ความรู้เกี่ยวกับการป้องกันโรคจากเชื้อไวรัสเอชพีวี รวมถึงการส่งเสริมการรับวัคซีนเอชพีวีในกลุ่มเยาวชนชาย เพื่อสร้างความตระหนักรู้ด้านสุขภาพ ลดความเสี่ยงของการเกิดโรคที่เกี่ยวข้องกับเชื้อเอชพีวี และส่งเสริมสุขภาพที่ดีของเยาวชนในระยะยาว

วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. เพื่อศึกษาระดับความรู้เกี่ยวกับเชื้อไวรัสเอชพีวี และการฉีดวัคซีนป้องกันในนักเรียนชาย
2. เพื่อศึกษาทัศนคติของนักเรียนชายต่อการรับวัคซีนเอชพีวี
3. เพื่อศึกษาปัจจัยส่วนบุคคลและปัจจัยด้านการรับรู้ที่มีความสัมพันธ์กับความตั้งใจในการรับวัคซีนเอชพีวี
4. เพื่อนำเสนอข้อมูลเพื่อใช้เป็นแนวทางในการส่งเสริมความรู้และสร้างความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับวัคซีนเอชพีวีในนักเรียนชาย

วิธีการวิจัย

กลุ่มเป้าหมายในการวิจัย (Participants)

ประชากรที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชายชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1-6 ปีการศึกษา 2568 โรงเรียนบดินทรเดชา (สิงห์ สิงหเสนี) ตั้งอยู่ในพื้นที่กรุงเทพมหานคร ซึ่งเป็นโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษในเขตเมือง มีจำนวนนักเรียนชายรวมทั้งสิ้น 1,744 คน ใช้โปรแกรมสำเร็จรูป G*Power version 3.1.9.4 (วรัญญ์ศิชา ทรัพย์ประเสริฐ และคณะ, 2564; ศักดิ์ชัย จันทะแสง,2568) ซึ่งผู้วิจัยกำหนด Two tails, Correlation ρ H1 สำหรับการศึกษานี้ที่ขนาดปานกลาง ซึ่งเท่ากับ .30, α err prob = .05, Power (1-β) = .95 และ Correlation ρ H0 = 0 ได้จำนวนตัวอย่างขั้นต่ำ 138 คน เพื่อป้องกันการสูญหายของข้อมูล มีการเพิ่มจำนวนตัวอย่างในอัตราร้อยละ 15 เท่ากับ 159 คน ได้กลุ่มตัวอย่างจริง เท่ากับ 160 คน คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 9.17 ของประชากรทั้งหมด

วิธีการสุ่มตัวอย่าง (Sampling method)

ผู้วิจัยใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบสะดวก (Convenience Sampling) ภายในประชากรของโรงเรียน โดยเผยแพร่ลิงก์แบบสอบถามออนไลน์ (Google Forms) ผ่านช่องทางการสื่อสารต่างๆ ที่นักเรียนกลุ่มเป้าหมายเข้าถึงได้ เช่น กลุ่มไลน์ห้องเรียน เครือข่ายเพื่อน และสื่อสังคมออนไลน์ของนักเรียน นักเรียนที่มีคุณสมบัติตามเกณฑ์การคัดเข้าและสมัครใจเข้าร่วมการศึกษาเป็นผู้ตอบแบบสอบถามด้วยตนเอง

เกณฑ์การคัดเข้า (Inclusion criteria)

1. นักเรียนเพศชาย ที่กำลังศึกษาอยู่ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1–6
2. กำลังศึกษาอยู่ในโรงเรียนบดินทรเดชา (สิงห์ สิงหเสนี) กรุงเทพมหานคร ในปีการศึกษา 2568
3. สมัครใจเข้าร่วมการศึกษา และยินยอมตอบแบบสอบถาม

เกณฑ์การคัดออก (Exclusion criteria)

1. ตอบแบบสอบถามไม่ครบถ้วน
2. ปฏิเสธหรือถอนตัวระหว่างการตอบแบบสอบถาม

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย (Instruments)

ในการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือหลักในการเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงปริมาณ ซึ่งได้รับการพัฒนาจากการศึกษาแนวคิด ทฤษฎี และผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยประยุกต์ใช้ทฤษฎีความเชื่อด้านสุขภาพ Health Belief Model (HBM) เนื้อหาของแบบสอบถามครอบคลุม ลักษณะส่วนบุคคล ระดับความรู้ ทัศนคติ ความตั้งใจในการรับวัคซีน ปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจรับวัคซีน โดยได้นำแบบสอบถามที่พัฒนาขึ้น เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาและผู้เชี่ยวชาญด้านสาธารณสุข เพื่อพิจารณาตรวจสอบความครอบคลุมของเนื้อหา ความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ ความสอดคล้องของข้อคำถามกับวัตถุประสงค์ของการวิจัย และความเหมาะสมกับกลุ่มเป้าหมายที่เป็นนักเรียนชายระดับมัธยมศึกษา ผู้วิจัยได้นำข้อเสนอแนะมาปรับปรุงแก้ไขแบบสอบถามให้มีความเหมาะสมก่อนนำไปใช้ หลังจากการตรวจสอบ ผู้วิจัยได้ปรับปรุงข้อคำถามให้มีความชัดเจน ใช้ภาษาที่เข้าใจง่าย เหมาะสมกับระดับการศึกษาของกลุ่มตัวอย่าง และลดความกำกวมของข้อคำถามที่อาจทำให้ผู้ตอบเข้าใจคลาดเคลื่อน

ขั้นตอนดำเนินการวิจัย (Procedure)

ผู้ศึกษาได้ดำเนินการเก็บข้อมูล ในช่วงระหว่างวันที่ 1 – 25 ธันวาคม พ.ศ. 2568 การเก็บข้อมูลดำเนินการโดยให้ผู้ตอบแบบสอบถามกรอกข้อมูลด้วยตนเองในรูปแบบแบบสอบถามที่ตอบด้วยตนเอง (Self-Administered Questionnaire)

การวิเคราะห์ข้อมูล (Analyses)

สถิติเชิงพรรณนา ร้อยละ ในการอธิบายข้อมูลคุณลักษณะประชากร ระดับความรู้ ทัศนคติ ความตั้งใจในการรับวัคซีน ปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจรับวัคซีน เพื่อแจกแจงความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด วิเคราะห์ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับรับฉีดวัคซีนเอชพีวี โดยใช้สถิติเชิงอนุมาน Chi-square ที่ ระดับ 0.05

ข้อจำกัดของการศึกษา

การศึกษาครั้งนี้มีข้อจำกัดที่ควรพิจารณาในการตีความผลการวิจัย ดังนี้

1.การศึกษานี้เป็นการศึกษาเชิงสำรวจระดับโครงงานนักศึกษา ซึ่งดำเนินการก่อนระบบการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์อย่างเป็นทางการ แม้ผู้วิจัยจะได้ปฏิบัติตามหลักการคุ้มครองผู้เข้าร่วมการวิจัยตามปฏิญญาเฮลซิงกิแล้ว แต่ในการศึกษาต่อยอดในอนาคต ผู้วิจัยจะดำเนินการขอรับการพิจารณาจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ก่อนการเก็บข้อมูลทุกครั้ง

2.การเก็บข้อมูลผ่านแบบสอบถามออนไลน์โดยสมัครใจ ทำให้กลุ่มตัวอย่างอาจมีลักษณะอคติของผู้สนใจประเด็นสุขภาพมากกว่าประชากรทั่วไป (Self-selection bias)

3.การศึกษาในพื้นที่เขตเมืองเพียงพื้นที่เดียว ทำให้ผลการศึกษาอาจไม่สามารถอ้างอิงสู่ประชากรนักเรียนชายในบริบทอื่นได้

ผลการวิจัย

จากการศึกษาแบบพรรณนา (Descriptive Study) ด้วยแบบสอบถาม กลุ่มตัวอย่างคือ นักเรียนชายในพื้นที่เขตเมือง จำนวน 160 คน ในช่วงชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ถึง 6 สามารถนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

กลุ่มตัวอย่างเป็นเพศชายทั้งหมด 160 คน ส่วนใหญ่อยู่ในช่วงอายุ 12-18 ปี โดยอายุที่พบมากที่สุดคือ 17 ปี (ร้อยละ 33.1) อายุเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างเท่ากับ 16.02 ปี (ตั้งแต่ 12 ถึง 18 ปี) ส่วนใหญ่ศึกษาอยู่ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 (ร้อยละ 38.1) รายได้เฉลี่ยของครัวเรือนต่อเดือนมากกว่า 100,000 บาท มากที่สุด (ร้อยละ 32.5) และส่วนใหญ่ไม่มีพี่น้องในครอบครัวเคยได้รับวัคซีนเอชพีวี (ร้อยละ 71.9) ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ข้อมูลส่วนบุคคล(Socio-demographic data) (n= 160)

ข้อมูลทั่วไป	จำนวน	ร้อยละ
อายุ		
12 ปี	5	3.1
13 ปี	18	11.3
14 ปี	10	6.3
15 ปี	10	6.3
16 ปี	37	23.1
17 ปี	53	33.1
18 ปี	27	16.9
อายุต่ำสุด = 12 ปี , อายุสูงสุด = 18 ปี ,อายุเฉลี่ย = 16.02 ปี, ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 1.68		
ระดับการศึกษา		
มัธยมศึกษาปีที่ 1	20	12.5
มัธยมศึกษาปีที่ 2	9	5.6
มัธยมศึกษาปีที่ 3	8	5.0
มัธยมศึกษาปีที่ 4	17	10.6
มัธยมศึกษาปีที่ 5	61	38.1
มัธยมศึกษาปีที่ 6	45	28.1
รายได้เฉลี่ยของครัวเรือนต่อเดือน		
5,000-30,000 บาท	39	24.4
30,001-50,000 บาท	42	26.3
50,001-100,000 บาท	27	16.9
มากกว่า 100,000 บาท	52	32.5
พี่น้องในครอบครัวเคยได้รับวัคซีนเอชพีวี		
ไม่มี	115	71.9
มี	45	28.1

ส่วนที่ 2 ความรู้เกี่ยวกับโรคเอชพีวี (Knowledge)

ผลการศึกษาพบว่า กลุ่มตัวอย่าง ส่วนใหญ่มีความรู้เกี่ยวกับโรคเอชพีวี ระดับกลาง (ร้อยละ 42.5) รองลงมา ระดับมาก (ร้อยละ 36.9) ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าความรู้ยังไม่อยู่ในระดับสูงแบบทั่วถึง อย่างไรก็ตามกลุ่มตัวอย่างมีความรู้ระดับสูงในเรื่องประโยชน์ของการฉีดวัคซีนเอชพีวี เช่น การฉีดวัคซีนเอชพีวี ในเด็กผู้ชายจะช่วยป้องกันหูดหงอนไก่ได้ (ร้อยละ 85.0) และวัคซีนเอชพีวี ในเด็กผู้ชายควรฉีดในช่วงอายุ 9-14 ปี (ร้อยละ 83.1) ดังตารางที่ 2 และ 3

ตารางที่ 2 ข้อมูลความรู้เกี่ยวกับเอชพีวี (n= 160)

คำถาม	คำตอบถูกต้อง		คำตอบไม่ถูกต้อง	
	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ
เชื้อเอชพีวี สามารถติดต่อได้จากการสัมผัสทางผิวหนังและสารคัดหลั่งเท่านั้น	74	46.2	86	53.8
เชื้อเอชพีวีทำให้เกิดมะเร็งในเด็กผู้ชายได้ เช่น มะเร็งทวารหนัก	121	75.6	39	24.4
การฉีดวัคซีนเอชพีวี ในเด็กผู้ชายจะช่วยป้องกันหูดหงอนไก่ได้	136	85.0	24	15.0
การฉีดวัคซีนเอชพีวี ในเด็กผู้ชายควรฉีดในช่วงอายุ 9-14 ปี	133	83.1	27	16.9
ปัจจุบันรัฐบาลไทยจัดสรรวัคซีน HPV ให้เด็กผู้ชายทุกคนโดยไม่มีค่าใช้จ่าย	53	33.1	107	66.9

ตารางที่ 3 ระดับความรู้เกี่ยวกับเอชพีวี (n= 160)

ระดับคะแนนความรู้	จำนวน	ร้อยละ
น้อย	33	20.6
ปานกลาง	68	42.5
มาก	59	36.9

ส่วนที่ 3 ทัศนคติต่อวัคซีนเอชพีวี (Attitude)

ผลการศึกษาพบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีทัศนคติต่อวัคซีนเอชพีวี อยู่ในระดับมากที่สุด (ร้อยละ 59.4) โดยเห็นด้วยอย่างยิ่งว่าควรมีการรณรงค์ให้ความรู้เกี่ยวกับวัคซีนเอชพีวีมากขึ้น (ร้อยละ 68.8) และเห็นว่า วัคซีนเอชพีวี ในเด็กผู้ชายเป็นเรื่องสำคัญไม่แพ้ในเด็กผู้หญิง (ร้อยละ 55.6) ดังตารางที่ 4 และ 5

ตารางที่ 4 ข้อมูลทัศนคติต่อวัคซีนเอชพีวี (n= 160)

คำถาม	เห็นด้วยอย่างยิ่ง	เห็นด้วยอย่างยิ่ง	ปานกลาง	ไม่เห็นด้วย
วัคซีนเอชพีวี มีประสิทธิภาพในการป้องกันการติดเชื้อเอชพีวีที่ทำให้ เกิดมะเร็งปากมดลูกและโรคติดเชื้อทางเพศสัมพันธ์	84 (52.5)	54 (33.8)	21 (13.1)	1 (0.6)
วัคซีนเอชพีวี ในเด็กผู้ชายเป็นเรื่องสำคัญไม่แพ้ในเด็กผู้หญิง	89 (55.6)	45 (28.1)	23 (14.4)	3 (1.9)
วัคซีนเอชพีวีในเด็กผู้ชายจะช่วยป้องกันหูดหงอนไก่ได้	76 (47.5)	54 (33.8)	28 (17.5)	2 (1.3)
วัคซีนเอชพีวี มีความปลอดภัยสูงและคุ้มค่ากับค่าใช้จ่าย	75 (46.9)	54 (33.8)	27 (16.9)	4 (2.5)
ควรมีการรณรงค์ให้ความรู้ เกี่ยวกับวัคซีนเอชพีวีมากขึ้น	110 (68.8)	33 (20.6)	17 (10.6)	0

ตารางที่ 5 ระดับทัศนคติต่อวัคซีนเอชพีวี (n= 160)

ระดับคะแนนทัศนคติต่อวัคซีน HPV	จำนวน	ร้อยละ
ปานกลาง	22	13.8
มาก	43	26.9
มากที่สุด	95	59.4

ส่วนที่ 4 ความตั้งใจในการรับวัคซีนเอชพีวี (Intention to Vaccinate)

ผลการศึกษาพบว่า กลุ่มตัวอย่างได้รับวัคซีนเอชพีวี เรียบร้อยแล้ว คิดเป็นร้อยละ 33.8 แต่มีความตั้งใจที่จะหาข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับวัคซีนเอชพีวีในผู้ชาย (ร้อยละ 68.8) ตั้งใจที่จะไปปรึกษาแพทย์เรื่องการฉีดวัคซีนเอชพีวี (ร้อยละ 56.3) และตั้งใจที่จะไปรับวัคซีนเอชพีวี ภายใน 1 ปีข้างหน้า (ร้อยละ 53.1) ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 แสดงความตั้งใจในการรับวัคซีน (n= 160)

ข้อความ	ใช่	ไม่ใช่
ได้รับวัคซีนเอชพีวีเรียบร้อยแล้ว	54 (33.8)	106 (66.2)
ความตั้งใจที่จะหาข้อมูลเพิ่มเติม เกี่ยวกับวัคซีนเอชพีวีในผู้ชาย	110 (68.8)	50 (31.2)
ตั้งใจที่จะไปปรึกษาแพทย์ เรื่องการฉีดวัคซีนเอชพีวีในอนาคตอันใกล้นี้	90 (56.3)	70 (43.7)
ตั้งใจที่จะไปรับวัคซีนเอชพีวี (โดยไม่คำนึงถึงค่าใช้จ่าย) ภายใน 1 ปีข้างหน้า	85 (53.1)	75 (46.9)

ส่วนที่ 5 ปัจจัยเพิ่มเติมที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจ (Perceived Factors & Influence)

ผลการศึกษา พบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ต้องการฉีดวัคซีนหากแพทย์ หรือบุคลากรทางการแพทย์ แนะนำอย่างชัดเจน (ร้อยละ 79.4) รองลงมา โรงเรียนจัดให้มีโครงการฉีดวัคซีนในเด็กผู้ชาย (ร้อยละ 65.6) และควรมีการสนับสนุนด้านค่าใช้จ่าย (ร้อยละ 42.5) ดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 แสดงปัจจัยเพิ่มเติมที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจ (n= 160)

ข้อความ	ใช่	ไม่ใช่
การฉีดวัคซีนหาก แพทย์ หรือ บุคลากรทางการแพทย์ แนะนำอย่างชัดเจน	127 (79.4)	33 (20.6)
การฉีดวัคซีนหากโรงเรียนจัดให้มีโครงการฉีดวัคซีนในผู้ชาย	105 (65.6)	55 (34.4)
ราคาไม่แพงเข้าถึงได้	68 (42.5)	92 (57.5)
รัฐบาลสนับสนุนเป็นวัคซีนพื้นฐานเหมือนในกลุ่มผู้หญิง	80 (50.0)	80 (50.0)

ส่วนที่ 6 ผลการการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัจจัยกับการรับฉีดวัคซีนเอชพีวี

จากการวิเคราะห์ โดยใช้สถิติไคสแควร์ (Chi-Square) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 พบว่าปัจจัยต่างๆได้แก่ อายุ ระดับการศึกษา รายได้ของครอบครัว ระดับความรู้และระดับทัศนคติไม่มีความสัมพันธ์ที่มีนัยสำคัญทางสถิติกับการรับวัคซีนเอชพีวี ดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัจจัยกับการได้รับวัคซีนเอชพีวี

ปัจจัย	χ^2	*df*	P-Value
อายุ	8.192	6	0.224
ระดับการศึกษา	3.332	5	0.649
รายได้ของครอบครัว	0.757	3	0.860
ระดับความรู้	4.199	2	0.123
ระดับทัศนคติ	4.701	2	0.095

*ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ p<0.05

การอภิปรายผล

1. ปัจจัยด้านความรู้และการสื่อสาร

ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนชายมีความรู้เกี่ยวกับเอชพีวี ในระดับปานกลาง โดยเฉพาะความรู้เกี่ยวกับช่องทางการติดต่อของเชื้อที่ยังไม่ชัดเจน (เพียงร้อยละ 46.2 เท่านั้นที่ตอบถูก) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ(Dana Badau,2023) ที่พบว่าวัยรุ่นมีความรู้ที่ไม่สมบูรณ์เกี่ยวกับโรคเอชพีวีโดยเฉพาะในด้านการป้องกัน และช่องทางการติดต่อ ผลนี้แสดงให้เห็นถึงความจำเป็นในการส่งเสริมการศึกษาเกี่ยวกับโรคเอชพีวี ในลักษณะที่เข้าใจง่าย เพื่อให้นักเรียนชายมีความรู้ที่ถูกต้องและสมบูรณ์ ต่างกับงานวิจัยของ (จิตารัตน์ ม่วงพุ่ม, 2566). ที่พบว่ามีความรู้เกี่ยวกับเอชพีวี ในระดับสูงเนื่องจากตนเองต้องได้รับวัคซีน

อย่างไรก็ตาม กลุ่มตัวอย่างมีความรู้ที่ค่อนข้างสูงเกี่ยวกับประโยชน์ของการฉีดวัคซีน (ร้อยละ 85.0 รู้ว่าวัคซีนช่วยป้องกันหูดหงอนไก่) ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าการรับรู้เกี่ยวกับความเสี่ยงต่อสุขภาพของเพศชายจากเชื้อโรคเอชพีวี เริ่มเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด สาเหตุอาจมาจากการเปลี่ยนแปลงของการรณรงค์ และการสื่อสารด้านสุขภาพในโลกดิจิทัล โดยเฉพาะในช่องทางโซเชียลมีเดีย

2. ปัจจัยด้านทัศนคติและการรับรู้

ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนชายมีทัศนคติเชิงบวกต่อวัคซีนเอชพีวี ในระดับสูง (ร้อยละ 59.4 มีทัศนคติมากที่สุด) และเห็นด้วยอย่างยิ่งว่าการป้องกันโรคจากจากเชื้อเอชพีวี ซึ่งมีความสำคัญไม่แพ้เพศหญิง (ร้อยละ 55.6) ผลนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ (Camelia Florina Iova, 2023) ที่พบว่าวัยรุ่นมีทัศนคติบวกต่อวัคซีนเอชพีวี และเห็นความสำคัญของการป้องกันโรค ประเด็นน่าสังเกตคือ ร้อยละ 68.8 เห็นด้วยอย่างยิ่งว่าควรมีการรณรงค์ให้ความรู้เกี่ยวกับวัคซีนเอชพีวี มากขึ้น ซึ่งแสดงให้เห็นว่านักเรียนชายตระหนักถึงช่องว่างในการสื่อสารต้องการข้อมูลที่ชัดเจน และเพียงพอเกี่ยวกับวัคซีน สิ่งนี้เสนอให้เป็นโอกาสสำหรับการพัฒนาแคมเปญการรณรงค์ที่มุ่งเป้าไปยังเพศชาย

3. ช่องว่างระหว่างความตั้งใจและการปฏิบัติ

ผลการศึกษาพบว่า ขณะที่ร้อยละ 53.1 ของกลุ่มตัวอย่างตั้งใจที่จะรับวัคซีนเอชพีวี ภายใน 1 ปี แต่เพียงร้อยละ 33.8 ที่ได้รับวัคซีนแล้ว ช่องว่างนี้ (19.3 เปอร์เซ็นต์) แสดงให้เห็นว่ามีอุปสรรคอื่นๆ ที่ป้องกันการแปลความตั้งใจเป็นการปฏิบัติอุปสรรคที่อาจมีบทบาทสำคัญ ได้แก่ (1) ปัจจัยด้านค่าใช้จ่าย เนื่องจากวัคซีนเอชพีวี มีราคาค่อนข้างสูง (2) ปัจจัยด้านการเข้าถึง เนื่องจากวัคซีนเอชพีวี ยังไม่รวมอยู่ในรายชื่อวัคซีนพื้นฐานสำหรับเพศชาย (3) ปัจจัยด้านแรงจูงใจ เนื่องจากผู้ปกครองอาจไม่มีการเสริมแรงให้เด็กรับวัคซีน ผลนี้สอดคล้องกับการศึกษาของ (รัตติยากร มาลาธรรมรัตน์ และคณะ, 2565)

ที่พบว่าปัจจัยด้านความสะดวก และการสนับสนุนเป็นตัวแปรทำนายความตั้งใจในการฉีดวัคซีนที่สำคัญ ต่างกับ(อลิชา ศรีวชรฤทธิ์ และคณะ, 2568). ที่พบว่านิสิตที่มีคู่รักทั้งเพศชายและหญิงมีความตั้งใจในการฉีดวัคซีนป้องกันการติดเชื้อเอชพีวีอยู่ในระดับมาก

4. บทบาทของบุคลากรทางการแพทย์และสถาบันการศึกษา

ผลการศึกษาพบว่า ร้อยละ 79.4 ของกลุ่มตัวอย่างสนใจรับวัคซีนหากแพทย์แนะนำอย่างชัดเจน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าความเชื่อ และการไว้วางใจต่อบุคลากรทางการแพทย์มีบทบาทสำคัญอย่างมากในการตัดสินใจ นอกจากนี้ ร้อยละ 65.6 สนใจรับวัคซีนหากโรงเรียนจัดให้มีโครงการ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความสำคัญของสถาบันการศึกษาในการเป็นช่องทางการสนับสนุน ข้อคิดเห็นนี้เสนอให้เป็นแนวทางในการพัฒนาโครงการโดยเน้นความร่วมมือระหว่างโรงเรียน บุคลากรทางการแพทย์ และหน่วยบริการสาธารณสุข ในการจัดโครงการรณรงค์และให้บริการวัคซีนแบบบูรณาการ

5. การไม่มีความสัมพันธ์ที่มีนัยสำคัญทางสถิติ

ผลการศึกษาพบว่า ไม่มีความสัมพันธ์ที่มีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างปัจจัยส่วนบุคคล (อายุ ระดับการศึกษา รายได้) และระดับความรู้และทัศนคติ กับการรับวัคซีนเอชพีวี อย่างไรก็ตาม ผลนี้ไม่ได้บ่งชี้ว่าปัจจัยเหล่านี้ไม่สำคัญ แต่อาจหมายถึงว่าอุปสรรคอื่นๆ ที่ใหญ่กว่า เช่น ปัจจัยด้านค่าใช้จ่าย การเข้าถึง และนโยบายสาธารณสุข มีบทบาทที่โดดเด่นมากกว่าสิ่งนี้ ที่พบว่าปัจจัยด้านการเข้าถึง และการสนับสนุนจากระบบสาธารณสุขเป็นอุปสรรคหลักต่อการให้วัคซีน HPV ในประเทศต่างๆ

6. ความเกี่ยวข้องกับทฤษฎี Health Belief Model

ผลการศึกษานี้มีความเกี่ยวข้องบางส่วนกับทฤษฎี Health Belief Model (HBM) ที่คาดว่า การรับรู้ถึงความเสี่ยง การรับรู้ถึงประโยชน์ และการรับรู้เรื่องความสามารถในการป้องกันจะนำไปสู่การปฏิบัติด้านสุขภาพที่ดีขึ้น (Anees Alyafei & Raul Easton-Carr., 2024) ในกรณีของการศึกษานี้ นักเรียนชายแสดงให้เห็นว่าพวกเขามี (1) การรับรู้ถึงประโยชน์ของวัคซีน (ร้อยละ 52.5 เห็นด้วยอย่างยิ่ง) (2) ทัศนคติเชิงบวก (ร้อยละ 59.4 มีทัศนคติมากที่สุด) และ (3) ความตั้งใจในการรับวัคซีน (ร้อยละ 53.1) อย่างไรก็ตาม หากทฤษฎี HBM ที่ว่านี้ใช้ได้อย่างเต็มที่ อัตราการรับวัคซีนควรจะสูงกว่านี้ สิ่งนี้บ่งชี้ว่า "cues to action" (สัญญาณหรือการเตือนสติในการปฏิบัติ) เช่น การรณรงค์ การเข้าถึง และการสนับสนุนจากผู้อื่น เป็นปัจจัยที่ขาดหายไป

7. ข้อเสนอแนะสำหรับการปรับปรุง

โดยสรุป ผลการศึกษานี้เสนอให้มีการปรับปรุงในด้านต่างๆ ดังนี้

1) ด้านการศึกษาและการสื่อสาร : ควรมีการพัฒนาแคมเปญการรณรงค์ที่มุ่งเป้าไปยังเพศชาย โดยให้ข้อมูลที่ชัดเจน ถูกต้อง และสามารถเข้าถึงได้ง่ายผ่านช่องทางที่นักเรียนชายใช้ เช่น โซเชียลมีเดีย เว็บไซต์ และแอปพลิเคชันสุขภาพ

2) ด้านนโยบายและการสนับสนุน : ควรพิจารณาการรวมวัคซีนเอชพีวี ไว้ในรายชื่อวัคซีนพื้นฐานสำหรับเพศชาย หรืออย่างน้อยควรมีการสนับสนุนด้านค่าใช้จ่ายให้กับกลุ่มประชากรที่มีรายได้น้อย

3) ด้านการให้บริการ : ควรมีการจัดโครงการให้วัคซีนเอชพีวี ในสถานศึกษา โดยความร่วมมือระหว่างโรงเรียน บุคลากรทางการแพทย์ และหน่วยบริการสาธารณสุข เพื่อให้เด็กเรียนสามารถเข้าถึงบริการได้โดยสะดวก

4) ด้านการพัฒนาด้านมนุษยสัมพันธ์ : ควรมีการฝึกอบรมบุคลากรด้านสุขภาพให้มีทักษะในการสื่อสารและให้คำปรึกษาเกี่ยวกับวัคซีนเอชพีวีเพื่อสร้างความเชื่อมั่นและการยอมรับในกลุ่มเยาวชนชาย

บทสรุป

จากการศึกษาพบว่า กลุ่มตัวอย่างคือ นักเรียนชายในช่วงมัธยมศึกษาปีที่ 1 ถึงมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 160 คน มีการรับวัคซีนเอชพีวี Human Papilloma Virus (HPV) จำนวน 54 คน จากทั้งหมด 160 คน คิดเป็นร้อยละ 33.8

การศึกษาครั้งนี้สะท้อนให้เห็นถึงสถานการณ์ความตระหนักรู้และการเข้าถึงวัคซีนเอชพีวี ของนักเรียนชายในเขตเมืองที่มีความน่าสนใจ โดยพบว่ากลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่แม้จะมีความรู้เกี่ยวกับไวรัสเอชพีวี และวัคซีนอยู่ในระดับปานกลาง แต่ก็มีทัศนคติเชิงบวกต่อการรับวัคซีนในระดับที่สูงมาก โดยเฉพาะความเข้าใจที่ว่าวัคซีนไม่ได้มีประโยชน์เพียงแค่ในเพศหญิง แต่มีความสำคัญต่อเพศชายในการป้องกันโรคอย่างหูดหงอนไก่และมะเร็งบางชนิดด้วย อย่างไรก็ตาม ยังคงมีช่องว่างของความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนในเรื่องช่องทางการติดต่อของเชื้อ และที่สำคัญที่สุดคือกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ยังไม่ทราบถึงนโยบายภาครัฐที่จัดสรรวัคซีนให้แก่เด็กผู้ชายโดยไม่มีค่าใช้จ่าย ซึ่งความไม่รู้นี้ส่งผลโดยตรงต่ออัตราการได้รับวัคซีนจริงที่ยังอยู่ในระดับต่ำเมื่อเทียบกับความตั้งใจที่มีอยู่สูง จากช่องว่างระหว่างความตั้งใจและการปฏิบัติที่พบ งานวิจัยชี้ให้เห็นว่าปัจจัยส่วนบุคคลหรือรายได้ไม่ใช่ตัวแปรหลักที่ตัดสินการรับวัคซีน แต่อุปสรรคที่สำคัญคือปัจจัยด้านการเข้าถึง ข้อมูลข่าวสาร และการสนับสนุนจากระบบสาธารณสุข โดยกลุ่มตัวอย่างให้ความเชื่อมั่นต่อคำแนะนำของบุคลากรทางการแพทย์และนโยบายสนับสนุนจากสถานศึกษาเป็นอย่างมาก ดังนั้นแนวทางสำคัญในการยกระดับการรับวัคซีนในอนาคตจึงควรเน้นไปที่การสื่อสารเชิงรุกผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัลที่เข้าถึงเยาวชนชายได้ง่าย โดยมุ่งเน้นการแก้ความเข้าใจผิดเรื่องช่องทางการติดต่อและประชาสัมพันธ์สิทธิประโยชน์ในการรับวัคซีนฟรี ควบคู่ไปกับการสร้างความร่วมมือแบบบูรณาการระหว่างสถานศึกษาและหน่วยงานสาธารณสุขในการจัดตั้งจุดบริการวัคซีนภายในโรงเรียน รวมถึงการฝึกอบรมบุคลากรทางการแพทย์ให้พร้อมเป็นที่ปรึกษาเพื่อสร้างความมั่นใจ ซึ่งจะช่วยเปลี่ยนแรงจูงใจเชิงบวกของนักเรียนให้เป็นการเข้ารับวัคซีนได้อย่างเป็นรูปธรรมและยั่งยืน

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้ สำเร็จสมบูรณ์ได้ด้วยความกรุณาและความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจาก อาจารย์อุทัย ทับทอง ที่ได้กรุณาถ่ายทอดความรู้ แนวคิด วิธีการคำแนะนำ และตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความเอาใจใส่ยิ่ง ผู้วิจัย ขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

เอกสารอ้างอิง

กรมการแพทย์. (2568). มกราคม เดือนแห่งการรณรงค์ต้านภัยมะเร็งปากมดลูก. กรุงเทพฯ: สถาบันมะเร็งแห่งชาติ กรมการแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข.

กรมควบคุมโรค. (2566). แนวทางการให้บริการวัคซีนเอชพีวี (HPV) ในโครงการฉีดวัคซีนเพื่อป้องกันมะเร็งปากมดลูก. นนทบุรี: กระทรวงสาธารณสุข.

คนึงนิจ กิตติจันทร์เมธี, จันทร์พร ก้องวัชรพงศ์. (2562). วัคซีนป้องกันการติดเชื้อไวรัสเอชพีวีชนิด 9 สายพันธุ์. วารสารเภสัชกรรมโรงพยาบาล สมาคมเภสัชกรรมโรงพยาบาล (ประเทศไทย). (29): 261-273.

จิตารัตน์ ม่วงพุ่ม. (2566). ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจฉีดวัคซีนป้องกันมะเร็งปากมดลูกของนักเรียนหญิงชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย อำเภอเมืองชัยนาท จังหวัดชัยนาท. วิทยานิพนธ์ปริญญาสาธารณสุขศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

ณัฐพล พบลาภ. (2567). วัคซีน HPV และ การตรวจหาเชื้อไวรัส HPV ด้วยตนเอง. ค้นเมื่อ 11 พฤษภาคม 2569. https://w1.med.cmu.ac.th/obgyn/lecturestopics/51700/

รัตติยากร มาลาธรรมรัตน์ และคณะ. (2565). ปัจจัยทำนายความตั้งใจในการฉีดวัคซีนเอชพีวีของกลุ่มเยาวชนชายรักชาย จังหวัดชลบุรี. วารสารพยาบาลทหารบก. 23(2): 540-550.

วรัญญ์ศิชา ทรัพย์ประเสริฐ,สุรพล เมฆวณิชย์,กรกฎฤทธิ์- ประสม,สายันห์ ปัญญาทรง, ปาลิตา มาหาญ, ปิยะธิดาอินทร์ประสงค์, พรนภา ปราบชมภู, วรัญญา ถิ่นลำปาง, และ วันกวี เอี่ยมสุนทร (2564). ความรอบรู้ด้านสุขภาพการทำบทบาท หน้าที่ของครอบครัวและจิตสำนึกสาธารณะที่มีต่อพฤติกรรมชีวิตวิถีใหม่ในการป้องกัน โรคติด เชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ของครอบครัวเด็กวัยเรียนอำเภอเมืองจังหวัดชลบุรี. วารสารวิชาการ มหาวิทยาลัยปทุมธานี. 13(2): 108-124.

วรวรรณ กลิ่นสุภา, สุชาดา เจียมสิริ. (2567). วัคซีนเอชพีวีในแผนงานสร้างเสริมภูมิคุ้มกันโรคของประเทศไทย. วารสารสถาบันป้องกันควบคุมโรคเขตเมือง. 9(1): 345-363.

ศักดิ์ชัย จันทะแสง. (2568). การคำนวณขนาดตัวอย่างด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป G*POWER. วารสาร Mahidol R2R e-Journal, 12(2): 31-43.

อลิชา ศรีวชรฤทธิ์, กนกพร กิ่งสวัสดิ์ และเสาวนีย์ ทองนพคุณ. (2568). ความรอบรู้ด้านสุขภาพทางเพศและปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับความตั้งใจในการฉีดวัคซีนป้องกันการติดเชื้อเอชพีวีของนิสิตมหาวิทยาลัยแห่งหนึ่งในจังหวัดชลบุรี. วารสารการแพทย์และสาธารณะสุข มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี. 8(1): 27-39.

American Sexual Health Association. (2025). One and Done? New Study Suggests that One Dose of HPV Vaccine May Be Enough. Accessed 21 April 2025. https://www.ashasexualhealth.org/one-and-done-new-study-suggests-that-one-dose-of-hpv-vaccine-may-be-enough/

Anees Alyafei & Raul Easton-Carr. (2024). *The Health Belief Model of Behavior Change*. National Library of Medicine. Accessed 21 April 2025. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK606120/

Dana Badau. (2023). Evaluation of the Knowledge and Attitude of Adolescents Regarding the HPV Infection, HPV Vaccination and Cervical Cancer in a Region from the Northwest of Romania. *Dovepress*. (17): 2249-2262.

Iova CF, Badau D, Daina MD, Suteu CL & Daina LG. (2023). Evaluation of the Knowledge and Attitude of Adolescents Regarding the HPV Infection, HPV Vaccination and Cervical Cancer in a Region from the Northwest of Romania. Patient Preference and Adherence. 17: 2249-2262. doi:10.2147/ppa.s421875.

Patel, C., Brotherton, J. M., Pillsbury, A., Jayasinghe, S., Donovan, B., Macartney, K., & Marshall, H. (2561). The impact of 10 years of human papillomavirus (HPV) vaccination in Australia: what additional disease burden will a nonavalent vaccine prevent?. Accessed 21 April 2025. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30326995/

World Health Organization. (2567). *Human papillomavirus and cancer*. Accessed 9 May 2025. https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/human-papilloma-virus-and-cancer

การศึกษาลักษณะพันธุกรรมและการกลายพันธุ์ของเชื้ออะดีโน สายพันธุ์ที่แยกได้ในประเทศไทย ระหว่างปีพ.ศ. 2566 – 2568

Genetic Characterization and Mutation Analysis of Human Adenoviruses in Thailand, 2023-2025

สิริชล กาละ* สิริภาภรณ์ ผุยกัน ภาณุพงศ์ นุตทะบัติ ณัฐธิดา ทองประมูล ฐิติชญา มีบัวทอง ธิดารัตน์ ขุนสุขแสน ภากร ภิรมย์ทอง และพิไลลักษณ์ อัคคไพบูลย์ โอกาดะ

Sirichol Kala*, Siripaporn phuygun, Phanupong Nutthabat, Nuttida Thongpramul Titichaya Mebuathong, Thidarat Khunsuksaen, Pakorn Piromtong and Pilailuk Akkapaiboon Okada

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์สาธารณสุข กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข นนทบุรี
National Institute of Health, Department of Medical Sciences, Ministry of Public Health, Nonthaburi
**Corresponding Author E-mail Address: sirichol.k @dmsc.mail.go.th*

บทคัดย่อ

การผ่อนคลายมาตรการควบคุมโรคโควิด-19 ส่งผลให้รูปแบบการแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสระบบทางเดินหายใจรวมถึงเชื้อไวรัสอะดีโน (HAdV) เปลี่ยนแปลงไป งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะพันธุกรรมและสายพันธุ์ลูกผสมของเชื้อไวรัสอะดีโนในประเทศไทยระหว่างปี พ.ศ. 2566–2568 โดยคัดเลือกตัวอย่างจากระบบเฝ้าระวังผู้ป่วยอาการคล้ายไข้หวัดใหญ่ที่ให้ผลบวกต่อเชื้อ HAdV ด้วยเทคนิค Real-time PCR นำมาเพาะแยกเชื้อในเซลล์ HEp-2 และหาลำดับนิวคลีโอไทด์ด้วยเทคโนโลยีเอ็นจีเอส (Next-Generation Sequencing ; NGS) ร่วมกับการวิเคราะห์ทางชีวสารสนเทศ จากการศึกษาพบผู้ติดเชื้อไวรัสอะดีโนจำนวน 1,246 ราย พบว่าเด็กอายุ ≤5 ปี เป็นกลุ่มเสี่ยงหลัก (ร้อยละ 70.6) และในปี พ.ศ. 2567–2568 พบการติดเชื้อในกลุ่มวัยเรียนและผู้ใหญ่เพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับปรากฏการณ์หนี้ภูมิคุ้มกันในประชากร นอกจากนี้ผลการวิเคราะห์สายพันธุ์จำนวน 114 ตัวอย่าง พบว่าในปี พ.ศ. 2566 มีการระบาดของสายพันธุ์ C เป็นสายพันธุ์หลัก (ร้อยละ 53.5) ร่วมกับสายพันธุ์ HAdV-B7 ที่สัมพันธ์กับอาการปอดอักเสบรุนแรง ปี พ.ศ. 2567 เกิดการเปลี่ยนผ่านสู่สายพันธุ์ B กลายเป็นสายพันธุ์หลัก (ร้อยละ 85.0) โดยมีการตรวจพบสายพันธุ์ลูกผสมใหม่ HAdV-B114 และในปี พ.ศ. 2568 พบการกลับมาระบาดหลักของสายพันธุ์ C (ร้อยละ 65.0) ร่วมกับสายพันธุ์ E (HAdV-4) (ร้อยละ 15.0) จะเห็นได้ว่าข้อมูลการเฝ้าระวังต่อเนื่อง 3 ปี บ่งชี้ถึงวิวัฒนาการและการเกิดสายพันธุ์ลูกผสมใหม่ที่อาจส่งผลต่อการหลบหลีกภูมิคุ้มกัน และความรุนแรงของโรค ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการวางแผนมาตรการสาธารณสุขและนโยบายวัคซีนในอนาคต

คำสำคัญ: เชื้ออะดีโน, การเฝ้าระวังระดับโมเลกุล, เทคโนโลยีเอ็นจีเอส, สายพันธุ์ลูกผสมใหม่

Abstract

The relaxation of COVID-19 mitigation measures has significantly altered the transmission dynamics of respiratory viruses, including human adenovirus (HAdV). This study aimed to characterize the genetic profiles and novel recombinants of HAdV circulating in Thailand during 2023–2025 to monitor emerging strains in the post-pandemic era. HAdV-positive samples from the national Influenza-like Illness (ILI) surveillance system were identified using real-time PCR. Viral isolates were propagated in HEp-2 cells, followed by comprehensive genetic characterization using next-generation sequencing (NGS) and bioinformatic analysis. From the surveillance database, 1,246 HAdV-positive cases were identified, with children aged $\le$ 5 years remaining the primary risk group (70.6%). During 2024–2025, an increased incidence among school-aged children and adults was observed, reflecting the "immunity debt" phenomenon within the population. Molecular characterization of 114 selected samples identified a distinct temporal shift in dominant species. In 2023, species C predominated (53.5%) alongside the highly pathogenic HAdV-B7. In 2024, a major epidemiological shift toward species B occurred (85.0%), marked by the detection of the novel recombinant strain HAdV-B114. In 2025, species C re-emerged as the dominant group (65.0%), circulating concurrently with species E (HAdV-4) at 15.0%. This three-year longitudinal surveillance highlights rapid genomic evolution and the emergence of novel recombinants, which may enhance immune evasion and clinical severity. These genomic insights are crucial for informing public health interventions, clinical management, and future vaccine policy development.

Keywords: Human Adenovirus (HAdV), Molecular Surveillance, Next-Generation Sequencing (NGS), Novel Recombinants

บทนำ

เชื้อไวรัสอะดีโน (Human adenoviruses: HAdV) จัดอยู่ในสกุล *Mastadenovirus* วงศ์ *Adenoviridae* มีสารพันธุกรรมเป็นดีเอ็นเอสายคู่ (double-stranded DNA: dsDNA) ขนาดจีโนมประมาณ 34–36 กิโลเบส (kb) มีรูปร่างสมมาตรแบบรูปยี่สิบหน้า (Icosahedral symmetry) และเป็นไวรัสที่ไม่มีเปลือกห่อหุ้ม (Non-enveloped) ซึ่งทำให้เชื้อมีความคงทนต่อสภาวะแวดล้อมและสารฆ่าเชื้อบางชนิด สามารถแพร่กระจายได้ผ่านละอองฝอยทางเดินหายใจ การสัมผัสพื้นผิวที่ปนเปื้อน และการติดต่อผ่านทางอุจจาระสู่ปาก (Fecal-oral route) (Maniah et al.,2023; Lynch and Kajon, 2016) ทำให้ติดเชื้อได้ง่าย พบการระบาดได้ตลอดทั้งปี

เชื้อไวรัสอะดีโน เป็นสาเหตุของการติดเชื้อก่อโรคได้หลายระบบในร่างกายช่วงเวลาเดียวกัน เช่น ระบบทางเดินหายใจ เยื่อบุตาอักเสบ และระบบทางเดินอาหาร (Lynch and Kajon, 2016; Lion, 2016) แม้ว่าการติดเชื้อส่วนใหญ่มักมีอาการไม่รุนแรงและหายได้เอง แต่ในกลุ่มเสี่ยง เช่น เด็กเล็ก ผู้สูงอายุ ผู้ที่ได้รับการเปลี่ยนถ่ายอวัยวะหรือไขกระดูกและผู้ที่มี

ภูมิคุ้มกันบกพร่อง เชื้ออาจก่อให้เกิดภาวะแทรกซ้อนที่รุนแรงจนถึงแก่ชีวิตได้ เช่น ปอดอักเสบรุนแรง (Shieh, 2021) นอกจากนี้เชื้อไวรัสอะดีโนมักก่อให้เกิดการระบาดเป็นกลุ่มก้อน ในสถานที่ชุมชนแออัด โรงเรียนหรือสถานฝึกทหาร

ปัจจุบันเชื้อไวรัสอะดีโน แบ่งออกเป็น 7 สายพันธุ์หรือสปีชีส์ (A-G) ตามลักษณะทางพันธุกรรม ในแต่ละสายพันธุ์สามารถจำแนกย่อยออกเป็นซีโรไทป์หรือจีโนไทป์ และมีมากกว่า 100 จีโนไทป์ ความหลากหลายทางพันธุกรรมนี้มีความสัมพันธ์กับอาการทางคลินิก ความรุนแรงของโรค และรูปแบบการระบาดของเชื้อ (Shieh, 2021) โดยสายพันธุ์ B เช่น HAdV-3, HAdV-7, HAdV-14 และ HAdV-55 จะมีสัมพันธ์กับการติดเชื้อทางเดินหายใจรุนแรงและปอดอักเสบ (Nguyen et al.,2023) ขณะที่สายพันธุ์ C เช่น HAdV-1, HAdV-2 และ HAdV-5 จะก่อโรคหวัดทั่วไปในเด็กและมีความรุนแรงต่ำกว่า สำหรับสายพันธุ์ E (HAdV-4) จะก่อให้เกิดไข้ร่วมกับอาการทางเดินหายใจ พบการระบาดในกลุ่มผู้ที่อยู่รวมกันอย่างหนาแน่น เช่น ในกลุ่มทหาร (Chen et al., 2025)

นอกจากนี้ ในช่วงหลายปีที่ผ่านมาได้มีรายงานการตรวจพบสายพันธุ์ลูกผสมของไวรัสอะดีโนซึ่งเกิดจากการแลกเปลี่ยนสารพันธุกรรมระหว่างสายพันธุ์ (Genetic recombination) ระหว่างยีนโครงสร้างหลัก ได้แก่ *Hexon*, *Penton* และ *Fiber* การรวมตัวกันใหม่ของยีนส่งผลก่อให้เกิดสายพันธุ์ลูกผสมใหม่ๆ (Recombinant viruses) ทำให้เชื้อมีรูปแบบการระบาดที่เปลี่ยนแปลงไป มีความรุนแรงเพิ่มขึ้น และมีความสามารถในการหลบหลีกภูมิคุ้มกันของร่างกายได้ดีขึ้น (Zhang et al., 2023)

การวินิจฉัยการติดเชื้อไวรัสอะดีโนทางห้องปฏิบัติการในปัจจุบันนิยมใช้วิธีปฏิกิริยาลูกโซ่พอลิเมอเรส (Polymerase chain reaction; PCR) ซึ่งถูกนำมาใช้กันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากมีความไวและความจำเพาะสูง ให้ผลรวดเร็ว อย่างไรก็การตรวจวิเคราะห์ด้วยวิธี PCR ที่อาศัยยีนเป้าหมายเพียงบางส่วน อาจไม่เพียงพอและไม่สามารถจำแนกสายพันธุ์ได้ ปัจจุบันจึงได้มีการนำเทคโนโลยีการหาลำดับเบสแบบเอ็นจีเอส (Next-generation sequencing: NGS) เข้ามามีบทบาทสำคัญในการศึกษาวิเคราะห์ลำดับนิวคลีโอไทด์ของเชื้อ ทำให้สามารถจำแนกสายพันธุ์และจีโนไทป์หรือตรวจจับการกลายพันธุ์ได้อย่างครอบคลุมมีความแม่นยำสูงขึ้น อีกทั้งยังสามารถตรวจจับการกลายพันธุ์และการเกิดสายพันธุ์ลูกผสมได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งข้อมูลดังกล่าวมีความสำคัญต่อการทำความเข้าใจพยาธิกำเนิดของโรค การพยากรณ์ความรุนแรง และการเฝ้าระวังการระบาดของเชื้อในระยะยาว

อย่างไรก็ตาม ข้อมูลด้านระบาดวิทยาเชิงโมเลกุลของเชื้อไวรัสอะดีโนในประเทศไทยยังคงมีอยู่อย่างจำกัด โดยเฉพาะในช่วงหลังการแพร่ระบาดใหญ่ของโรคโควิด-19 ซึ่งพฤติกรรมการแพร่กระจายของไวรัสทางเดินหายใจเปลี่ยนไปอย่างมากจากปรากฏการณ์ "หนี้ภูมิคุ้มกัน" (Immunity Debt) เกิดจากการที่ประชาชนส่วนใหญ่ไม่มีโอกาสได้รับเชื้อเพื่อกระตุ้นภูมิคุ้มกันตามธรรมชาติ ทำให้ไม่มีภูมิคุ้มกันต่อเชื้อ เนื่องมาจากการใช้มาตรการป้องกันและควบคุมอย่างเข้มงวด (Cohen et al., 2021)

การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์การวิจัย เพื่อศึกษาอุบัติการณ์ รูปแบบการกระจายตัว ตลอดจนจำแนกสปีชีส์ (Species) และจีโนไทป์หลัก (Genotypes) ทางระบาดวิทยาของเชื้อไวรัสอะดีโน ตามรายเดือนและกลุ่มอายุของผู้ป่วยในประเทศไทย ระหว่างปี พ.ศ. 2566 – 2568 พร้อมทั้งติดตามแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงสายพันธุ์และสายพันธุ์ลูกผสม เพื่อใช้เป็นฐานข้อมูลในการวางแผนมาตรการควบคุมโรคและและพิจารณานโยบายวัคซีนในอนาคต

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

รูปแบบการศึกษา

การศึกษานี้เป็นการศึกษาเชิงพรรณนาแบบภาคตัดขวาง (Cross-sectional study) ร่วมกับการวิเคราะห์ทางระบาดวิทยาเชิงโมเลกุลของเชื้อไวรัสอะดีโนในประเทศไทย ระหว่างปีพ.ศ. 2566 - 2568 เพื่อศึกษาการกระจายสายพันธุ์และสายพันธุ์ลูกผสม

การคัดเลือกตัวอย่าง

คัดเลือกตัวอย่างสิ่งส่งตรวจที่เหลือจากกระบวนการตรวจวิเคราะห์ (left-over specimen)) จากผู้ป่วยอาการคล้ายไข้หวัดใหญ่ (Influenza-like illness; ILI) ส่งตรวจที่ฝ่ายไวรัสระบบทางเดินหายใจ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์สาธารณสุข กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ ซึ่งเก็บรวบรวมระหว่างปีพ.ศ. 2566 - 2568 โดยใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive sampling) จำนวน 114 ตัวอย่าง สำหรับศึกษาการกระจายสายพันธุ์และสายพันธุ์ลูกผสม ตามเกณฑ์ที่กำหนดดังนี้

เกณฑ์คัดเข้า (Inclusion criteria) เป็นตัวอย่างสิ่งส่งตรวจจากระบบทางเดินหายใจที่ตรวจพบเชื้อไวรัสอะดีโนด้วยเทคนิค Multiplex Real-time PCR ที่ให้ค่า Cycle threshold (Ct) น้อยกว่า 25 และมีปริมาณเพียงพอต่อการตรวจวิเคราะห์ด้วยวิธีการเพาะแยกเชื้อ

เกณฑ์การคัดเลือกออก (Exclusion Criteria) เป็นตัวอย่างที่มีการติดเชื้อร่วมกับไวรัสระบบทางเดินหายใจชนิดอื่น (Co-infection) จากการตรวจด้วยเทคนิค Multiplex Real-time PCR และตัวอย่างที่มีปริมาณไม่เพียงพอต่อการตรวจวิเคราะห์

การเตรียมตัวอย่างสำหรับการเพาะแยกเชื้อ

นำหลอดตัวอย่างจากสารคัดหลั่งหรือไม้ป้ายสวอปที่แช่บรรจุในน้ำยาเก็บตัวอย่างไวรัส (Viral Transport Medium: VTM) เพื่อคงรักษาสภาพไวรัส วางแช่ลงในถาดพร้อมน้ำแข็งตลอดเวลา ในขั้นตอนระหว่างการเพาะแยกเชื้อ จากนั้นวางหลอดตัวอย่างบนเครื่องผสมสารเบาๆ เป็นเวลา 15 วินาที เพื่อให้ตัวอย่างผสมกันเป็นเนื้อเดียวกัน โดยดึงก้านไม้ป้ายทิ้ง ถ้าสำหรับตัวอย่างเป็นสารคัดหลั่ง ที่เป็นมูกเหนียว ให้ดูดพ่นผ่านไปเปตหลายครั้ง และอาจเติมน้ำยา VTM หรือสารละลายบัฟเฟอร์ฟอสเฟตที่ไม่มีแมกนีเซียมและแคลเซียม (Phosphate Buffered Saline: PBS-) ลงไปปริมาตร 1-2 มิลลิลิตร เพื่อช่วยให้การแตกตัวกระจายดีขึ้น จากนั้นถ่ายตัวอย่างลงในหลอดปั่นเหวี่ยงขนาด 1.5 มิลลิลิตร และนำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 2,000 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 4 องศาเซียส เป็นเวลา 5-10 นาที ดูดเก็บส่วนใสใส่ลงในหลอดทปราศจากเชื้อใหม่ที่เตรียมไว้ในถาดน้ำแข็ง เพื่อนำไปใช้ในการเพาะเชื้อต่อไป

การเพาะแยกเชื้อไวรัสอะดีโนในเซลล์เพาะเลี้ยง

การศึกษานี้ใช้เซลล์เพาะเลี้ยงมาตรฐาน HEp-2 (ATCC® CCL-23™) โดยเตรียมเซลล์เพาะเลี้ยงลงในขวดเลี้ยงเซลล์ขนาด 25 ตารางเซนติเมตร อายุ 18-24 ชั่วโมง จนเซลล์เจริญเต็มพื้นที่ร้อยละ 80-100 เซลล์กระจายยึดเกาะเต็มพื้นผิวในขวดเลี้ยงเซลล์ เซลล์มีลักษณะการจัดเรียงตัวเป็นชั้นเดียวที่มีรูปร่างและสภาพปกติ จากนั้นดูดอาหารเลี้ยงเซลล์เก่าออกและล้างเซลล์ด้วย PBS(-) ปริมาตร 5 มิลลิลิตร นำตัวอย่างที่เตรียมไว้ ปริมาตร 0.2 มิลลิลิตร หยดลงในขวดเลี้ยงเซลล์และนำขวดเลี้ยงเซลล์ไปบ่มในตู้อบที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ภายใต้สภาวะที่มีก๊าซ CO_2 ร้อยละ 5 เป็นเวลา 1 ชั่วโมง เพื่อให้อนุภาคของไวรัสเข้าสู่เซลล์ เมื่อครบเวลาให้เติมอาหารเลี้ยงเซลล์ชนิด Dulbecco's Modified Eagle Medium (DMEM), Fetal Bovine Serum (FBS) ร้อยละ 2 และยาปฏิชีวนะ Penicillin-Streptomycin แล้วบ่มในตู้อบ ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส สภาวะที่มีก๊าซ CO_2 ร้อยละ 5 เป็นเวลา 5 - 7 วัน สังเกตการเปลี่ยนแปลงทางสัณฐานวิทยารูปร่างของเซลล์

(Cytopathic effect: CPE) ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ชนิดใช้แสงแบบกลับหัว โดยเซลล์ที่มีการติดเชื้อไวรัสอะดีโนจะมีลักษณะรูปร่างเซลล์กลม (Cell rounding) และมีการรวมกลุ่มกันเป็นหย่อมคล้ายพวงองุ่น (Grape-like clusters) รวมถึงมีการขยายขนาดของเซลล์ขึ้นและเซลล์จะหลุดลอกออกจากพื้นผิวยึดเกาะ เมื่อพบการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของเซลล์ในระดับ 3+ (CPE ประมาณร้อยละ 75 ของพื้นที่ทั้งหมด) โดยเซลล์ที่ติดเชื้อจะมีการเปลี่ยนแปลงเกือบทั่วแผ่นเซลล์ที่ยึดเกาะภายในขวดเลี้ยงเซลล์ เปรียบเทียบกับเซลล์ควบคุมปกติ ซึ่งเป็นเซลล์ที่ไม่มีการติดเชื้อไวรัสอะดีโนไม่มีการเติมตัวอย่างหรือเชื้อลงไป ให้ใช้ไปเปตดูดพ่นน้ำเลี้ยงเซลล์ให้ทั่วขวดเลี้ยงเซลล์ แล้วดูดใส่ลงในหลอดปั่นเหวี่ยงขนาด 15 มิลลิลิตร นำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 2,000 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 4 องศาเซียส เป็นเวลา 5-10 นาที ดูดส่วนใสเก็บไว้ในหลอดบรรจุเย็นขนาด 2 มิลลิลิตร และเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ -70 องศาเซียส เพื่อใช้ในการทดสอบต่อไป ในกรณีที่ไม่สังเกตเห็นการเปลี่ยนแปลงของเซลล์ (CPE) ภายในระยะเวลา 7 วัน ให้ทำการเก็บตัวอย่างน้ำเลี้ยงเซลล์และเซลล์ไปเพาะเลี้ยงต่อในขวดเซลล์ใหม่ และตรวจยืนยันเชื้อไวรัสอะดีโนด้วยด้วยวิธี Multiplex Real-time PCR

การสกัดสารพันธุกรรมของเชื้อไวรัสอะดีโน

การสกัดสารพันธุกรรมของเชื้อไวรัสจากน้ำเลี้ยงเซลล์ที่แยกได้ ดำเนินการโดยใช้ชุดน้ำยาสกัดสารพันธุกรรมสำเร็จรูปชุดน้ำยาสกัดสารพันธุกรรมสำเร็จรูป Nucleospin RNA virus (MACHEREY-NAGEL GmbH & Co. KG, Germany, Cat No. 740956) และตรวจยืนยันเชื้อไวรัสอะดีโนด้วยด้วยวิธี Multiplex Real-time PCR ชุดน้ำยาที่ใช้สำหรับตรวจหาสารพันธุกรรมเชื้อไวรัสพาราอินฟลูเอนซ่า ชนิด 1 (Parainfluenza virus type 1; PIV-1) อาร์เอส (Respiratory syncytial virus; RSV) และอะดีโน (Human Adeno virus; HAdV) ดำเนินการด้วยวิธี Multiplex Real-time PCR โดยใช้ชุดน้ำยา SuperScript™ III Platinum One-step Quantitative RT-PCR Kit (Invitrogen, Thermo Fisher Scientific, Waltham, MA, USA, Cat No.11732-020) การทดสอบนี้ใช้ชุดไพรเมอร์และโพรบที่มีความจำเพาะต่อยีนเป้าหมายของเชื้อแต่ละชนิดปฏิบัติตามวิธีของ US-CDC ซึ่งติดฉลากด้วยสีเรืองแสงที่แตกต่างกัน เพื่อแยกสัญญาณการตรวจวัดของเชื้อแต่ละชนิด (ตารางที่ 1) โดยมีปริมาตรปฏิกิริยารวมเท่ากับ 25 ไมโครลิตร ประกอบด้วยส่วนผสมของปฏิกิริยา ปริมาตร 20 ไมโครลิตร และสารพันธุกรรม ปริมาตร 5 ไมโครลิตร ประกอบด้วย Rnase free H_2O ปริมาตร 4.75 ไมโครลิตร 2x PCR Master Mix ปริมาตร 12.5 ไมโครลิตร ไพรเมอร์และโพรบอย่างละ ปริมาตร 0.25 ไมโครลิตร และ Superscript –Tag Mix ปริมาตร 0.5 ไมโครลิตร

ตารางที่ 1 ชุดไพรเมอร์และโพรบสำหรับการตรวจหาเชื้อไวรัสพาราอินฟลูเอนซ่า ชนิด 1 อาร์เอส และอะดีโนด้วยวิธี Multiplex Real - time PCR

ชุดไพรเมอร์และโพรบ	ลำดับเบส (Sequence 5' ⟶ 3')	ความเข้มข้น (µM)	ยีนเป้าหมาย
PIV-1 -Forward	AGT TGT CAA TGT CT AAT TCG TAT CAA T	50	Hemagglutinin
PIV-1 -Reverse	TCG GCA CCT AAG TAA TTT TA GTT	50	Neuraminidase
PIV-1 Probe (FAM)	ATA GGC CAA AGA "T"TG TTG TCG AGA CTA TTC CAA	5	(HN gene)
RSV –Forward	GGC AAA TAT GGA AAC ATA CGT GAA	50	Matrix gene
RSV –Reverse	TCT TTT TCT AGG ACA TTG TAY TGA ACA G	25	(M gene)
RSV Probe (HEX)	CTG TGT ATG TGG AGC CTT CGT GAA GCT	5	
HAdV –Forward	GCC CCA GIG GIC TTA CAT GCA CAT C	50	Late gene 3
HAdV –Reverse	GCC ACG GTG GGG TTT CTA AAC TT	50	(L3 gene)
HAdV Probe (ROX)	TG CAC CAGACCOGG GCT CAG GTA CTC CGA	10	

ตารางที่ 2 แสดงรายละเอียดอัตราส่วนของปฏิกิริยาด้วยวิธี Multiplex Real-time PCR สำหรับตรวจหาเชื้อไวรัสพาราอินฟลูเอนซ่า ชนิด 1 อาร์เอส และอะดีโน

สารเคมี	Microliter / Reaction	สภาวะที่เหมาะสมในการทำ Real-time PCR		
	X ..... Reaction			
น้ำปราศจาก RNase	4.75	รอบ	อุณหภูมิ	เวลา
2x PCR Master Mix	12.5	1x	50°C	30 นาที
Forward primer	0.25+0.25+0.25	1x	95°C	2 นาที
Reverse primer	0.25+0.25+0.25	45x	95°C	15 วินาที
			55°C	30 วินาที
Probe	0.25+0.25+0.25			
Superscript –Tag Mix	0.5			
รวม	20.0			
ใส่ DNA/RNA	5	Fluorescence data collect		

การจำแนกสายพันธุ์ของเชื้อไวรัสอะดีโนด้วยเทคโนโลยีเอ็นจีเอส

นำสารพันธุกรรมของเชื้อไวรัสอะดีโนที่แยกได้ มาทำการหาลำดับนิวคลีโอไทด์เพื่อระบุสายพันธุ์ โดยเพิ่มปริมาณสารพันธุกรรมเป้าหมายด้วยเทคนิค PCR โดยใช้เครื่อง DNA Thermal Cycler เพื่อให้ได้ปริมาณสารพันธุกรรมที่เพียงพอ ก่อนนำไปการเตรียมห้องสมุดสารพันธุกรรม (Library preparation) ด้วยชุดน้ำยาสำเร็จรูป Nextera XT DNA Library Prep Kit (Illumina, San Diego, CA, USA) อาศัยหลักการตัดสายดีเอ็นเอพร้อมเชื่อมต่อลำดับอะแดปเตอร์ (Adapter sequences) ในขั้นตอนเดียวด้วยเอนไซม์ทรานสโพโซม (Tagmentation) จากนั้นทำการเพิ่มดัชนีจำเพาะ (Indexing PCR) ของแต่ละ

ตัวอย่างด้วยชุดน้ำยา Nextera XT Index Kit เพื่อให้สามารถวิเคราะห์หลายตัวอย่างร่วมกันในรอบการหาลำดับนิวคลีโอไทด์เดียวกัน (Multiplex sequencing) และสามารถจำแนกข้อมูลของแต่ละตัวอย่างได้ภายหลัง ห้องสมุดสารพันธุกรรมที่ได้จะถูกตรวจสอบคุณภาพและวัดความเข้มข้นด้วยเครื่อง Qubit 2.0 Fluorometer (Invitrogen, USA) โดยใช้สารเรืองแสงที่จำเพาะต่อดีเอ็นเอ จากนั้นนำค่าความเข้มข้นที่ได้มาปรับปริมาณสารพันธุกรรมของแต่ละตัวอย่างให้มีความเข้มข้นใกล้เคียงกัน (Normalization) ก่อนนำมารวมกัน (Pooling) เพื่อให้แต่ละตัวอย่างมีสัดส่วนข้อมูลการอ่านลำดับเบสที่เหมาะสมและลดความเอนเอียงของข้อมูลที่เกิดจากความแตกต่างของปริมาณสารพันธุกรรมเริ่มต้น การหาลำดับนิวคลีโอไทด์ดำเนินการบนเครื่อง Illumina MiSeq (Illumina, USA) โดยใช้เทคโนโลยี Sequencing by Synthesis (SBS) ซึ่งอาศัยการตรวจจับสัญญาณฟลูออเรสเซนซ์ที่เกิดขึ้นระหว่างการเติมนิวคลีโอไทด์ในแต่ละรอบของการสังเคราะห์สายดีเอ็นเอ ทำให้สามารถอ่านลำดับเบสได้อย่างแม่นยำและมีประสิทธิภาพสูง ข้อมูลลำดับนิวคลีโอไทด์ที่ได้จะถูกบันทึกในรูปแบบไฟล์ FASTQ สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลในขั้นตอนถัดไป ข้อมูลลำดับนิวคลีโอไทด์ที่ได้จะถูกนำมาตรวจสอบคุณภาพเบื้องต้น (Quality Control) โดยประเมินคุณภาพการอ่านลำดับเบสและกำจัดข้อมูลที่มีคุณภาพต่ำ รวมถึงตัดลำดับ adapter และเบสที่ไม่ต้องการออก (Read Trimming) ก่อนนำข้อมูลไปประกอบลำดับพันธุกรรม (Sequence Assembly) และสร้างสร้างลำดับจีโนมที่สมบูรณ์ (Consensus sequence) ของแต่ละตัวอย่าง และนำไปวิเคราะห์เปรียบเทียบกับฐานข้อมูลมาตรฐานเพื่อจำแนกสปีชีส์ (Species) และจีโนไทป์ (Genotype) ของเชื้อไวรัสอะดีโนในการศึกษานี้

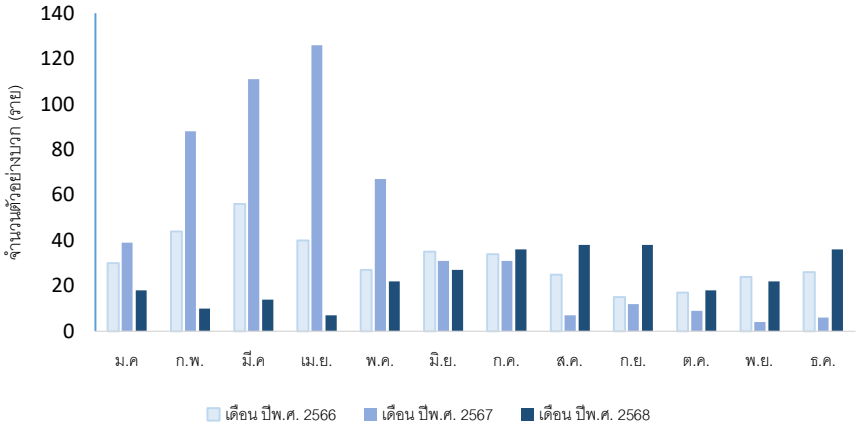
ผลการวิจัย

จากการศึกษาตัวอย่างจากระบบทางเดินหายใจระหว่างปีพ.ศ. 2566 ถึง 2568 พบผู้ติดเชื้อไวรัสอะดีโนจำนวนทั้งสิ้น 1,246 ราย จากกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 30,280 ราย (ร้อยละ 4.1) โดยแนวโน้มการติดเชื้อรายปี ในปีพ.ศ. 2566 ตรวจพบผู้ติดเชื้อจำนวน 373 ราย (ร้อยละ 4.3) ของตัวอย่างทั้งหมดในรอบปี ปีพ.ศ. 2567 จำนวนผู้ติดเชื้อมีการเปลี่ยนแปลงเป็นเพิ่มขึ้นจากเดิม จำนวน 549 ราย (ร้อยละ 5.1) และในปีพ.ศ. 2568 ซึ่งข้อมูลจนถึงสิ้นสุดการศึกษา จำนวนการตรวจพบผู้ติดเชื้อลดลงจำนวน 324 ราย (ร้อยละ 3.0) เมื่อวิเคราะห์ผู้ติดเชื้อไวรัสอะดีโนจำแนกตามกลุ่มอายุ พบว่าผู้ป่วยส่วนใหญ่อยู่ในกลุ่มเด็กเล็กที่มีอายุต่ำกว่าหรือเท่ากับ 5 ปี จำนวน 880 ราย (ร้อยละ 70.63 ของผู้ติดเชื้อทั้งหมด) อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาสัดส่วนผู้ป่วยในกลุ่มอายุนี้รายปี พบมีแนวโน้มลดลงในแต่ละปี โดยในปีพ.ศ. 2566 พบกลุ่มเด็กอายุ ≤ 5 ปี จำนวน 302 จำนวน (ร้อยละ 81.0) ปีพ.ศ. 2567 จำนวน 367 ราย (ร้อยละ 66.8) และปีพ.ศ. 2568 จำนวน 211 (ร้อยละ 65.1) แม้สัดส่วนในกลุ่มเด็กเล็กจะมีแนวโน้มลดลง แต่ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าเด็กอายุ ≤ 5 ปียังคงเป็นกลุ่มเสี่ยงในการติดเชื้อไวรัสอะดีโน สูงที่สุดตลอดช่วงระยะเวลาการศึกษา ทั้งนี้ พบผู้ป่วยบางส่วนที่ไม่สามารถระบุข้อมูลอายุได้ จำนวน 78 ราย (6.3) (รายละเอียดข้อมูลผู้ป่วยที่ไม่ระบุอายุแสดงใน ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 จำนวนผู้ป่วยเชื้ออะดีโนในแต่ละกลุ่มอายุ จำแนกตามรายปี (พ.ศ. 2566 – 2568)

	จำนวนผู้ป่วยในแต่ละกลุ่มอายุ (n=1,246)				
ปีพ.ศ.	จำนวนตัวอย่างบวก (n, ร้อยละ)	อายุ ≤5 ปี (n, ร้อยละ)	อายุ >5-<15 ปี (n, ร้อยละ)	อายุ ≥15 ปี (n, ร้อยละ)	ไม่ระบุอายุ (n, ร้อยละ)
2566	373 (4.3)	302 (81.0)	55 (14.7)	13 (3.5)	3 (0.8)
2567	549 (5.1)	367 (66.8)	136 (24.8)	36 (6.6)	10 (1.8)
2568	324 (3.0)	211 (65.1)	32 (9.9)	16 (4.9)	65 (20.1)
รวม	1,246 (4.1)	880(70.6)	223 (17.9)	65 (5.2)	78 (6.3)

จากการวิเคราะห์เปรียบเทียบแนวโน้มอุบัติการณ์ของจำนวนตัวอย่างบวกที่ตรวจพบเชื้อไวรัสอะดีโน รายเดือนระหว่างปี พ.ศ. 2566 ถึง 2568 (รูปที่ 1) พบความแตกต่างเชิงระบาดวิทยาที่สำคัญ โดยในปี พ.ศ. 2566 พบจำนวนตัวอย่างบวกสะสมรวมจำนวน 373 ราย ซึ่งมีลักษณะการกระจายตัวค่อนข้างสม่ำเสมอตลอดทั้งปี อย่างไรก็ตามพบความถี่สูงสุดในช่วงไตรมาสแรก โดยมีค่าสูงสุดในเดือนมีนาคม (56 ราย) สำหรับปี พ.ศ. 2567 เป็นปีที่มีการระบาดมากที่สุด โดยพบจำนวนตัวอย่างบวกสะสมสูงถึง 531 ราย คิดเป็นการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับปีพ.ศ. 2566 โดยลักษณะการระบาดมากที่สุดในช่วงครึ่งปีแรกเดือนมกราคม–พฤษภาคม ซึ่งมียอดสะสมสูงถึง 431 ราย หรือคิดเป็นร้อยละ 81.2 ของจำนวนผู้ป่วยรวมทั้งปี โดยมีจุดสูงสุดในเดือนเมษายน (126 ราย) และเริ่มคงที่ในช่วงครึ่งปีหลัง ส่วนในปี พ.ศ. 2568 พบการลดลงของจำนวนตัวอย่างบวกอย่างเห็นได้ชัด โดยมีจำนวนสะสมรวมเพียง 286 ราย ซึ่งต่ำกว่าทั้งสองปีก่อนหน้า นอกจากจำนวนที่ลดลงแล้ว ยังพบการเปลี่ยนแปลงของช่วงเวลาการระบาดสูงสุด จากเดิมที่มักพบในช่วงเดือนมีนาคม–เมษายน เปลี่ยนแปลงไปสู่ช่วงเดือนสิงหาคมและกันยายนแทน (38 ราย) ซึ่งข้อมูลดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่าเชื้อไวรัสอะดีโนสามารถก่อให้เกิดการระบาดได้ตลอดทั้งปีโดยไม่มีรูปแบบคงที่ตายตัว อย่างไรก็ตาม การผันแปรของจำนวนตัวอย่างบวกและช่วงเวลาสูงสุด ในแต่ละปีอาจมีความสัมพันธ์กับปัจจัยแวดล้อมอื่น ๆ เช่น สภาพภูมิอากาศ หรือการหมุนเวียนของสายพันธุ์ย่อย



รูปที่ 1 จำนวนตัวอย่างบวกที่ตรวจพบเชื้อไวรัสอะดีโน จำแนกตามรายเดือนและปี พ.ศ. 2566 – 2568

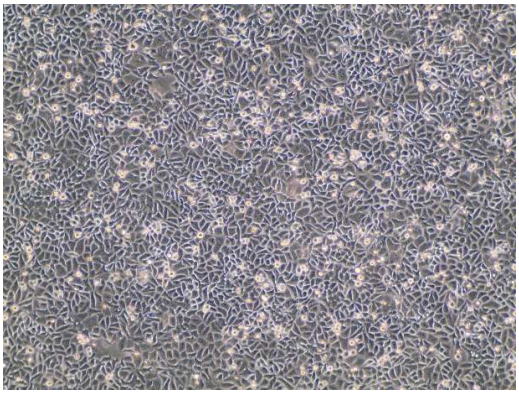
จากการวิเคราะห์ทางชีวสารสนเทศในเชื้อไวรัสอะดีโนที่แยกได้จำนวน 114 ตัวอย่าง พบการกระจายตัวของสายพันธุ์เชื้อไวรัสอะดีโน ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงของสายพันธุ์หลักในช่วงการศึกษาในแต่ละปี โดยปีพ.ศ. 2566 (จำนวน 71 ตัวอย่าง) มีการระบาดของสายพันธุ์ C เป็นสายพันธุ์หลัก (ร้อยละ 53.5) ร่วมกับสายพันธุ์ HAdV-B7 ที่สัมพันธ์กับปอดอักเสบรุนแรง ส่วนปีพ.ศ. 2567 (จำนวน 20 ตัวอย่าง) พบเกิดการเปลี่ยนแปลงของสายพันธุ์หลัก โดยสัดส่วนของสายพันธุ์ B เพิ่มสูงขึ้น (ร้อยละ 85.0) ของกลุ่มตัวอย่างที่ตรวจพบสายพันธุ์ทั้งหมด โดยมีการตรวจพบสายพันธุ์ลูกผสมใหม่ HAdV-B114 ซึ่งเป็นสายพันธุ์ลูกผสมที่เกิดจากการแลกเปลี่ยนชิ้นส่วนพันธุกรรมในสายพันธุ์ B ที่มักก่อให้เกิดการระบาดเป็นกลุ่มก้อน และมีอาการรุนแรงกว่าสายพันธุ์ปกติ และปีพ.ศ. 2568 (จำนวน 23 ตัวอย่าง) พบสายพันธุ์ C เป็นสายพันธุ์หลักในการระบาดเป็นการกลับมาของสายพันธุ์เดิม (ร้อยละ 65.0) แม้จะก่อโรคอาการไม่รุนแรงเท่า แต่เป็นสายพันธุ์ที่พบการระบาดอยู่เสมอเป็นเชื้อประจำถิ่น นอกจากนี้ยังตรวจพบสายพันธุ์ E (HAdV-4) ร้อยละ 15.0 และเป็นการส่งสัญญาณการแพร่กระจายของสายพันธุ์ใหม่ในพื้นที่ของการศึกษา ทำให้ต้องมีการเฝ้าระวังและติดตามในปีต่อไป ซึ่งชุดข้อมูลนี้ชี้ให้เห็นว่าการเฝ้าระวังสายพันธุ์มีความสำคัญอย่างยิ่ง ในการช่วยการพยากรณ์ความรุนแรงของโรคให้สอดคล้องกับคุณลักษณะของสายพันธุ์ที่เปลี่ยนแปลงไปในแต่ละปี (รูปที่ 2,3)

รูปที่ 2 สัดส่วนการกระจายตัวของสายพันธุ์หรือสปีชีส์ในเชื้อไวรัสอะดีโน ปี พ.ศ. 2566 – 2568

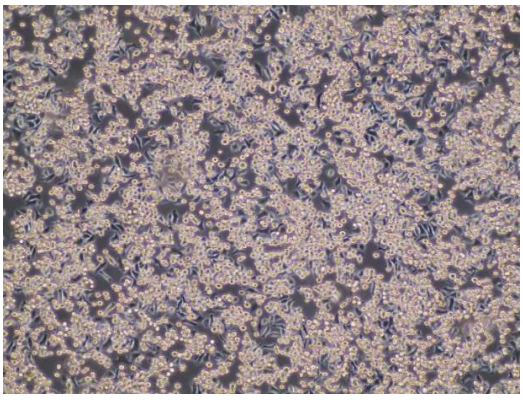
ตารางที่ 4 สัดส่วนการกระจายตัวแต่ละสปีชีส์ของเชื้อไวรัสอะดีโน ปี พ.ศ. 2566 – 2568

ปี พ.ศ.	สปีชีส์ (Species)	สายพันธุ์ที่ตรวจพบ (Genotypes)	สัดส่วน (ร้อยละ)
2566	Species C	HAdV-C, C1, C2, C5, C108	53.5
	Species B	HAdV-B, B3, B7	45.1
2567	Species B	HAdV-B, B3, B114	85.0
	Species C	HAdV-C	15.0
2568	Species C	HAdV-C, C1, C2, C108	69.6
	Species B	HAdV-B, B3, B55	17.4
	Species E	E4	13.0

จากการเพาะแยกเชื้อไวรัสอะดีโนในเซลล์ HEp-2 และสังเกตลักษณะทางสัณฐานวิทยาภายใต้ กล้องจุลทรรศน์หัวกลับ เซลล์ควบคุมปกติที่ไม่ติดเชื้อมีลักษณะปกติ คือ เซลล์เรียงตัวเป็นชั้นเดียวและยึดเกาะกับพื้นผิวขวดเลี้ยงเซลล์อย่างหนาแน่น (รูปที่ 4 ก) เปรียบเทียบกับเซลล์ติดเชื้อไวรัสอะดีโนมีการเปลี่ยนแปลงสภาพของเซลล์ (CPE) พบเซลล์มีการเปลี่ยนรูปร่างเป็นทรงกลมและขยายขนาดใหญ่ขึ้น รวมกลุ่มกันเป็นกระจุกคล้ายพวงองุ่น ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะของการติดเชื้อไวรัสอะดีโน นอกจากนี้ยังพบเซลล์มีความวาวเพิ่มขึ้นและบางส่วนเริ่มหลุดลอกออกจากพื้นผิวของขวดเพาะเลี้ยงเซลล์ (รูปที่ 4 ข)



(ก) เซลล์ควบคุมปกติ



(ข) เซลล์ติดเชื้อไวรัสอะดีโน

รูปที่ 4 ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเซลล์ HEp-2 ภายใต้กล้องจุลทรรศน์หัวกลับ (Inverted Microscope); (ก) เซลล์ควบคุมปกติ (Negative Control) แสดงลักษณะเซลล์ที่มีการเจริญเติบโตแบบชั้นเดียว ยึดเกาะพื้นผิว (ข) เซลล์ติดเชื้อไวรัสอะดีโน มีลักษณะเซลล์กลม รวมกลุ่มเป็นกระจุกคล้ายพวงองุ่น (ภาพถ่ายที่กำลังขยาย 100x)

อภิปรายผล

จากการศึกษาอุบัติการณ์ของเชื้อไวรัสอะดีโนในประเทศไทยระหว่างปี พ.ศ. 2566–2568 พบกลุ่มอายุเด็กอายุ ≤5 ปี ยังคงเป็นกลุ่มเสี่ยงหลักของการติดเชื้อ (ร้อยละ 70.6) ของผู้ติดเชื้อทั้งหมด แต่สัดส่วนกลับมีแนวโน้มลดลงจากร้อยละ 81.0 ในปีพ.ศ. 2566 เหลือเพียงร้อยละ 66.8 ในปีพ.ศ. 2567 และปีพ.ศ.2568 ร้อยละ 65.1 ตามลำดับ โดยมีการตรวจพบผู้ติดเชื้อในกลุ่มเด็กวัยเรียนและผู้ใหญ่เพิ่มมากขึ้น ซึ่งอาจอธิบายได้เป็นผลจากการบังคับใช้มาตรการป้องกันโรคอย่างเข้มงวด ในช่วงปีพ.ศ. 2563–2565 ส่งผลให้ประชากรในวงกว้างขาดการกระตุ้นภูมิคุ้มกันตามธรรมชาติ เมื่อมีการผ่อนคลายมาตรการ และกลับสู่กิจกรรมทางสังคมตามปกติหลังสถานการณ์โรคโควิด-19 คลี่คลาย เชื้อไวรัสอะดีโนจึงสามารถแพร่กระจายได้อย่างรวดเร็วในกลุ่มประชากรที่เปราะบาง หรือภาวะหนี้ภูมิคุ้มกัน การเปลี่ยนแปลงทางระบาดวิทยาในระดับประชากรเนื่องจากมาตรการควบคุมการระบาดเป็นเวลานานทำให้ประชาชนไม่ได้ฉีดวัคซีนหรือติดเชื้อตามธรรมชาติ (Baker et al.,2020; Cohen et al.,2021)

นอกจากนี้ การพบยอดผู้ติดเชื้อสูงสุดในปีพ.ศ. 2567 ในช่วงเดือนเมษายน (126 ราย) ซึ่งเป็นฤดูร้อน ชี้ให้เห็นว่าการแพร่ระบาดไม่ได้ขึ้นอยู่กับปัจจัยทางสภาพอากาศเพียงอย่างเดียว แต่อาจสัมพันธ์กับการระบาดของสายพันธุ์ย่อยที่มีความทนทานต่อสภาพแวดล้อมได้ดีกว่าสายพันธุ์ประจำถิ่นเดิม

การตรวจพบสายพันธุ์ลูกผสมจากข้อมูลจากการวิเคราะห์หาลำดับนิวคลีโอไทด์ด้วยเทคโนโลยีเอ็นจีเอส แสดงให้เห็นถึงความหลากหลายทางพันธุกรรม โดยในปีพ.ศ. 2566 พบการแพร่ระบาดสายพันธุ์ C รวมถึงการตรวจพบสายพันธุ์ลูกผสม HAdV-C108 ซึ่งมีคุณสมบัติในการหลบหลีกภูมิคุ้มกันได้ดี ต่อมาในปี 2567 พบว่าสายพันธุ์หลักเปลี่ยนเป็น สายพันธุ์ B (ร้อยละ 85.0) โดยเฉพาะสายพันธุ์ HAdV-B55 และ HAdV-B7 ซึ่งเป็นสายพันธุ์ที่มีความรุนแรงสูง มักก่อให้เกิดปอดอักเสบ และระบาดเป็นกลุ่มก้อนในพื้นที่ที่มีคนหนาแน่นได้รวดเร็ว ทำให้ต้องมีการเฝ้าระวังอย่างใกล้ชิด (Nguyen et al.,2023)

นอกจากนี้ การศึกษานี้ได้ตรวจพบสายพันธุ์ลูกผสมสายพันธุ์ลูกผสมอุบัติใหม่ (Emerging recombinant strain) HAdV-B114 มักสัมพันธ์กับการระบาดเป็นกลุ่มก้อนที่มีอาการรุนแรง (Zhang et al., 2025) สอดคล้องกับการตรวจพบสายพันธุ์ลูกผสมในกลุ่ม Species C เช่น HAdV-C108 มีรายงานการตรวจพบในหลายประเทศและแพร่กระจายอย่างต่อเนื่อง รวมถึงประเทศจีน (Wang et al., 2025) การพบเชื้อสายพันธุ์นี้ในประเทศไทยสะท้อนถึงการแพร่กระจายของเชื้อในระดับภูมิภาค และอาจเป็นปัจจัยหลักที่อธิบายถึงการเปลี่ยนแปลงรูปแบบความรุนแรงของโรคในช่วงเวลาที่ทำการศึกษา

ในปีพ.ศ. 2568 แม้สายพันธุ์ C จะกลับมาเป็นสายพันธุ์หลัก (ร้อยละ 65.0) ก่อให้เกิดอาการที่ไม่รุนแรง แต่การตรวจพบสายพันธุ์ E (HAdV-4) ในสัดส่วนร้อยละ 15.0 ถือเป็นสัญญาณเตือนที่สำคัญ เนื่องจากสายพันธุ์ย่อย HAdV-4 มักก่อโรคทางเดินหายใจเฉียบพลัน

ข้อจำกัดของการศึกษาและแนวทางการพัฒนาในอนาคต แม้การศึกษานี้จะให้ข้อมูลระบาดวิทยาโมเลกุลที่เป็นประโยชน์ แต่มีข้อจำกัดสำคัญด้านขนาดกลุ่มตัวอย่างในช่วงปี พ.ศ. 2567–2568 ที่มีน้อยกว่า 30 ตัวอย่างต่อปี ซึ่งอาจไม่สะท้อนภาพรวมของทั้งประเทศ นอกจากนี้ การเลือกเฉพาะตัวอย่างที่มีค่า Ct<25 และการคัดกลุ่มติดเชื้อร่วม (Co-infection) ออกเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการเพาะแยกเชื้อ อาจทำให้เกิดอคติในการคัดเลือก (Selection Bias) และส่งผลให้ขาดข้อมูลระบาดวิทยาโมเลกุลจากกลุ่มผู้ป่วยติดเชื้อร่วม ซึ่งมักสัมพันธ์กับความรุนแรงของโรค และยังขาดข้อมูลอาการทางคลินิกเพื่อวิเคราะห์ความเชื่อมโยงกับสายพันธุ์ลูกผสมอุบัติใหม่ อย่างไรก็ตาม ชุดข้อมูลสายพันธุ์ที่ถูกวิเคราะห์ในการศึกษานี้ จะถูกจัดเป็นข้อมูลที่นำไปใช้ประโยชน์เชิงนโยบายสาธารณสุข เพิ่มประสิทธิภาพในการพยากรณ์ความรุนแรงของโรค และพัฒนาระบบเตือนภัยล่วงหน้า (Early Warning System) เพื่อรองรับการระบาดของสายพันธุ์อุบัติใหม่ในอนาคต

บทสรุป

การศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงทางระบาดวิทยาของเชื้อไวรัสอะดีโน ในประเทศไทยอย่างชัดเจน ภายหลังการยกเลิกมาตรการควบคุมโรคโควิด-19 หลังยุคโควิด การเปลี่ยนสายพันธุ์หลักจาก B เป็น C และการอุบัติของสายพันธุ์ลูกผสมใหม่ (Recombinants) สะท้อนถึงวิวัฒนาการอย่างต่อเนื่องของไวรัสเพื่อความอยู่รอดและการหลบหลีกภูมิคุ้มกัน ข้อมูลที่ได้นี้ถือเป็นฐานข้อมูลสำคัญสำหรับกระทรวงสาธารณสุขในการเฝ้าระวัง ติดตามความรุนแรงของโรค และเป็นข้อมูลสนับสนุนการพิจารณานำวัคซีนป้องกันเชื้อไวรัสอะดีโนมาใช้ในกลุ่มเสี่ยงในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

Baker R. E, Park SW, Yang W, Vecchi G A, Metcalf CJ, Grenfell BT. (2020). The anticipated virus pandemics in the wake of COVID-19. Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS), 117(48), 30541–30547. https://doi.org/10.1073/pnas.2020826117

Chen G., Cao J., Qu Y., Tian W., Shen P., Liu X., Luo Q., Song Q., 2025). Epidemiological characteristics of adenovirus in children in Yancheng, China, 2023-2024. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*, *15*, Article 1587257. https://doi.org/10.3389/fcimb.2025.1587257

Cohen R, Ashman M, Taha M. K. (2021). Pediatric Infectious Disease Group (GPIP) position paper on the immune debt of the COVID-19 pandemic. Infectious Diseases Now, 51(5), 418–423. https://doi.org/10.1016/j.idnow.2021.05.004

Lion T. (2014). Adenovirus infections in immunocompromised patients. Clinical Microbiology Reviews. 27(3), 441-62. doi: 10.1128/CMR.00116-13

Lynch J. P. Kajon, A. E. (2016). Adenovirus: Epidemiology, global spread of novel serotypes, and advances in treatment and prevention. Seminars in Respiratory and Critical Care Medicine, 37(4), 586–602. https://doi.org/10.1055/s-0036-1584923

Maniah K., Nour I, Hanif A, Yassin MT, Alkathiri A, Al-Ashkar I, Eifan S. (2023). Molecular identification of human adenovirus isolated from different wastewater treatment plants in Riyadh, Saudi Arabia: Surveillance and meteorological impacts. Water, 15(7), Article 1367. https://doi.org/10.3390/w15071367

Nguyen D. D., Phung L. T., Tran H. T. T., Ly H. T. T., Vo A. H. M., Dinh, N. P., Doan, P. M., Nguyen, A. T., Dang, L. D., Doan, T. T., Pham, K. T., Pham, H. L., Hoang, D. X., Pham T. N., Tran B. T., Tran T. T. T., Le H. T. M., Pham A. N., Antoniou A., & Ho, N. T. (2023). Molecular subtypes of Adenovirus-associated acute respiratory infection outbreak in children in Northern Vietnam and risk factors of more severe cases. *PLoS Neglected Tropical Diseases,* *17*(11), e0011311.,, https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0011311

Shieh W.-J. (2021). Human adenovirus infections in pediatric population - An update on clinicopathologic correlation. *Biomedical Journal*. Advance online publication. https://doi.org/10.1016/j.bj.2021.08.009

Wang J., Jing L., Duan Y., Ai J., Zhu Y., Wang R., Chen X., Lu G., Sun Y., Li C., Jin R., Shang Y., Bao Y., An S., Zhou Y., Ning L., Xu B., Bi Y., Xie Z. (2025). Genetic analysis of human adenovirus type 108 circulating in China during 2014–2024. Virologica Sinica, 40, 694-709. https://doi.org/10.1016/j.virs.2025.09.001

Zhang J, Kan, J, Seto, D., Chen M. (2023). Evolution of human adenovirus B varieties through recombination: Insights from whole-genome sequencing. Journal of Virology, 97(4), e00123-23. https://doi.org/10.1128/jvi.00123-23

การพัฒนาชุดตรวจแอนติเจนไวรัสอาร์เอสแบบรวดเร็ว
Development and evaluation of a rapid antigen test for respiratory syncytial virus (RSV)

สิริภาภรณ์ ผุยกัน[1*] สิริชล กาละ[1] ธนัสภา ธนเดชากุล[1] สันติ ใจคิด[1] ภาณุพงศ์ นุตทะบัติ[1] และพิไลลักษณ์ อัคคไพบูลย์ โอกาดะ[1]

Siripaporn Phuygun[1*], Sirichol Kala[1], Thanutsapa Thanadachakul[1], Santi Jaikid[1], Phanupong Nutthabat[1] and Pilailuk Akkapaiboon Okada[1]

[1]สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์สาธารณสุข กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข นนทบุรี*

[1] National Institute of Health, Department of Medical Sciences, Ministry of Public Health, Nonthaburi*

[*]Corresponding Author E-mail Address: siripaporn.p@gmail.com

บทคัดย่อ

การติดเชื้อไวรัสอาร์เอส (Respiratory Syncytial Virus; RSV) เป็นสาเหตุสำคัญของโรคติดเชื้อระบบทางเดินหายใจ โดยเฉพาะในเด็กเล็ก ผู้สูงอายุ และผู้มีโรคประจำตัว การวินิจฉัยและคัดกรองการติดเชื้อ RSV ที่รวดเร็วและแม่นยำมีความสำคัญต่อการดูแลรักษาผู้ป่วยและการควบคุมการแพร่กระจายของเชื้อ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาชุดตรวจแอนติเจนเชื้อไวรัสอาร์เอสแบบรวดเร็วโดยใช้หลักการ Lateral Flow Assay (LFA) การดำเนินงานประกอบด้วยการคัดเลือกแอนติบอดีจำเพาะต่อโปรตีนฟิวชัน (F protein) ของเชื้อ RSV การออกแบบและพัฒนาต้นแบบชุดตรวจ และการประเมินประสิทธิภาพโดยเปรียบเทียบกับวิธีมาตรฐาน Real-time RT-PCR ร่วมกับการวิเคราะห์เชิงปริมาณด้วยเทคนิค RT-droplet digital PCR (RT-ddPCR) ผลการศึกษาพบว่าชุดตรวจสามารถตรวจจับเชื้อ RSV-A ได้ถึงระดับการเจือจาง 10^{-3} (ประมาณ 39,280 copies/reaction) และ RSV-B ได้ถึงระดับการเจือจาง 10^{-4} (ประมาณ 3,544 copies/reaction) โดยไม่พบปฏิกิริยาข้ามกับเชื้อไวรัสระบบทางเดินหายใจชนิดอื่นที่พบบ่อย การประเมินประสิทธิภาพกับตัวอย่างทางคลินิกจำนวน 200 ตัวอย่าง แบบแยกตามระดับปริมาณไวรัสพบว่า ชุดตรวจ RSV แบบรวดเร็วที่ถูกพัฒนาโดยใช้ LFA ให้ผลดีที่สุดในกลุ่มตัวอย่างที่มีปริมาณไวรัสสูง (Ct<25) โดยผลการตรวจมีความสอดคล้องกับ Real-time RT-PCR ให้ค่า Accuracy ร้อยละ 98, Sensitivity ร้อยละ 96 และ Specificity ร้อยละ 100 โดยไม่พบผลบวกลวง ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าชุดตรวจแอนติเจนเชื้อไวรัสอาร์เอสแบบรวดเร็วสามารถให้ผลภายใน 15–20 นาที โดยไม่ต้องใช้เครื่องมือเฉพาะทาง และมีศักยภาพในการประยุกต์ใช้เพื่อสนับสนุนการคัดกรองและการเฝ้าระวังโรคติดเชื้อระบบทางเดินหายใจจากเชื้อ RSV ในระบบสาธารณสุข

คำสำคัญ: ไวรัสอาร์เอส (RSV) ชุดตรวจแอนติเจนแบบรวดเร็ว Lateral Flow Assay (LFA) Real-time RT-PCR RT-ddPCR

Abstract

Respiratory Syncytial Virus (RSV) infection is a major cause of respiratory tract infections, particularly among young children, older adults, and individuals with underlying medical conditions. Rapid and accurate diagnosis and screening for RSV infection are important for patient management and control of disease transmission. This study aimed to develop a rapid RSV antigen detection test based on the Lateral Flow Assay (LFA) principle. The study included the selection of antibodies specific to the RSV fusion protein (F protein), the design and development of a prototype test kit, and performance evaluation in comparison with the standard Real-time RT-PCR method, together with quantitative analysis using RT-droplet digital PCR (RT-ddPCR). The results showed that the developed test could detect RSV-A at a dilution level of 10^{-3} (approximately 39,280 copies/reaction) and RSV-B at a dilution level of 10^{-4} (approximately 3,544 copies/reaction), with no cross-reactivity observed with other common respiratory viruses. Evaluation of this rapid RSV assay, based on LFA, in testing 200 clinical specimens showed the best-performing test in specimens with high viral loads (Ct<25). In this group, the results showed concordance with Real-time RT-PCR, with an accuracy of 98%, sensitivity of 96%, and specificity of 100%, with no false-positive results. These findings indicate that the developed rapid RSV antigen test can provide results within 15–20 minutes without specialized equipment and has potential for application as a supportive tool for RSV screening and surveillance within the public health system.

Keywords: Respiratory Syncytial Virus (RSV), rapid antigen test, Lateral Flow Assay (LFA), Real-time RT-PCR, RT-ddPCR

บทนำ

เชื้อไวรัสอาร์เอส (Respiratory Syncytial Virus; RSV) เป็นสาเหตุสำคัญของโรคติดเชื้อระบบทางเดินหายใจ โดยเฉพาะในเด็กเล็ก ผู้สูงอายุ และผู้ที่มีโรคประจำตัว การติดเชื้อ RSV อาจก่อให้เกิดอาการตั้งแต่ระดับไม่รุนแรงจนถึงโรคทางเดินหายใจส่วนล่าง เช่น หลอดลมฝอยอักเสบและปอดบวม ซึ่งอาจนำไปสู่การเข้ารับการรักษาในโรงพยาบาล โดยเฉพาะในกลุ่มเสี่ยง (Shi et al., 2017; Li et al., 2022) ในประเทศไทยพบการติดเชื้อ RSV เป็นประจำทุกปี โดยมักมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในช่วงฤดูฝนถึงต้นฤดูหนาว ส่งผลให้เกิดภาระต่อระบบบริการสาธารณสุขทั้งด้านการดูแลรักษาผู้ป่วยและการควบคุมการแพร่กระจายของเชื้อ

ปัจจุบันการตรวจวินิจฉัย RSV ด้วยวิธี Real-time RT-PCR เป็นวิธีมาตรฐานที่มีความไวและความจำเพาะสูง อย่างไรก็ตามวิธีดังกล่าวต้องอาศัยเครื่องมือเฉพาะทาง ห้องปฏิบัติการที่มีความพร้อม และบุคลากรที่มีความเชี่ยวชาญ จึงอาจไม่เหมาะสำหรับการคัดกรองเบื้องต้นหรือการตรวจในสถานพยาบาลที่ต้องการผลรวดเร็ว (Mahony, 2008) ด้วยเหตุนี้ ชุดตรวจแอนติเจนแบบรวดเร็วโดยใช้หลักการ Lateral Flow Assay (LFA) จึงเป็นทางเลือกที่มีศักยภาพ เนื่องจากใช้งานง่าย ให้ผลได้ภายในระยะเวลาอันสั้น และไม่ต้องใช้เครื่องมือซับซ้อน (Posthuma-Trumpie et al., 2009; O'Farrell, 2015)

เทคโนโลยี Lateral Flow Assay (LFA) ได้รับการพัฒนาและประยุกต์ใช้ในการตรวจวินิจฉัยโรคติดเชื้อหลายชนิด เช่น โรคโควิด-19 ไข้หวัดใหญ่ ไข้เลือดออก และการติดเชื้อเอชไอวี เนื่องจากเป็นเทคนิคที่สามารถให้ผลได้อย่างรวดเร็ว ใช้งานง่าย และเหมาะสำหรับการตรวจ ณ จุดดูแลผู้ป่วย (Point-of-Care Testing; POCT) (Sajid et al., 2015; Koczula and Gallotta, 2016) สำหรับเชื้อ RSV มีรายงานการพัฒนาชุดตรวจแอนติเจนแบบรวดเร็วโดยใช้หลักการ LFA และมีการประเมินประสิทธิภาพของชุดตรวจในหลายการศึกษา อย่างไรก็ตาม อย่างไรก็ตาม ประสิทธิภาพของชุดตรวจแอนติเจน RSV ที่มีรายงานในปัจจุบันยังแตกต่างกันตามชนิดของแอนติบอดี แอนติเจนเป้าหมาย และรูปแบบการออกแบบชุดตรวจ ส่งผลให้การคัดเลือกแอนติบอดีและแอนติเจนเป้าหมายที่เหมาะสมยังคงเป็นปัจจัยสำคัญในการพัฒนาชุดตรวจที่มีความไวและความจำเพาะสูง (Bruning et al., 2017; Chartrand et al., 2015) ดังนั้น การพัฒนาชุดตรวจแอนติเจน RSV ที่มีประสิทธิภาพจึงมีความสำคัญต่อการเพิ่มโอกาสในการตรวจคัดกรองผู้ป่วยได้อย่างรวดเร็ว สนับสนุนการเฝ้าระวังโรค และเพิ่มการเข้าถึงการวินิจฉัยในสถานพยาบาลที่มีทรัพยากรจำกัด

การพัฒนาชุดตรวจแอนติเจนที่มีประสิทธิภาพขึ้นอยู่กับการคัดเลือกแอนติบอดีและเป้าหมายแอนติเจนที่เหมาะสม โดยโปรตีนฟิวชัน (Fusion protein; F protein) ของเชื้อ RSV เป็นโปรตีนโครงสร้างสำคัญที่มีบทบาทต่อการเข้าสู่เซลล์ของไวรัส และเป็นเป้าหมายที่เหมาะสมต่อการพัฒนาชุดตรวจแอนติเจน ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาชุดตรวจแอนติเจนเชื้อไวรัสอาร์เอสแบบรวดเร็วโดยใช้หลักการ Lateral Flow Assay (LFA) ที่มุ่งตรวจจับโปรตีนฟิวชัน (Fusion protein; F protein) ของเชื้อ RSV และประเมินประสิทธิภาพของชุดตรวจที่พัฒนาขึ้นในด้านความไว (sensitivity) ความจำเพาะ (specificity) ค่าพยากรณ์ผลบวก (positive predictive value; PPV) และค่าพยากรณ์ผลลบ (negative predictive value; NPV) โดยเปรียบเทียบกับวิธีมาตรฐาน Real-time RT-PCR รวมทั้งศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างผลการตรวจและปริมาณสารพันธุกรรมของเชื้อที่วิเคราะห์ด้วยเทคนิค Reverse Transcription Droplet Digital PCR (RT-ddPCR) โดยมีสมมติฐานว่าการใช้แอนติบอดีจำเพาะต่อโปรตีน F ของเชื้อ RSV จะสามารถพัฒนาชุดตรวจที่ให้ผลรวดเร็ว มีความไวและความจำเพาะอยู่ในระดับที่เหมาะสมสำหรับการคัดกรองและสนับสนุนการเฝ้าระวังโรคติดเชื้อระบบทางเดินหายใจจากเชื้อ RSV ในระบบสาธารณสุข

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

วัสดุ

1. แอนติบอดีชนิดโมโนโคลนอล จำเพาะต่อโปรตีนฟิวชัน (F protein) ของเชื้อ RSV
2. อนุภาคคอลลอยด์โกลด์ ขนาด 40 นาโนเมตร
3. ชุดวัสดุสำหรับพัฒนาชุดตรวจแบบ Lateral Flow Assay (LFA Starter Kit; Serve Science Co., Ltd.) ประกอบด้วยแผ่นไนโตรเซลลูโลส (Nitrocellulose membrane) UniSart CN95 และ CN140 ขนาด 25 × 300 มม. แผ่นรองรับตัวอย่าง (Sample pad) Ahlstrom 8964 ขนาด 18 × 300 มม. แผ่นคอนจูเกต (Conjugate pad) GF33 Glass Fiber ขนาด 10 × 297 มม. แผ่นดูดซับ (Absorbent pad) Whatman #470 ขนาด 18 × 300 มม. และแผ่นรองประกอบชุดตรวจ (Backing card) ขนาด 60 × 300 มม.
4. สารละลายบัฟเฟอร์สำหรับเตรียมตัวอย่างและปรับสภาพแผ่นรองต่าง ๆ ของชุดตรวจ
5. ตัวอย่างมาตรฐานเชื้อ RSV-A และ RSV-B

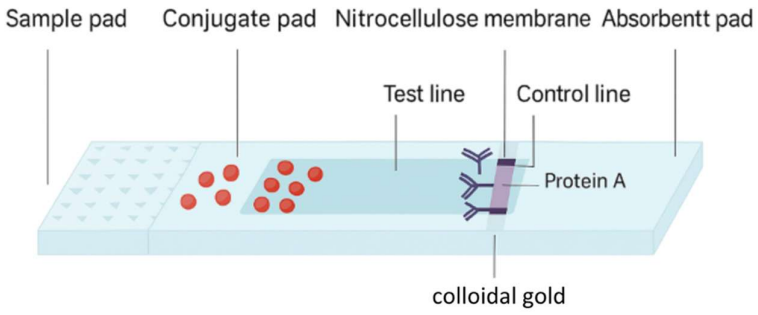
อุปกรณ์

1. เครื่องพ่นสารลงบนแถบทดสอบ รุ่น XYZ3060 (BioDot Inc., USA)
2. เครื่องตัดแผ่นเมมเบรน รุ่น CM5000 (BioDot Inc., USA)
3. เครื่อง Droplet Digital PCR รุ่น QX200 Droplet Digital PCR System (Bio-Rad Laboratories, USA)
4. เครื่อง Real-time PCR รุ่น CFX Opus 96 Real-Time PCR System (Bio-Rad Laboratories, USA)

วิธีการทดลอง

1.การคัดเลือกแอนติบอดีและพัฒนาชุดตรวจ

ดำเนินการคัดเลือกโมโนโคลนอลแอนติบอดี (monoclonal antibody) จำเพาะต่อโปรตีน F ของเชื้อ RSV ที่ใช้ในการศึกษานี้ ทั้งในรูปแบบ capture antibody และ detection antibody โดยนำแอนติบอดีแต่ละโคลนมาทดสอบแบบจับคู่ (pairwise screening) เพื่อคัดเลือกคู่แอนติบอดีที่มีความจำเพาะและให้สัญญาณการตรวจที่ชัดเจน จากนั้นนำ detection antibody ที่คัดเลือกได้มาติดฉลากด้วยอนุภาคคอลลอยด์โกลด์ และพัฒนาต้นแบบชุดตรวจโดยใช้หลักการ Lateral Flow Assay (LFA) ซึ่งประกอบด้วย sample pad, conjugate pad, nitrocellulose membrane และ absorbent pad บนแผ่นรองประกอบชุดตรวจ พร้อมทั้งปรับสภาวะที่เหมาะสมของชุดตรวจ ได้แก่ ความเข้มข้นของแอนติบอดี ปริมาณตัวอย่าง และระยะเวลาอ่านผล เพื่อให้ชุดตรวจมีความเสถียรและสามารถตรวจจับแอนติเจนของเชื้อ RSV ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ชุดตรวจที่พัฒนาขึ้นใช้หลักการแบบ sandwich lateral flow immunoassay โดยแอนติเจนของเชื้อ RSV ในตัวอย่างจะจับกับ detection antibody ที่ติดฉลากด้วยอนุภาคคอลลอยด์โกลด์ และเคลื่อนที่ไปตามแผ่นไนโตรเซลลูโลสเมมเบรน เมื่อสารเชิงซ้อน (complex) ดังกล่าวถูกจับด้วย capture antibody ที่ตำแหน่ง test line จะปรากฏแถบสีแสดงผลบวก ขณะที่ control line ใช้สำหรับควบคุมคุณภาพการทำงานของชุดตรวจ ผลการทดสอบถูกอ่านด้วยตาเปล่าภายใน 15-20 นาที โดยพิจารณาการปรากฏของแถบสีที่ตำแหน่ง test line และ control line ทั้งนี้ การปรากฏของแถบสีทั้ง test line และ control line แปลผลเป็นผลบวกต่อเชื้อ RSV การปรากฏเฉพาะ control line แปลผลเป็นผลลบ และกรณีไม่ปรากฏ control line ถือว่าผลการทดสอบไม่สมบูรณ์ องค์ประกอบหลักของต้นแบบชุดตรวจแอนติเจน RSV แบบ LFA แสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 แผนผังองค์ประกอบของต้นแบบชุดตรวจแอนติเจน RSV แบบ Lateral Flow Assay (LFA)
ที่มา: ผู้วิจัยจัดทำ

2.การประเมินความไวเชิงวิเคราะห์

การประเมินความไวเชิงวิเคราะห์ของชุดตรวจดำเนินการโดยใช้สารมาตรฐานเชื้อ RSV-A และ RSV-B ที่เตรียมเป็นตัวอย่างเจือจางแบบสิบเท่า (10-fold serial dilution) ในระดับความเข้มข้นต่าง ๆ จากนั้นนำตัวอย่างจากหลอดเดียวกันไปทดสอบด้วยชุดตรวจแอนติเจนต้นแบบ เทคนิค RT-ddPCR และ Real-time RT-PCR โดยแต่ละระดับความเข้มข้นทำการทดสอบซ้ำจำนวน 3 ครั้ง เพื่อประเมินความสามารถในการตรวจจับเชื้อของแต่ละวิธี เปรียบเทียบผลการตรวจในแต่ละระดับความเข้มข้นของเชื้อ โดยใช้ผลการตรวจด้วย Real-time RT-PCR สำหรับยืนยันการตรวจพบเชื้อ และใช้ข้อมูลเชิงปริมาณจาก RT-ddPCR ซึ่งเป็นเทคนิคการวัดปริมาณสารพันธุกรรมแบบสัมบูรณ์ (absolute quantification) เป็นข้อมูลอ้างอิงในการประเมินขีดจำกัดต่ำสุดของการตรวจจับ (Limit of Detection; LOD) ของชุดตรวจแอนติเจน ทั้งนี้ กำหนดค่า LOD จากระดับความเข้มข้นต่ำสุดที่ชุดตรวจยังสามารถตรวจพบเชื้อได้ครบทั้ง 3 ซ้ำ และรายงานค่า LOD ตามปริมาณสารพันธุกรรมของเชื้อที่วัดได้จาก RT-ddPCR ในหน่วย copies/mL หรือ copies/reaction ตามความเหมาะสมของการทดสอบ

3.การประเมินความจำเพาะเชิงวิเคราะห์

การประเมินความจำเพาะเชิงวิเคราะห์ดำเนินการโดยทดสอบการเกิดปฏิกิริยาข้าม (Cross-reactivity) กับเชื้อไวรัสก่อโรคระบบทางเดินหายใจชนิดอื่นที่พบบ่อย จำนวน 8 ชนิด ได้แก่ Influenza A (H1N1)pdm09, Influenza A (H3), Influenza B (Victoria lineage), Influenza B (Yamagata lineage), Adenovirus, Rhinovirus, Parainfluenza virus type 3 (PIV3) และ SARS-CoV-2 โดยใช้ RSV-A และ RSV-B เป็นตัวควบคุมผลบวก การทดสอบดำเนินการอย่างน้อย 3 ซ้ำต่อเชื้อแต่ละชนิด และพิจารณาผลจากการปรากฏของเส้นทดสอบและเส้นควบคุม

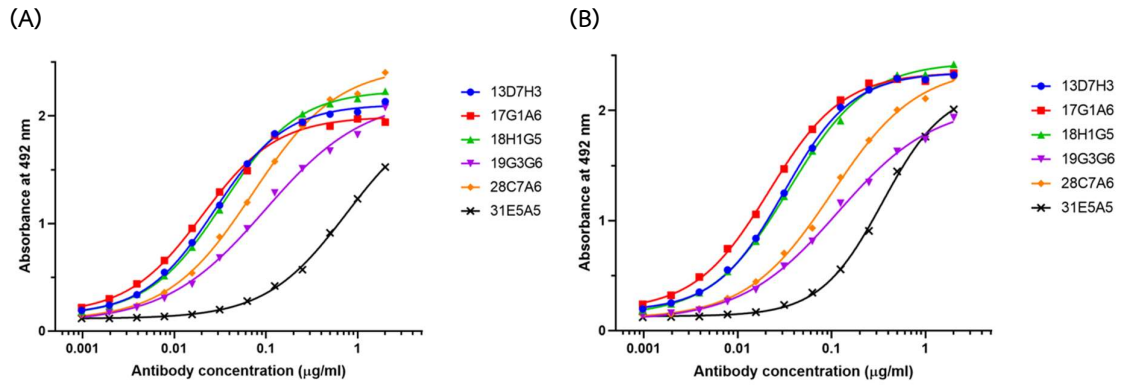
4.การประเมินประสิทธิภาพกับตัวอย่างทางคลินิก

การประเมินประสิทธิภาพของชุดตรวจดำเนินการกับตัวอย่างป้ายหลังโพรงจมูก (Nasopharyngeal swab) จำนวน 200 ตัวอย่าง ซึ่งได้รับการรับรองจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ สำนักพัฒนาการคุ้มครองการวิจัยในมนุษย์ (สคม.) สถาบันวิจัยระบบสาธารณสุข (IHRP No. 132-2568; COA No. IHRP2025135) และผ่านการตรวจยืนยันด้วยวิธี Real-time RT-PCR แล้ว ประกอบด้วยตัวอย่างที่ให้ผลบวกต่อเชื้อ RSV จำนวน 150 ตัวอย่าง และตัวอย่างที่ให้ผลลบต่อเชื้อ RSV จำนวน 50 ตัวอย่าง โดยตัวอย่างผลบวกถูกแบ่งตามช่วงค่า Ct เป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ Ct <25, Ct 25–30 และ Ct 31–35 กลุ่มละ 50 ตัวอย่าง เพื่อวิเคราะห์ประสิทธิภาพของชุดตรวจตามระดับปริมาณไวรัสในตัวอย่าง ส่วนตัวอย่างผลลบจำนวน 50 ตัวอย่างใช้เป็นกลุ่มควบคุมร่วมสำหรับการประเมินความจำเพาะของชุดตรวจ จากนั้นนำตัวอย่างทั้งหมดมาทดสอบด้วยชุดตรวจต้นแบบและเปรียบเทียบผลกับวิธี Real-time RT-PCR ซึ่งใช้เป็นวิธีอ้างอิงมาตรฐาน ผลการตรวจถูกจัดกลุ่มเป็นผลบวกจริง (True positive; TP) ผลลบลวง (False negative; FN) ผลบวกลวง (False positive; FP) และผลลบจริง (True negative; TN) เพื่อนำมาคำนวณค่าความไว (Sensitivity) ความจำเพาะ (Specificity) ค่าทำนายผลบวก (Positive Predictive Value; PPV) ค่าทำนายผลลบ (Negative Predictive Value; NPV) และความถูกต้องโดยรวม (Accuracy) ของชุดตรวจ

ผลการวิจัย

การคัดเลือกแอนติบอดีจำเพาะต่อเชื้อ RSV

การคัดเลือกแอนติบอดีจำเพาะต่อเชื้อ RSV เป็นขั้นตอนสำคัญในการพัฒนาชุดตรวจแอนติเจนแบบรวดเร็ว การศึกษานี้ได้ประเมินความสามารถในการจับของแอนติบอดีต่อโปรตีน RSV สายพันธุ์ A และ B ด้วยวิธี Enzyme-linked Immunosorbent Assay (ELISA) เพื่อนำไปใช้ในการพัฒนาต้นแบบชุดตรวจ จากการสร้างและคัดเลือกเซลล์ไฮบริโดมา (Hybridoma) สามารถคัดเลือกโคลนได้จำนวน 6 โคลน ได้แก่ 13D7H3, 17G1A6, 18H1G5, 19G3G6, 28C7A6 และ 31E5A5 ผลการทดสอบ Binding profile แสดงให้เห็นว่าแอนติบอดีแต่ละโคลนสามารถจับกับโปรตีน RSV สายพันธุ์ A และ B ได้แตกต่างกัน โดยโคลน 13D7H3, 17G1A6 และ 18H1G5 ให้รูปแบบการจับที่ชัดเจนกว่ากลุ่มอื่น ดังแสดงในรูปที่ 2 เมื่อพิจารณาค่า half maximum effective concentration (EC_{50}) พบว่าโคลน 13D7H3, 17G1A6 และ 18H1G5 มีค่า EC_{50} ต่ำกว่าโคลนอื่นทั้งต่อ RSV สายพันธุ์ A และ B ซึ่งหมายความว่าสามารถให้สัญญาณการจับกับโปรตีนเป้าหมายได้ที่ความเข้มข้นของแอนติบอดีต่ำกว่า สะท้อนถึงความสามารถในการจับกับแอนติเจนเป้าหมายได้ดีและมีความไวในการตรวจจับสูงกว่าโคลนที่มีค่า EC_{50} สูง ดังแสดงในตารางที่ 1 จึงคัดเลือกโคลนดังกล่าวเป็นโคลนหลักสำหรับการพัฒนาชุดตรวจแอนติเจน RSV แบบรวดเร็ว



รูปที่ 2 กราฟ Binding profile ของแอนติบอดีบริสุทธิ์ต่อโปรตีน RSV โดย (A) RSV สายพันธุ์ A และ (B) RSV สายพันธุ์ B

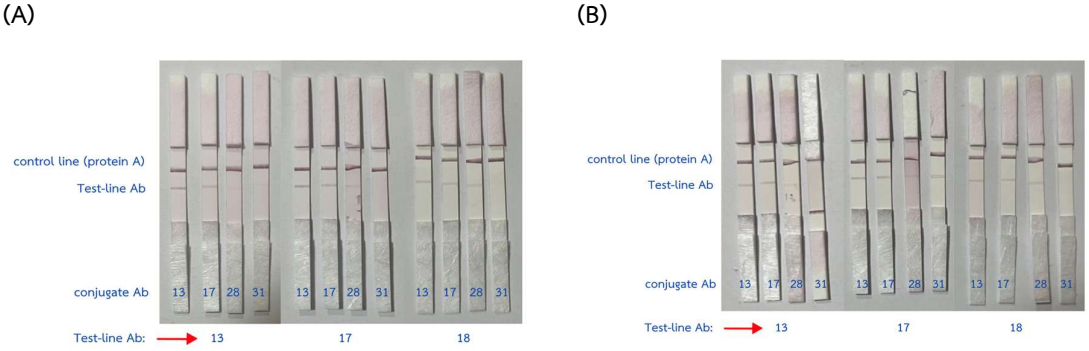
ตารางที่ 1 ค่า half maximum effective concentration (EC_{50}) ของแอนติบอดีต่อโปรตีน RSV สายพันธุ์ A และ B

Hybridoma clone	EC_{50} (ng/ml)	
	RSV สายพันธุ์ A	RSV สายพันธุ์ B
13D7H3	27.71	31.23
17G1A6	20.20	21.51
18H1G5	34.09	35.39
19G3G6	97.81	116.70
28C7A6	71.59	101.10
31E5A5	755.70	349.40

หมายเหตุ: ค่า EC_{50} คำนวณจากกราฟ Binding profile ของแอนติบอดีบริสุทธิ์แต่ละ clone ต่อโปรตีน RSV สายพันธุ์ A และ B ด้วยวิธี ELISA ค่าที่แสดงเป็นค่า EC_{50} จากข้อมูลการทดลองชุดเดียว จึงไม่ได้รายงานค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)

การคัดเลือกและพัฒนาต้นแบบชุดตรวจ

จากผลการคัดเลือกแอนติบอดี ได้นำแอนติบอดีที่มีความสามารถในการจับกับโปรตีน F ของเชื้อ RSV ได้ดีมาทดสอบการจับคู่ในรูปแบบ capture antibody และ detection antibody สำหรับพัฒนาชุดตรวจแบบ Lateral Flow Assay (LFA) ผลการทดสอบพบว่าแอนติบอดีจากโคลน 13D7H3 และ 17G1A6 ให้สัญญาณการตรวจที่ชัดเจนและเหมาะสมที่สุด โดยคู่แอนติบอดี 13D7H3/13D7H3 และ 13D7H3/17G1A6 ให้สัญญาณ test line ที่ชัดเจนและปรากฏได้รวดเร็วทั้งต่อเชื้อ RSV สายพันธุ์ A และสายพันธุ์ B ดังแสดงในรูปที่ 3 เมื่อนำคู่แอนติบอดีดังกล่าวมาประกอบเป็นต้นแบบชุดตรวจ พบว่าสามารถอ่านผลด้วยตาเปล่าภายใน 15–20 นาที จึงคัดเลือกสำหรับนำไปประเมินความไวเชิงวิเคราะห์ ความจำเพาะเชิงวิเคราะห์ และประสิทธิภาพกับตัวอย่างทางคลินิกในขั้นตอนต่อไป



รูปที่ 3 การทดสอบการจับคู่แอนติบอดีบนแถบ LFA สำหรับตรวจหาเชื้อ RSV โดย (A) RSV สายพันธุ์ A และ (B) RSV สายพันธุ์ B โดยหมายเลข 13, 17, 18, 28 และ 31 แทนโคลนแอนติบอดี 13D7H3, 17G1A6, 18H1G5, 28C7A6 และ 31E5A5 ตามลำดับ พบว่าคู่แอนติบอดี 13D7H3/13D7H3 และ 13D7H3/17G1A6 ให้สัญญาณ test line ชัดเจนและปรากฏรวดเร็วที่สุด จึงได้รับการคัดเลือกสำหรับพัฒนาต้นแบบชุดตรวจแอนติเจน RSV แบบรวดเร็ว

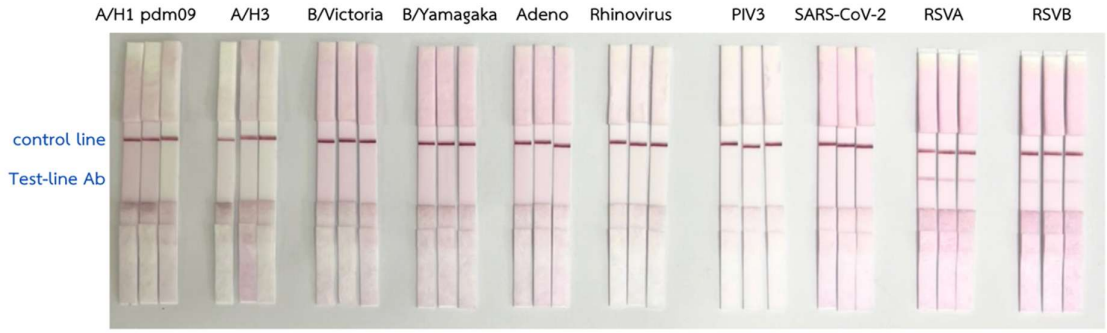
การประเมินความไวและความจำเพาะเชิงวิเคราะห์

การประเมินความไวเชิงวิเคราะห์ของชุดตรวจดำเนินการโดยใช้เชื้อ RSV-A และ RSV-B ที่เตรียมเป็นตัวอย่างเจือจางแบบสิบเท่า (10-fold serial dilution) และเปรียบเทียบผลกับวิธี Real-time RT-PCR ร่วมกับการวิเคราะห์เชิงปริมาณด้วยเทคนิค RT-droplet digital PCR (RT-ddPCR) ผลการทดสอบพบว่าชุดตรวจสามารถตรวจจับเชื้อ RSV ได้ครบทั้ง 2 สายพันธุ์หลัก โดยสามารถตรวจจับเชื้อ RSV-A ได้ถึงระดับการเจือจาง 10^{-3} หรือประมาณ 39,280 copies/reaction และ RSV-B ได้ถึงระดับการเจือจาง 10^{-4} หรือประมาณ 3,544 copies/reaction ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการประเมินขีดจำกัดการตรวจจับของชุดตรวจแอนติเจน RSV แบบรวดเร็ว

เชื้อที่ทดสอบ	ระดับการเจือจางสูงสุดที่ยังตรวจพบ	ปริมาณเชื้อโดยประมาณ
RSV-A	10^{-3}	39,280 copies/reaction
RSV-B	10^{-4}	3,544 copies/reaction

การประเมินความจำเพาะเชิงวิเคราะห์โดยทดสอบการเกิดปฏิกิริยาข้ามกับเชื้อไวรัสก่อโรคระบบทางเดินหายใจที่พบบ่อย จำนวน 8 ชนิด ได้แก่ Influenza A (H1N1)pdm09, Influenza A (H3), Influenza B (Victoria lineage), Influenza B (Yamagata lineage), Adenovirus, Rhinovirus, Parainfluenza virus type 3 (PIV3) และ SARS-CoV-2 พบว่าชุดตรวจให้ผลบวกเฉพาะกับเชื้อ RSV-A และ RSV-B และไม่พบผลบวกกับเชื้อไวรัสชนิดอื่นที่ทดสอบ แสดงให้เห็นว่าชุดตรวจมีความจำเพาะต่อเชื้อ RSV และไม่พบการเกิดปฏิกิริยาข้ามกับเชื้อไวรัสระบบทางเดินหายใจที่พบบ่อย ดังแสดงในรูปที่ 4



รูปที่ 4 ผลการทดสอบการเกิดปฏิกิริยาข้ามของชุดตรวจแอนติเจน RSV แบบรวดเร็วต่อเชื้อไวรัสระบบทางเดินหายใจชนิดอื่น

การประเมินประสิทธิภาพกับตัวอย่างทางคลินิก

การประเมินประสิทธิภาพของชุดตรวจแอนติเจน RSV แบบรวดเร็วดำเนินการกับตัวอย่างทางคลินิกจำนวน 200 ตัวอย่าง ซึ่งผ่านการตรวจยืนยันด้วยวิธี Real-time RT-PCR แล้ว ประกอบด้วยตัวอย่างที่ให้ผลบวกต่อเชื้อ RSV จำนวน 150 ตัวอย่าง และตัวอย่างที่ให้ผลลบต่อเชื้อ RSV จำนวน 50 ตัวอย่าง โดยตัวอย่างที่ให้ผลบวกถูกแบ่งตามช่วงค่า Ct เป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ Ct <25, Ct 25–30 และ Ct 31–35 กลุ่มละ 50 ตัวอย่าง เพื่อประเมินประสิทธิภาพของชุดตรวจตามระดับปริมาณไวรัสในตัวอย่าง

ผลการทดสอบพบว่าชุดตรวจให้ประสิทธิภาพดีที่สุดในกลุ่มตัวอย่างที่มีปริมาณไวรัสสูง โดยกลุ่ม Ct <25 มีค่า Sensitivity ร้อยละ 96.00, Specificity ร้อยละ 100.00 และ Accuracy ร้อยละ 98.00 ขณะที่ความไวของชุดตรวจลดลงเมื่อค่า Ct สูงขึ้น โดยกลุ่ม Ct 25–30 และ Ct 31–35 มีค่า Sensitivity ร้อยละ 20.00 และ 2.00 ตามลำดับ ทั้งนี้ ไม่พบผลบวกลวงจากตัวอย่างที่ให้ผลลบด้วยวิธี Real-time RT-PCR แสดงให้เห็นว่าชุดตรวจมีความจำเพาะสูงและเหมาะสำหรับใช้สนับสนุนการคัดกรองในตัวอย่างที่มีปริมาณไวรัสสูง ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการประเมินประสิทธิภาพของชุดตรวจแอนติเจน RSV แบบรวดเร็ว แยกตามช่วงค่า Ct

กลุ่มตัวอย่าง	TP	FN	Sensitivity (%)	Specificity (%)	PPV (%)	NPV (%)	Accuracy (%)
RSV, Ct <25	48	2	96.00	100.00	100.00	96.15	98.00
RSV, Ct 25–30	10	40	20.00	100.00	100.00	55.56	60.00
RSV, Ct 31–35	1	49	2.00	100.00	100.00	50.51	51.00

หมายเหตุ: TP = True Positive (ผลบวกจริง), FN = False Negative (ผลลบลวง), PPV = Positive Predictive Value (ค่าทำนายผลบวก), NPV = Negative Predictive Value (ค่าทำนายผลลบ) การคำนวณ Sensitivity แยกตามช่วงค่า Ct ใช้เฉพาะตัวอย่างที่ให้ผลบวกด้วยวิธี Real-time RT-PCR ในแต่ละช่วงค่า Ct กลุ่มละ 50 ตัวอย่าง ส่วนการคำนวณ Specificity, PPV, NPV และ Accuracy ใช้ตัวอย่างที่ให้ผลลบด้วยวิธี Real-time RT-PCR จำนวน 50 ตัวอย่างเป็นกลุ่มควบคุมร่วมของการศึกษา

ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าชุดตรวจแอนติเจน RSV แบบรวดเร็วมีความสามารถในการตรวจจับเชื้อได้ดีในตัวอย่างที่มีปริมาณไวรัสสูงหรือค่า Ct ต่ำ อย่างไรก็ตาม ประสิทธิภาพของชุดตรวจลดลงในกลุ่มตัวอย่างที่มีค่า Ct สูงขึ้น ซึ่งสะท้อนข้อจำกัดของชุดตรวจแอนติเจนที่ขึ้นกับปริมาณแอนติเจนในตัวอย่าง ดังนั้น ในกรณีที่ผลตรวจเป็นลบแต่ผู้ป่วยมีอาการทางคลินิกหรือมีความเสี่ยงสูง ควรพิจารณาตรวจยืนยันด้วยวิธี Real-time RT-PCR เพื่อเพิ่มความถูกต้องในการวินิจฉัย.

การอภิปรายผล

ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าชุดตรวจแอนติเจน RSV แบบรวดเร็วที่พัฒนาขึ้นสามารถตรวจจับเชื้อ RSV ได้ทั้งสายพันธุ์ A และ B โดยให้ผลภายในระยะเวลา 15–20 นาที และไม่ต้องใช้เครื่องมือเฉพาะทาง จุดเด่นสำคัญของชุดตรวจคือมีความจำเพาะสูง โดยไม่พบผลบวกลวงจากตัวอย่างที่ให้ผลลบด้วยวิธี Real-time RT-PCR และไม่พบการเกิดปฏิกิริยาข้ามกับเชื้อไวรัสระบบทางเดินหายใจชนิดอื่นที่ทดสอบ แสดงให้เห็นว่าแอนติบอดีที่คัดเลือกและนำมาใช้ในชุดตรวจมีความจำเพาะต่อแอนติเจนของเชื้อ RSV เหมาะสมต่อการพัฒนาชุดตรวจแบบ Lateral Flow Assay (LFA) เมื่อประเมินประสิทธิภาพกับตัวอย่างทางคลินิกแยกตามช่วงค่า Ct พบว่าชุดตรวจให้ผลดีที่สุดในกลุ่มตัวอย่างที่มีค่า Ct <25 ซึ่งเป็นกลุ่มที่มีปริมาณไวรัสสูง โดยมีค่า Sensitivity ร้อยละ 96.00, Specificity ร้อยละ 100.00 และ Accuracy ร้อยละ 98.00 ผลดังกล่าวสะท้อนว่าชุดตรวจมีศักยภาพในการใช้คัดกรองผู้ป่วยในช่วงที่มีปริมาณไวรัสสูง โดยเฉพาะระยะเริ่มต้นของการติดเชื้อ ซึ่งเป็นช่วงที่มีโอกาสแพร่กระจายเชื้อและมีความสำคัญต่อการควบคุมโรค อย่างไรก็ตาม ความไวของชุดตรวจลดลงอย่างชัดเจนในกลุ่มตัวอย่างที่มีค่า Ct สูงขึ้น ซึ่งอาจเกิดจากปริมาณแอนติเจนของเชื้อในตัวอย่างมีระดับต่ำกว่าขีดจำกัดการตรวจจับของชุดตรวจ ทำให้สัญญาณบนแถบทดสอบไม่ชัดเจนหรือไม่สามารถตรวจพบได้ ข้อจำกัดดังกล่าวเป็นลักษณะที่พบได้ในชุดตรวจแอนติเจนแบบ

รวดเร็ว ซึ่งประสิทธิภาพของการตรวจขึ้นอยู่กับปริมาณแอนติเจนหรือปริมาณไวรัสในตัวอย่างโดยตรง สอดคล้องกับรายงานก่อนหน้าที่พบว่าชุดตรวจแอนติเจนแบบรวดเร็วมักให้ความไวสูงในตัวอย่างที่มีปริมาณไวรัสสูง และความไวลดลงในตัวอย่างที่มีปริมาณไวรัสต่ำ (Chartrand et al., 2015; Bruning et al., 2017) ดังนั้น ชุดตรวจนี้จึงเหมาะสำหรับใช้เป็นเครื่องมือสนับสนุนการคัดกรองเบื้องต้นในผู้ป่วยที่มีปริมาณไวรัสสูง หรือในสถานการณ์ที่ต้องการผลตรวจอย่างรวดเร็ว เช่น การคัดกรองในช่วงเริ่มมีอาการ การคัดแยกผู้ป่วยเบื้องต้น และการสนับสนุนการเฝ้าระวังโรคติดเชื้อระบบทางเดินหายใจจากเชื้อ RSV ในระบบสาธารณสุข อย่างไรก็ตาม ในกรณีที่ผลตรวจด้วยชุดตรวจแอนติเจนเป็นลบ แต่ผู้ป่วยมีอาการทางคลินิกหรือมีความเสี่ยงสูง ควรพิจารณาตรวจยืนยันด้วยวิธี Real-time RT-PCR เพื่อเพิ่มความถูกต้องในการวินิจฉัย และควรกำหนดแนวทางการใช้ชุดตรวจร่วมกับวิธีมาตรฐานให้เหมาะสมกับบริบททางคลินิกและระบบสาธารณสุข

บทสรุป

การศึกษานี้สามารถพัฒนาต้นแบบชุดตรวจแอนติเจนเชื้อไวรัสอาร์เอสแบบรวดเร็วโดยใช้หลักการ Lateral Flow Assay (LFA) ซึ่งสามารถตรวจจับเชื้อ RSV ได้ทั้งสายพันธุ์ A และ B ให้ผลภายใน 15–20 นาที และไม่ต้องใช้เครื่องมือเฉพาะทาง ผลการประเมินในห้องปฏิบัติการพบว่าชุดตรวจมีความจำเพาะสูง ไม่พบการเกิดปฏิกิริยาข้ามกับเชื้อไวรัสระบบทางเดินหายใจชนิดอื่นที่ทดสอบ และให้ผลการตรวจที่ดีในกลุ่มตัวอย่างที่มีปริมาณไวรัสสูงหรือค่า Ct ต่ำ โดยเฉพาะกลุ่ม Ct <25 ซึ่งมีความไวร้อยละ 96.00 และความจำเพาะร้อยละ 100 อย่างไรก็ตาม ความไวของชุดตรวจลดลงในกลุ่มตัวอย่างที่มีค่า Ct สูงขึ้น จึงควรใช้ชุดตรวจนี้เป็นเครื่องมือสนับสนุนการคัดกรองเบื้องต้นและการเฝ้าระวังโรคติดเชื้อ RSV โดยในกรณีที่ผู้ป่วยมีอาการทางคลินิกหรือมีความเสี่ยงสูงแต่ผลตรวจด้วยชุดตรวจแอนติเจนเป็นลบ ควรพิจารณาตรวจยืนยันด้วยวิธี Real-time RT-PCR เพื่อเพิ่มความถูกต้องในการวินิจฉัย

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนงบประมาณจากกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ ปีงบประมาณ พ.ศ. 2568 คณะผู้วิจัยขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ฝ่ายไวรัสระบบทางเดินหายใจ ศูนย์เฝ้าระวังและประสานงานทางห้องปฏิบัติการ โรงพยาบาลเครือข่าย และศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์ ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการสนับสนุนตัวอย่าง ข้อมูล และการดำเนินงานวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

Bruning A.H.L., Leeflang M.M.G., Vos J.M.B.W., Spijker R., de Jong M.D., Wolthers K.C. and Pajkrt D. (2017). Rapid tests for influenza, respiratory syncytial virus, and other respiratory viruses: A systematic review and meta-analysis. Clinical Infectious Diseases. 65(6): 1026–1032. DOI: 10.1093/cid/cix461.

Chartrand C., Tremblay N., Renaud C. and Papenburg J. (2015). Diagnostic accuracy of rapid antigen detection tests for respiratory syncytial virus infection: Systematic review and meta-analysis. Journal of Clinical Microbiology. 53(12): 3738–3749. DOI: 10.1128/JCM.01816-15.

Koczula K.M. and Gallotta A. (2016). Lateral flow assays. Essays in Biochemistry. 60(1): 111–120. DOI: 10.1042/EBC20150012.

Li Y., Wang X., Blau D.M., Caballero M.T., Feikin D.R., Gill C.J. et al. (2022). Global, regional, and national disease burden estimates of acute lower respiratory infections due to respiratory syncytial virus in children younger than 5 years in 2019: A systematic analysis. The Lancet. 399(10340): 2047–2064. DOI: 10.1016/S0140-6736(22)00478-0.

Mahony J.B. (2008). Detection of respiratory viruses by molecular methods. Clinical Microbiology Reviews. 21(4): 716–747. DOI: 10.1128/CMR.00037-07.

O'Farrell B. (2015). Evolution in lateral flow-based immunoassay systems. In Wong R. and Tse H., Editors. Lateral Flow Immunoassay. Humana Press: Totowa. 1–33. DOI: 10.1007/978-1-59745-240-3_1.

Posthuma-Trumpie G.A., Korf J. and van Amerongen A. (2009). Lateral flow (immuno)assay: Its strengths, weaknesses, opportunities and threats. A literature survey. Analytical and Bioanalytical Chemistry. 393(2): 569–582. DOI: 10.1007/s00216-008-2287-2.

Sajid M., Kawde A.N. and Daud M. (2015). Designs, formats and applications of lateral flow assay: A literature review. Journal of Saudi Chemical Society. 19(6): 689–705. DOI: 10.1016/j.jscs.2014.09.001.

Shi T., McAllister D.A., O'Brien K.L., Simoes E.A.F., Madhi S.A., Gessner B.D. et al. (2017). Global, regional, and national disease burden estimates of acute lower respiratory infections due to respiratory syncytial virus in young children in 2015: A systematic review and modelling study. The Lancet. 390(10098): 946–958. DOI: 10.1016/S0140-6736(17)30938-8.

การพัฒนาปุ๋ยอินทรีย์ขยะอาหารจากครัวสวนดุสิต
Developing food leftover compost from Suan Dusit Kitchen

ปฏิญญา สุขวงศ์[1*] ธนินท์รัฐ ธรรมสืบศักดิ์[1] และอรัชภรณ์ เสนสาย[1]
Patinya Sukwong[1*] Thaninrat Thamsuebsak[1], and Aratchaporn Sensai[1]

[1]คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต*
[1]Faculty of Science and Technology, Suan Dusit University*
[*]Corresponding Author E-mail Address : psukwongs@hotmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ปริมาณและองค์ประกอบของขยะอาหารจากครัวสวนดุสิต มหาวิทยาลัยสวนดุสิต และพัฒนาคุณภาพปุ๋ยอินทรีย์โดยการผสมวัสดุเสริมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการย่อยสลายตามหลักเศรษฐกิจหมุนเวียน จากการสำรวจพบปริมาณขยะมูลฝอยเฉลี่ย 31.16±3.19 กิโลกรัมต่อวัน โดยร้อยละ 93.55 เป็นขยะอาหาร ซึ่งมีองค์ประกอบหลักคือเศษแป้ง (ร้อยละ 64.47±3.45) และเศษผักผลไม้ (ร้อยละ 25.55±6.51) การวิจัยดำเนินการผ่านถังหมักแบบหมุนถังเพื่อเติมอากาศที่ทางผู้วิจัยพัฒนาขึ้น โดยใช้เวลาในการหมักเป็นเวลา 60 วัน เปรียบเทียบระหว่างชุดควบคุม (ขยะอาหารอย่างเดียว) และชุดที่เติมวัสดุเสริม ได้แก่ ใบไม้แห้ง, มูลไก่ และมูลวัว ในอัตราส่วน 2:1

ผลการทดลองพบว่า ชุดที่เติมวัสดุเสริมมีคุณภาพขยะอาหารที่ได้รับการหมักผ่านเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยหมักของกรมพัฒนาที่ดินในด้านไนโตรเจน (N) โพแทสเซียม (K) ความชื้น และค่าความเป็นกรด-ด่าง โดยชุดที่เติมมูลไก่ให้ค่าไนโตรเจนสูงสุดที่ร้อยละ 2.46 รองลงมาคือมูลวัว (ร้อยละ 2.03) และใบไม้แห้ง (ร้อยละ 1.14) ตามลำดับ สำหรับค่าโพแทสเซียมในทุกชุดที่เติมวัสดุเสริมมีค่าสูงกว่ามาตรฐานอย่างชัดเจน (ร้อยละ 7.46–22.76) ด้านความเสถียรของปุ๋ย พบว่าค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) ลดลงจากเริ่มต้นที่ 36.75 มาอยู่ในช่วง 6.20–9.54 ในทุกชุดที่เติมวัสดุเสริม ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด (ไม่เกิน 20:1) บ่งชี้ว่าปุ๋ยมีความเสถียรและสุกพร้อมใช้งาน อย่างไรก็ตาม ปริมาณฟอสฟอรัส (P) ในทุกชุดการทดลองยังมีค่าระหว่างร้อยละ 0.05–0.18 ซึ่งยังไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานร้อยละ 0.5 สรุปได้ว่าการเติมมูลสัตว์ และใบไม้แห้งช่วยเพิ่มคุณค่าทางธาตุอาหารและเร่งการย่อยสลายสารอินทรีย์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ เป็นแนวทางที่ยั่งยืนในการจัดการขยะอาหาร ณ แหล่งกำเนิด

คำสำคัญ: ขยะอาหาร การหมัก ปุ๋ยอินทรีย์

Abstract

This study aimed to analyze the quantity and composition of food waste generated from the Suan Dusit Kitchen, Suan Dusit University, and to improve the quality of organic compost through the addition of supplementary materials in accordance with circular economy principles. The survey revealed that the average municipal solid waste generation was 31.16 ± 3.19 kg day^{-1}, of which 93.55% consisted of food waste. The major components of food waste were starchy residues (64.47 ± 3.45%) and fruit and vegetable waste (25.55 ± 6.51%).

Composting experiments were conducted using a rotary aerated composting bin developed by the researchers over a period of 60 days. Four treatments were evaluated, including a control treatment (food waste only) and food waste mixed with dry leaves, chicken manure, or cow manure at a ratio of 2:1 (food waste material). The results showed that all supplemented treatments produced compost that met the standards established by the Land Development Department of Thailand for nitrogen (N), potassium (K), moisture content, and pH. The highest nitrogen content was observed in the chicken manure treatment (2.46%), followed by cow manure (2.03%) and dry leaves (1.14%). Potassium concentrations in all supplemented treatments (7.46–22.76%) were substantially higher than the minimum standard requirement.

The carbon-to-nitrogen (C/N) ratio decreased from an initial value of 36.75 to 6.20–9.54 in all supplemented treatments, which was below the recommended threshold of 20:1, indicating compost maturity and stability. However, phosphorus (P) concentrations ranged from 0.05% to 0.18%, remaining below the standard requirement of 0.5%. Overall, the addition of animal manure and dry leaves effectively enhanced nutrient content and accelerated organic matter decomposition, demonstrating a sustainable approach for on-site food waste management and resource recovery.

Keywords: Food waste, Composting, Organic fertilizer

บทนำ

ปัจจุบันปัญหาขยะมูลฝอยถือเป็นวิกฤตการณ์ด้านสิ่งแวดล้อมระดับโลกที่มีความรุนแรงมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง ซึ่งเป็นผลพวงโดยตรงจากการพัฒนาทางเศรษฐกิจ การขยายตัวของความเป็นเมือง และพฤติกรรมการบริโภคที่เพิ่มสูงขึ้น โดยเฉพาะขยะอาหาร ในแต่ละปีมีอาหารที่ผลิตได้ในโลกกลายเป็นเศษอาหารเหลือทิ้งมากถึง 1.3 พันล้านตัน หรือราว 1 ใน 3 (Gustavsson et al., 2011) สำหรับประเทศไทย ขยะอาหารเป็นปัญหาสำคัญของการจัดการขยะโดยเฉพาะในเขตเมือง จากการศึกษาในปี 2565 โดยกรมควบคุมมลพิษ พบว่าประเทศไทยมีขยะมูลฝอยเกิดขึ้น 25.70 ล้านตัน หรือ 70,411 ตันต่อวัน เฉลี่ยเท่ากับ 1.07 กิโลกรัม/คน/วัน (กรมควบคุมมลพิษ, 2566) เพื่อแก้ไขปัญหาวิกฤตขยะมูลฝอยตกค้าง รัฐบาลจึงได้กำหนดให้การจัดการขยะเป็นวาระแห่งชาติ โดยมุ่งเน้นตามแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 12 และแผนแม่บทการบริหารจัดการขยะมูลฝอย (พ.ศ. 2559–

2564) ที่ให้ความสำคัญกับการจัดการขยะ ณ แหล่งกำเนิด (Source Reduction) ซึ่งถือเป็นแนวทางที่มีประสิทธิภาพที่สุดในการลดภาระการกำจัดในขั้นตอนสุดท้าย

ด้วยเหตุนี้ ผู้วิจัยจึงเล็งเห็นความสำคัญของการจัดการขยะอาหารภายในพื้นที่มหาวิทยาลัยสวนดุสิต ซึ่งมีขยะอาหารเหลือทิ้งจากโรงอาหารเป็นจำนวนมาก การศึกษานี้จึงมุ่งเน้นการพัฒนาการผลิตปุ๋ยจากขยะเศษอาหารเพื่อเป็นแนวทางในการลดปริมาณขยะเชิงบูรณาการ ไม่เพียงแต่จะช่วยลดผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม ทั้งปัญหาการปนเปื้อนของน้ำเสียลงสู่แหล่งน้ำใต้ดินและมลพิษทางกลิ่นจากการเน่าเสีย แต่ยังเป็นการส่งเสริมเกษตรธรรมชาติด้วยการลดการใช้ปุ๋ยเคมี ซึ่งถือเป็นเทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพและยั่งยืนในการเปลี่ยนของเสียให้เป็นทรัพยากรที่มีคุณค่าตามหลักเศรษฐกิจหมุนเวียน

สำหรับงานวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อ ศึกษาปริมาณและองค์ประกอบของขยะอาหารจากครัวสวนดุสิต อาคาร 11 และอาคาร 12 และเพื่อพัฒาปุ๋ยอินทรีย์จากขยะอาหารโดยการผสมมูลสัตว์

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

ตัวอย่างขยะอาหาร

ตัวอย่างขยะอาหารถูกเก็บรวบรวมจากถังรองรับขยะภายในครัวสวนดุสิต อาคาร 11 และอาคาร 12 มหาวิทยาลัยสวนดุสิต ซึ่งเป็นแหล่งประกอบและจำหน่ายอาหารสำหรับนักศึกษา บุคลากร และผู้ใช้บริการภายในมหาวิทยาลัย โดยดำเนินการเก็บตัวอย่างจำนวน 2 รอบ เพื่อให้ครอบคลุมความแปรผันของปริมาณและองค์ประกอบของขยะอาหารที่เกิดขึ้นจากการดำเนินงานตามปกติของครัวอาหาร

การเก็บตัวอย่างรอบที่ 1 ดำเนินการระหว่างวันที่ 12–14 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2567 และรอบที่ 2 ดำเนินการระหว่างวันที่ 18–20 มีนาคม พ.ศ. 2567 โดยในแต่ละวัน ผู้วิจัยทำการรวบรวมขยะอาหารทั้งหมดที่เกิดขึ้นภายในช่วงเวลาการปฏิบัติงานของครัว จากนั้นนำตัวอย่างที่ได้มาชั่งน้ำหนักเพื่อหาปริมาณขยะอาหารที่เกิดขึ้น และดำเนินการคัดแยกองค์ประกอบทางกายภาพตามประเภทของขยะอาหาร ได้แก่ เศษอาหารประเภทแป้งและธัญพืช เศษผักและผลไม้ เศษเนื้อสัตว์และกระดูก รวมถึงองค์ประกอบอื่น ๆ ที่พบในตัวอย่าง

หลังจากการคัดแยก ตัวอย่างขยะอาหารจากทั้งสองช่วงเวลาถูกนำมาวิเคราะห์องค์ประกอบและสัดส่วนของขยะอาหารแต่ละประเภท เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการประเมินศักยภาพการนำขยะอาหารไปใช้ประโยชน์ และเป็นข้อมูลประกอบการออกแบบการทดลองการผลิตปุ๋ยหมักจากขยะอาหารในขั้นตอนต่อไป

ถังหมักขยะอาหาร และกระบวนการหมัก

ผู้วิจัยมีการออกแบบถังหมักขยะอาหาร โดยมีรายละเอียดดังนี้

1) นำถังพลาสติกที่มีฝาปิดขนาด 120 ลิตร มาเจาะรูสำหรับอากาศเข้า
2) ตัดด้านข้างถังเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ขนาดกว้าง 10 นิ้ว ยาว 16 นิ้ว เพื่อนำขยะอาหารเข้าสู่ถังหมัก
3) ติดบานพับ และกลอนสำหรับล๊อคที่บริเวณช่องนำเข้าขยะอาหาร
4) นำฐานไม้มาติดล้อหมุน สำหรับหมุนพลิกกลับกองขยะอาหารภายในถัง

โดยถังหมกขยะอาหาร ผู้วิจัยได้ผลิตทั้งหมด 4 ถัง ซึ่งประกอบไปด้วย ถังควบคุมคือถังหมักเฉพาะขยะอาหารที่ไม่ใส่ส่วนผสมอื่น ถังที่ 1 สำหรับขยะอาหารที่ใส่เศษใบไม้แห้ง ถังที่ 2 สำหรับขยะอาหารที่ผสมมูลไก่ และ ถังที่ 3 สำหรับขยะอาหารที่ผสมมูลวัว โดยลักษณะถังหมักที่ผู้วิจัยทำขึ้นมา ดังแสดงในภาพที่ 1



รูปที่ 1 แสดงลักษณะของถังหมักขยะอาหารที่ผลิตขึ้น โดยตัวถังหมักวางบนลูกกลิ้ง 4 ล้อ สำหรับช่วยในการกลับกอง

การเก็บรวบรวมมูลฝอย และการวิเคราะห์องค์ประกอบ

ขยะมูลฝอยจากถังขยะในโรงอาหารครัวสวนดุสิต อาคาร 11 และอาคาร 12 ถูกรวบรวมทั้งหมดในแต่ละวัน จากนั้นนำมาวิเคราะห์ โดยนำตัวอย่างขยะที่รวบรวมได้ทั้งหมดจะถูกนำมาสุ่มโดยใช้เทคนิค Quartering; ASTM D5231 (ASTM, 2008) จากนั้นนำไปแยกองค์ประกอบทางกายภาพ ออกเป็นขยะ 11 ประเภท และแยกองค์ประกอบทางเคมีด้วยวิธีต่างๆ ได้แก่ การหาความชื้น (ASTM D3173), ค่าคาร์บอน (ASTM D3178) และค่าไนโตรเจน (Kjeldahl Method, EPA 1687)

ขั้นตอนการหมักขยะอาหารเพื่อผลิตปุ๋ยหมักแบบใช้อากาศ

การผลิตปุ๋ยหมักจากขยะอาหารในงานวิจัยนี้ใช้กระบวนการหมักแบบใช้อากาศ (Aerobic Composting) โดยเริ่มจากการเตรียมวัตถุดิบ ได้แก่ ขยะอาหาร เศษใบไม้แห้ง มูลไก่ และมูลวัว ในอัตราส่วน โดยปริมาตร 2:1 (ขยะอาหาร 2 ส่วน ต่อวัสดุเสริม 1 ส่วน) จากนั้นนำวัตถุดิบผสมลงในถังหมักแบบหมุนที่พัฒนาขึ้นสำหรับงานวิจัย โดยบรรจุวัสดุหมักไม่เกินร้อยละ 75 ของปริมาตรถัง เพื่อให้มีพื้นที่เพียงพอสำหรับการระบายอากาศและการทำงานของจุลินทรีย์แบบใช้ออกซิเจน ความชื้นของวัสดุหมักถูกควบคุมให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการย่อยสลาย โดยตรวจสอบและปรับความชื้นตามความจำเป็นตลอดระยะเวลาการหมัก ในระหว่างการทดลอง มีการหมุนถังหมักวันละ 1–2 ครั้ง เพื่อเพิ่มการถ่ายเทอากาศและกระจายความร้อนภายในกองปุ๋ยอย่างสม่ำเสมอ พร้อมทั้งบันทึกการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ ได้แก่ กลิ่น สี และการปรากฏของแมลงหรือหนอน ซึ่งเป็นตัวชี้วัดความก้าวหน้าของกระบวนการย่อยสลายอินทรียวัตถุ

กระบวนการหมักดำเนินต่อเนื่องเป็นระยะเวลา 60 วัน เมื่อสิ้นสุดการหมัก ปุ๋ยหมักที่ได้ถูกนำออกจากถังและเก็บตัวอย่างแบบสุ่มเพื่อนำไปวิเคราะห์คุณภาพในห้องปฏิบัติการ โดยพิจารณาคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพที่สำคัญ ได้แก่ ความชื้น ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (Total Nitrogen) ฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total Phosphorus) โพแทสเซียมทั้งหมด (Total Potassium) ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ และค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) เพื่อนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบกับมาตรฐานปุ๋ยหมักของกรมพัฒนาที่ดินและประเมินประสิทธิภาพของวัสดุเสริมแต่ละชนิดต่อคุณภาพปุ๋ยหมักที่ผลิตได้ การหมัก และการวิเคราะห์องค์ประกอบของปุ๋ยหมัก จะถูกดำเนินการ 2 ซ้ำ (n=2)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การวิเคราะห์ข้อมูลสำหรับงานวิจัยนี้ ใช้เครื่องมือทางสถิติซึ่งประกอบไปด้วย สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) ได้แก่ ค่าเฉลี่ย และค่าร้อยละ และสถิติเชิงอนุมาน (Inferential Statistics) ได้แก่ การทดสอบความแตกต่างโดยใช้สถิติ One-way ANOVA ที่ระดับความเชื่อมัน 0.05

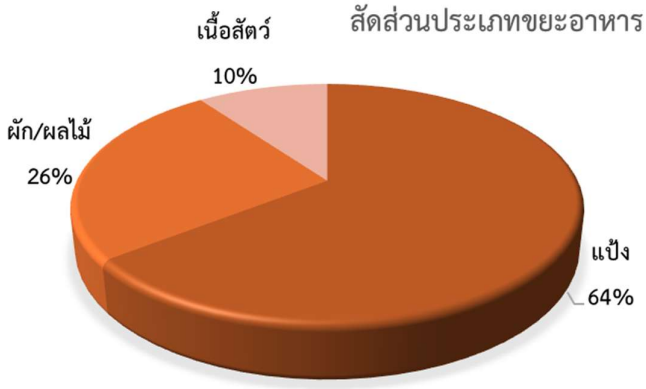
ผลการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาเพื่อหาแนวทางการพัฒนาปุ๋ยอินทรีย์จากขยะอาหารเหลือทิ้งจากครัวสวนดุสิต (อาคาร 11 และอาคาร 12) มหาวิทยาลัยสวนดุสิต ผลการศึกษาพบว่าจาก ปริมาณขยะมูลฝอยรวมแต่ละวัน (จากการเก็บตัวอย่าง 6 วัน) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 31.16±3.19 กิโลกรัมต่อวัน และมีองค์ประกอบของขยะจากครัวสวนดุสิตพบว่าขยะส่วนใหญ่ ร้อยละ 93.55 เป็นขยะอาหาร รองลงมาคือกระดาษ และพลาสติก ในสัดส่วน ร้อยละ 3.02 และ 1.96 ตามลำดับ



รูปที่ 2 แสดงขยะมูลฝอยรวม จากครัวสวนดุสิต อาคาร 11 และอาคาร 12

จากการศึกษาสัดส่วนของขยะอาหารที่เหลือทิ้ง พบว่า มีขยะอาหารประเภทแป้งมากที่สุด ร้อยล 64.47±3.45 รองลงมาคือ เศษอาหารในกลุ่มผัก/ผลไม้ ร้อยละ 25.55±6.51 ดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 สัดส่วนประเภทของขยะอาหาร

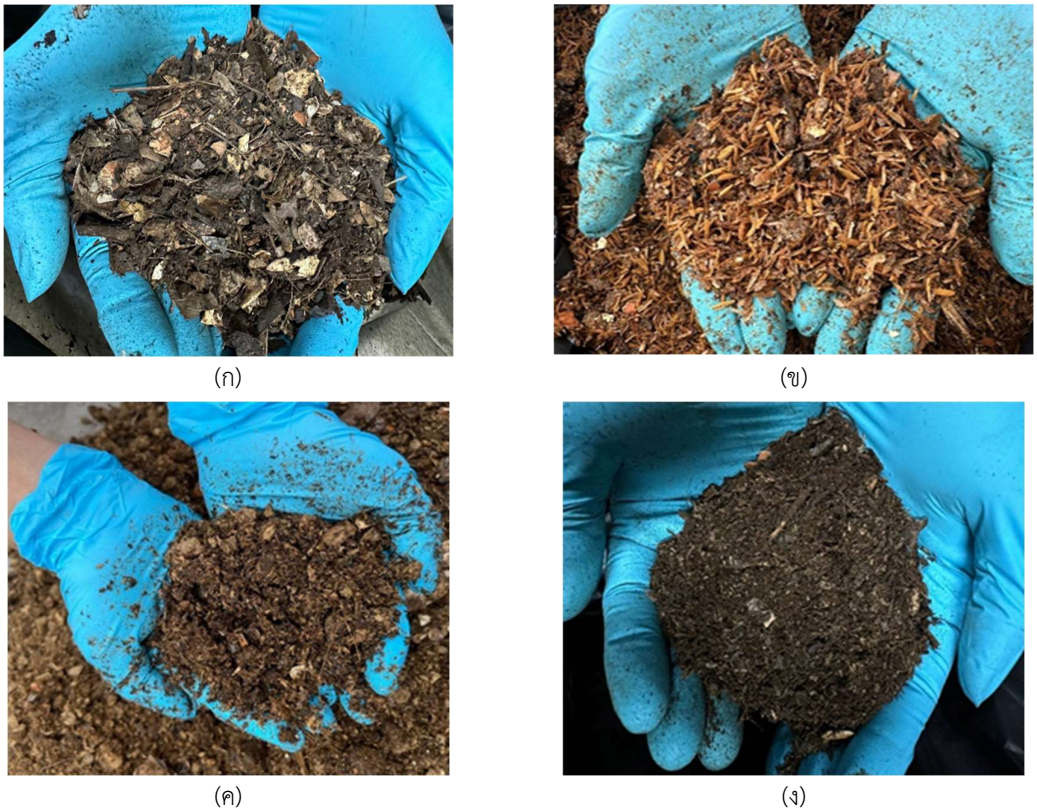
องค์ประกอบทางเคมีของปุ๋ยอินทรีย์ จากการหมักขยะอาหาร

จากผลการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของขยะอาหารสำหรับการนำมาทำปุ๋ยหมัก จำนวน 4 ถัง ซึ่งประกอบไปด้วย ถังที่ 1 เป็นการหมักของขยะอาหารผสมกับใบไม้แห้ง โดยมีอัตราส่วน 2:1 ขยะอาหารถังที่ 2 เป็นการหมักของขยะอาหารกับมูลไก่ โดยมีอัตราส่วน 2:1 ขยะอาหารถังที่ 3 เป็นการหมักของขยะอาหารกับมูลวัว โดยมีอัตราส่วน 2:1 และขยะอาหารถังควบคุม (ขยะอาหารเพียงอย่างเดียว) พบว่าว่าขยะอาหารถังที่ 1, ถังที่ 2 และถังที่ 3 มีค่าปริมาณไนโตรเจน, ปริมาณคาร์บอน, สัดส่วนคาร์บอนและไนโตรเจน (C/N Ratio) ปริมาณความชื้น และปริมาณความเป็นกรด – ด่าง (pH) ได้ตามมาตรฐานปุ๋ยหมักที่กำหนดโดยกรมพัฒนาที่ดิน ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการตรวจสอบคุณภาพของปุ๋ยหมักที่ผลิตจากขยะเศษอาหารที่ได้ภายในมหาวิทยาลัยสวนดุสิต ร่วมกับเศษใบไม้แห้ง (ถังที่1) มูลไก่ (ถังที่2) มูลวัว (ถังที่3) โดยมีอัตราส่วน 2:1 และขยะอาหารที่ไม่ผสมสิ่งใด (ถังควบคุม) แต่ละการทดลองถูกทำซ้ำ 2 ครั้ง (n=2)

ลำดับที่	พารามิเตอร์ (หน่วยวัด)	ค่าเฉลี่ย ± SD (n=2)				ค่า
		ถังที่ 1	ถังที่ 2	ถังที่ 3	ถังควบคุม	มาตรฐาน*
1	Nitrogen (%)	1.14±0.042#	2.46±0.530#	2.03±0.184#	0.74±0.113	≥ 1.0
2	Phosphorus (%)	0.05±0	0.18±0.007	0.12±0.007	0.05±0.007	≥ 0.5
3	Potassium (%)	0.07±0.005	0.23±0.031	0.17±0.02	0.06±0.002	≥ 0.5
4	Organic Carbon (% w/w)	8.51±3.394	14.68±9.030	19.32±7.516	21.21±7.799	-
5	C/N Ratio	7.66±0.163#	6.20±1.654#	9.54±0.580#	29.09±4.766	≤ 20:1
6	Organic Matter (% w/w)	15.25±0.120	25.30±1.145#	33.31±0.856#	36.56±0.495	> 20
7	Moisture Content (% w/w)	19.60±9.984#	17.09±9.652#	16.46±7.990#	22.37±12.692#	< 30
8	pH	7.42±0.007#	7.51±0.056#	8.01±0.049#	6.61±0.905	7.0 – 8.5

หมายเหตุ: * หมายถึง มาตรฐานปุ๋ยหมักที่กำหนดโดยกรมพัฒนาที่ดิน (2556)
หมายถึง มีค่าได้ตามมาตรฐานปุ๋ยหมักโดยกรมพัฒนาที่ดิน (2556)



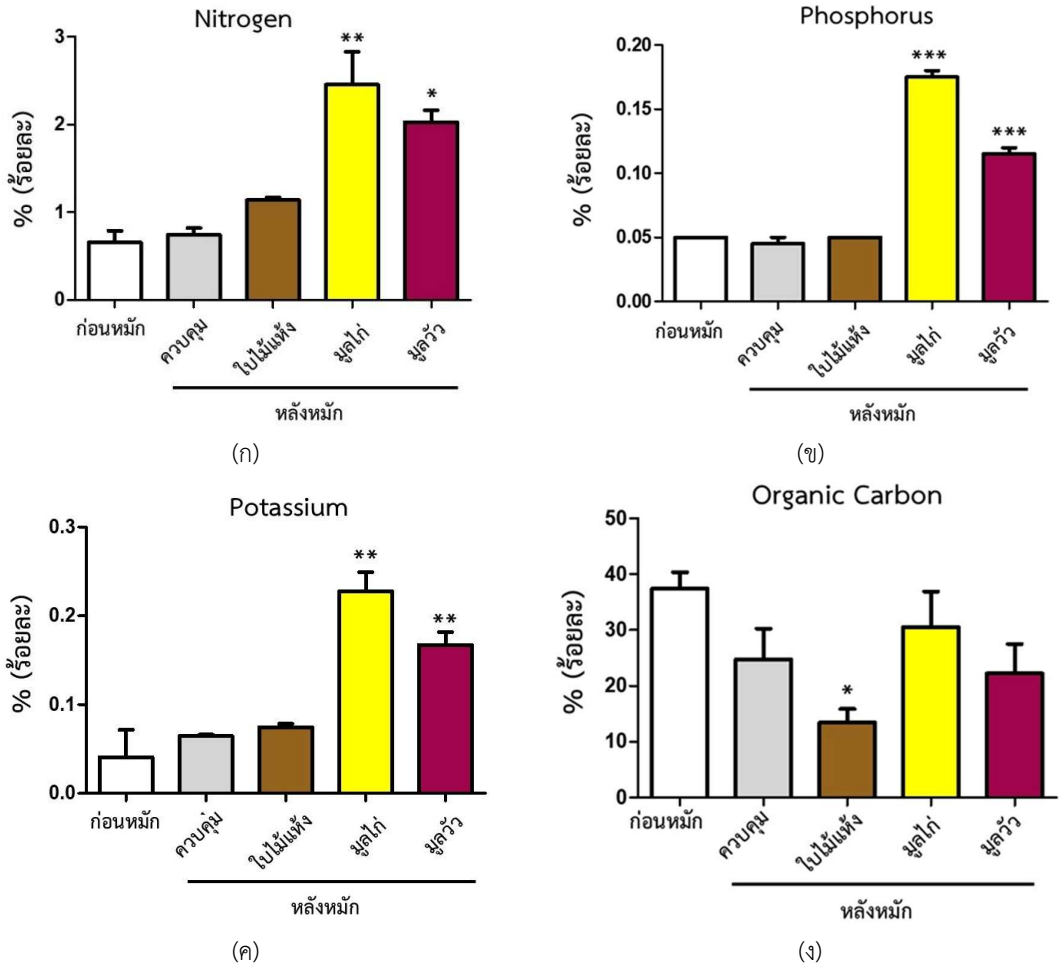
(ก) (ข)

(ค) (ง)

รูปที่ 4 ลักษณะของปุ๋ยหมักที่ผลิตจากขยะอาหาร เมื่อผสมกับ เศษใบไม้ (ก) มูลไก่ (ข) มูลวัว (ค) และ ถังควบคุม (ง) หลังจากทำการหมักในถังหมักเป็นเวลา 60 วัน

จากการศึกษาเปรียบเทียบปริมาณธาตุอาหารหลัก ได้แก่ ไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) โพแทสเซียม (K) และคาร์บอน (C) ของตัวอย่างขยะอาหารก่อนและหลังการหมัก ภายใต้การทดลองแบบควบคุม (ไม่เติมวัสดุปรับปรุง) และการเติมใบไม้แห้ง มูลไก่ และมูลวัว ในอัตราส่วน 2:1 (ขยะอาหาร 2 ส่วนต่อวัสดุที่เติม 1 ส่วน) หลังการหมักเป็นเวลา 60 วัน พบว่าผลการทดลองมีแนวโน้มแตกต่างกันดังแสดงในรูปที่ 5 โดยตัวอย่างที่เติมมูลไก่และมูลวัวมีปริมาณธาตุอาหาร N P และ K สูงกว่าตัวอย่างขยะอาหารก่อนการหมักอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สะท้อนให้เห็นว่าการเติมมูลสัตว์มีส่วนช่วยเพิ่มคุณค่าทางธาตุอาหารและส่งเสริมคุณภาพของวัสดุปุ๋ยหมักที่ได้จากกระบวนการหมักขยะอาหาร จากผลการศึกษาพบว่า การเติมมูลไก่และมูลวัวในกระบวนการหมักขยะอาหารส่งผลให้ความเข้มข้นของธาตุอาหารหลัก ได้แก่ ไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) และโพแทสเซียม (K) ในปุ๋ยหมักเพิ่มสูงขึ้นอย่างชัดเจน แสดงให้เห็นว่ามูลสัตว์ทำหน้าที่เป็นแหล่งธาตุอาหารสำคัญในกระบวนการหมัก ทั้งนี้ ธาตุอาหารดังกล่าวมีแหล่งกำเนิดจากเศษอาหารที่ย่อยสลายไม่สมบูรณ์ อินทรียวัตถุ และองค์ประกอบแร่ธาตุที่ถูกขับถ่ายออกมากับมูลสัตว์ ระหว่างกระบวนการย่อยสลายทางชีวภาพ จุลินทรีย์จะเปลี่ยนสารอาหารที่อยู่ในรูปสารอินทรีย์ให้กลายเป็นรูปที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้มากขึ้น ส่งผลให้ปริมาณฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมในวัสดุหมักเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ การเพิ่มขึ้นของธาตุอาหารดังกล่าวยังสะท้อนถึงการพัฒนาคุณภาพของปุ๋ยหมักและเพิ่มศักยภาพในการใช้ประโยชน์ทางการเกษตรของผลิตภัณฑ์ปุ๋ยหมักขั้นสุดท้าย (Bernal, Alburquerque, & Moral, 2009; ปฏิมา อู่สูงเนิน และวรพจน์ ศตเดชากุล, 2565)

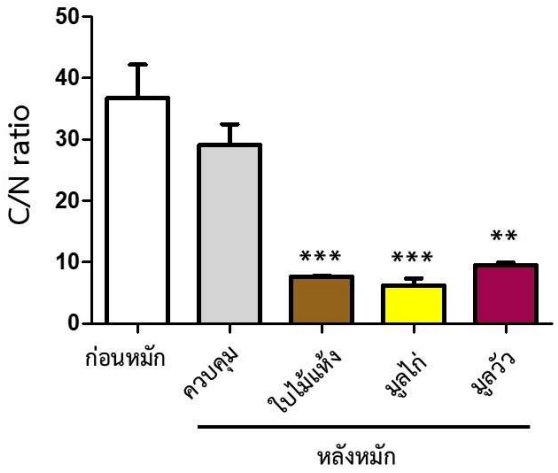
อย่างไรก็ตาม ผลการวิเคราะห์ปริมาณคาร์บอน (C) พบว่า ชุดการทดลองที่เติมเศษใบไม้แห้งมีปริมาณคาร์บอนลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับขยะอาหารก่อนการหมัก สะท้อนให้เห็นถึงการย่อยสลายสารอินทรีย์คาร์บอนโดยกิจกรรมของจุลินทรีย์ในกระบวนการหมักแบบใช้ออกซิเจน (aerobic composting) ซึ่งคาร์บอนส่วนหนึ่งถูกเปลี่ยนรูปและสูญเสียออกไปในรูปก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ระหว่างกระบวนการเมแทบอลิซึมของจุลินทรีย์ นอกจากนี้ การเติมเศษใบไม้แห้งซึ่งเป็นวัสดุที่มีโครงสร้างลิกโนเซลลูโลสและมีสัดส่วนคาร์บอนสูง ยังช่วยเพิ่มความพรุนและการถ่ายเทอากาศภายในกองปุ๋ย ส่งผลให้จุลินทรีย์สามารถย่อยสลายอินทรียวัตถุได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น จึงทำให้เกิดการลดลงของปริมาณคาร์บอนในวัสดุหมักอย่างชัดเจนเมื่อสิ้นสุดกระบวนการหมัก (Sharma & Yadav, 2017)



รูปที่ 5 ปริมาณธาตุอาหารของตัวอย่างขยะอาหารเปรียบเทียบในแต่ละตัวแปรทดลอง ประกอบไปด้วย ไนโตรเจน (ก), ฟอสฟอรัส (ข), โพแทสเซียม (ค), และออร์กานิคคาร์บอน (ง) สัญลักษณ์ * แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น ที่ 0.01 และ 0.05 สำหรับ ** และ * ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างก่อนหมัก จากการทดสอบด้วยสถิติ ANOVA

ผลการวิเคราะห์ค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) ของขยะอาหารก่อนและหลังการหมักเป็นระยะเวลา 60 วัน แสดงดังรูปที่ 5 พบว่า ขยะอาหารก่อนการหมักมีค่า C/N ratio เท่ากับประมาณ 36.75 ซึ่งอยู่ในช่วงที่เหมาะสมสำหรับการเริ่มต้นกระบวนการหมัก เนื่องจากมีปริมาณคาร์บอนสูงเพียงพอสำหรับการเจริญเติบโตและการทำงานของจุลินทรีย์ เมื่อสิ้นสุดการหมักในชุดควบคุม (ไม่เติมวัสดุเสริม) ค่า C/N ratio ลดลงเหลือประมาณ 29.09 แสดงให้เห็นว่าคาร์บอนบางส่วนถูกจุลินทรีย์ย่อยสลายและสูญเสียออกไปในรูปก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) อย่างไรก็ตาม ค่า C/N ratio ที่ยังคงสูงกว่า 20 บ่งชี้ว่าวัสดุหมักอาจยังไม่เข้าสู่สภาวะเสถียรหรือหมักได้อย่างสมบูรณ์

ในทางตรงกันข้าม การเติมวัสดุเสริมทั้งใบไม้แห้ง มูลไก่ และมูลวัว ในอัตราส่วนขยะอาหารต่อวัสดุเสริมเท่ากับ 2:1 ส่งผลให้ค่า C/N ratio ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับขยะอาหารก่อนหมัก โดยชุดการทดลองที่เติมใบไม้แห้ง มูลไก่ และมูลวัว มีค่า C/N ratio 7.66, 6.20 และ 9.54 ตามลำดับ โดยทั้งสามชุดการทดลองพบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p < 0.001$ สำหรับการเติมใบไม้แห้งและมูลไก่, และ $p < 0.01$ สำหรับการเติมมูลวัว



รูปที่ 5 สัดส่วน คาร์บอน ต่อไนโตรเจน (C/N ratio) ของตัวอย่างขยะอาหารเปรียบเทียบในแต่ละตัวแปรทดลอง สัญลักษณ์ * แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น ที่ 0.001 และ 0.01 สำหรับ *** และ ** ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างก่อนหมัก จากการทดสอบด้วยสถิติ ANOVA

การลดลงของค่า C/N ratio ดังกล่าวสะท้อนถึงประสิทธิภาพของกระบวนการย่อยสลายอินทรียวัตถุ โดยจุลินทรีย์ได้ใช้คาร์บอนเป็นแหล่งพลังงานและเปลี่ยนคาร์บอนส่วนหนึ่งเป็นก๊าซ CO_2 (Ye et.al., 2023) ขณะเดียวกันการเติมมูลไก่และมูลวัวยังเป็นแหล่งไนโตรเจนที่สำคัญ ส่งผลให้ปริมาณไนโตรเจนในวัสดุหมักเพิ่มขึ้นและทำให้ค่า C/N ratio ลดลงอย่างรวดเร็ว ส่วนการเติมใบไม้แห้งช่วยเพิ่มความพรุนและการระบายอากาศภายในกองปุ๋ย ส่งเสริมกิจกรรมของจุลินทรีย์และเร่งการย่อยสลายสารอินทรีย์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยทั่วไป ปุ๋ยหมักที่มีค่า C/N ratio ต่ำกว่า 20 ถือว่ามีความเสถียรและพร้อมนำไปใช้ประโยชน์ทางการเกษตร (ประกาศกรมวิชาการเกษตร, 2557) ดังนั้นผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าการเติมวัสดุเสริมโดยเฉพาะมูลไก่ มูลวัว และใบไม้แห้ง สามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการหมักและเร่งการเข้าสู่สภาวะปุ๋ยหมักสุกได้ดีกว่าการหมักขยะอาหารเพียงอย่างเดียว

การอภิปรายผล

ผลการศึกษาพบว่าขยะอาหารจากโรงอาหารมีศักยภาพสูงในการนำมาผลิตปุ๋ยอินทรีย์ เนื่องจากประกอบด้วยเศษอาหารประเภทแป้งและผักผลไม้เป็นหลัก ซึ่งเป็นสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายได้ง่าย โดยการทดลองแสดงให้เห็นชัดเจนว่า การเติมวัสดุเสริมอย่างมูลไก่ มูลวัว และใบไม้แห้ง ช่วยปรับปรุงคุณภาพของปุ๋ยหมักให้ดีกว่าการหมักขยะอาหารเพียงอย่างเดียว โดยเฉพาะในด้านปริมาณไนโตรเจนที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยหมักของกรมวิชาการเกษตร (2557) ทั้งนี้เป็นเพราะมูลสัตว์ทำหน้าที่เป็นแหล่งธาตุอาหารสำคัญและช่วยให้จุลินทรีย์เปลี่ยนสารอินทรีย์ให้อยู่ในรูปที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้มากขึ้น (Bernal, Alburquerque, & Moral, 2009; ปฏิมา อู่สูงเนิน และ วรพจน์ ศตเดชากุล, 2565) อย่างไรก็ตามปริมาณฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมในปุ๋ยหมักที่ได้จากการศึกษานี้มีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ซึ่งอาจเป็นผลมาจากองค์ประกอบของขยะอาหารที่ใช้เป็นวัตถุดิบหลัก โดยส่วนใหญ่เป็นเศษอาหารประเภทแป้งและผักผลไม้ ซึ่งมีปริมาณฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมตามธรรมชาติค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับวัสดุประเภทโปรตีนสูง เช่น กระดูก ก้างปลา และเปลือกไข่ นอกจากนี้ ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมเป็นธาตุอาหารที่ปริมาณขึ้นอยู่กับวัตถุดิบตั้งต้นและไม่สามารถเพิ่มขึ้นได้อย่างมีนัยสำคัญจากกระบวนการหมักเพียงอย่างเดียว ดังนั้น การเพิ่มวัสดุที่เป็นแหล่งฟอสฟอรัสสูง เช่น มูลไก่ กระดูกป่น เปลือกไข่ หรือเศษปลา และเศษอาหารประเภทพืชผัก เช่น เปลือกกล้วย ผักใบเขียว มันฝรั่ง ฟักทอง มะเขือเทศ อาจเป็นแนวทางที่เหมาะสมในการปรับปรุงคุณภาพปุ๋ยหมักและเพิ่มปริมาณฟอสฟอรัสให้เป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนด ในด้านความเสถียรของปุ๋ย การลดลงของอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) จากเริ่มต้นที่ 36.75 ลงมาเหลือต่ำกว่า 20 ในทุกชุดการทดลองที่เติมวัสดุเสริม บ่งชี้ว่าปุ๋ยหมักเข้าสู่สภาวะเสถียรและสุกพร้อมใช้งานทางการเกษตร (ประกาศกรมวิชาการเกษตร, 2557)

การที่ค่า C/N ratio ลดลงอย่างมีนัยสำคัญเกิดจากการที่จุลินทรีย์ใช้คาร์บอนเป็นแหล่งพลังงานและเปลี่ยนรูปเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (Ye et al., 2023) นอกจากนี้ การเติมใบไม้แห้งยังมีส่วนสำคัญในการเพิ่มความพรุนและการถ่ายเทอากาศภายในกองปุ๋ย ทำให้กระบวนการย่อยสลายแบบใช้ออกซิเจนดำเนินไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Sharma & Yadav, 2017) อย่างไรก็ตาม ปริมาณฟอสฟอรัสในทุกชุดทดลองยังคงต่ำกว่ามาตรฐานร้อยละ 0.5 ซึ่งเป็นประเด็นที่ควรพัฒนาในอนาคต นอกจากประโยชน์ด้านการจัดการขยะแล้ว ผลการศึกษายังแสดงให้เห็นถึงศักยภาพของมหาวิทยาลัยในการพัฒนาระบบจัดการขยะอาหารแบบครบวงจร โดยการนำขยะอาหารจากโรงอาหารและครัวกลางกลับมาแปรรูปเป็นปุ๋ยหมักเพื่อใช้ประโยชน์ภายในพื้นที่มหาวิทยาลัย แนวทางดังกล่าวช่วยลดปริมาณขยะที่เข้าสู่ระบบกำจัด ลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการฝังกลบ และส่งเสริมการใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่าตามหลักเศรษฐกิจหมุนเวียน อีกทั้งยังสามารถใช้เป็นต้นแบบการเรียนรู้ด้านการจัดการของเสียอย่างยั่งยืนให้แก่นักศึกษา บุคลากร และชุมชนโดยรอบ อันสอดคล้องกับเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน (SDGs) และนโยบายมหาวิทยาลัยสีเขียว (Green University)

บทสรุป

ผลการศึกษาการพัฒนาปุ๋ยอินทรีย์จากขยะอาหารของครัวสวนดุสิต สามารถสรุปประเด็นสำคัญได้ดังนี้

1) ขยะอาหารในมหาวิทยาลัยส่วนใหญ่เป็นประเภทแป้ง (ร้อยละ 64.47) และเศษผักผลไม้ (ร้อยละ 25.55) ซึ่งมีศักยภาพในการนำมาทำปุ๋ย

2) การทดลองหมักเป็นเวลา 60 วัน พบว่า การเติมวัสดุเสริมอย่างมูลไก่ มูลวัว และใบไม้แห้ง ในอัตราส่วน 2:1 ช่วยปรับปรุงคุณภาพปุ๋ยให้ดีกว่าการหมักขยะอาหารเพียงอย่างเดียว

3) การทดลองที่เติมวัสดุเสริมมีค่า ไนโตรเจน ความชื้น และความเป็นกรด-ด่าง (pH) ผ่านเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยหมักของกรมพัฒนาที่ดิน นอกจากนี้ การเติมวัสดุเสริมยังส่งผลให้ ค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N Ratio) ลดลงต่ำกว่า 20 ซึ่งบ่งชี้ว่าปุ๋ยมีความเสถียรและสุกพร้อมใช้งานทางการเกษตร

4) อย่างไรก็ตาม ปริมาณฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในทุกชุดการทดลองยังคงต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานร้อยละ 0.5

สรุปได้ว่าการนำขยะอาหารมาผลิตปุ๋ยหมักด้วยวิธีนี้เป็นแนวทางที่มีประสิทธิภาพในการจัดการขยะ ณ แหล่งกำเนิด และเปลี่ยนของเสียให้เป็นทรัพยากรที่มีคุณค่าตามหลักเศรษฐกิจหมุนเวียน

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงด้วยความร่วมมือและการสนับสนุนจากหลายภาคส่วน คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต โดยเฉพาะครัวสวนดุสิต ที่ให้ความร่วมมือในการเก็บตัวอย่างขยะอาหาร รวมถึงขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ศูนย์สิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสวนดุสิต สำหรับการช่วยเหลือในขั้นตอนการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของตัวอย่างขยะอาหาร ขอขอบคุณคณาจารย์ทุกท่านจากหลักสูตรอาชีวอนามัยและความปลอดภัย คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่คอยให้คำแนะนำ และข้อเสนอแนะที่มีคุณค่ากับนักวิจัย พร้อมทั้งให้คำปรึกษาอันส่งผลให้โครงการวิจัยนี้สำเร็จตามเป้าหมายที่วางไว้

เอกสารอ้างอิง

กรมควบคุมมลพิษ. (2566). รายงานประจำปี 2566 กองจัดการกากของเสียและสารอันตราย. กรุงเทพฯ: กองจัดการกากของเสียและสารอันตราย กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

ปฏิมา อู่สูงเนิน, วรพจน์ ศตเดชากุล. (2565). สมบัติทางเคมีและปริมาณธาตุอาหารพืชในของเสียจากฟาร์มเลี้ยงสัตว์ เพื่อใช้ในระบบผลิตพืชอินทรีย์. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตรและการจัดการ. 5(1): 34-43.

ประกาศกรมวิชาการเกษตร เรื่อง กำหนดเกณฑ์ปุ๋ยอินทรีย์ พ.ศ. 2557. (12 กุมภาพันธ์ 2557). ราชกิจจานุเบกษา. เล่มที่ 131 ตอนพิเศษ 29 ง, หน้า 4.

Bernal M.P., Alburquerque J.A., Moral R. (2009). Composting of animal manures and chemical criteria for compost maturity assessment. A review. Bioresource Technology. 100(22): 5444-5453.

Gustavsson, J., Cederberg, C., Sonesson, U., van Otterdijk, R., & Meybeck, A. (2011). Global Food Losses and Food Waste: Extent, Causes and Prevention. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Sharma D., Yadav K.D. (2017). Bioconversion of flowers waste: Composting using dry leaves as bulking agent. Environmental Engineering Research. 22(3): 237-244.

Ye P., Fang L., Song D., Zhang M., Li R., Awasthi M.K., Zhang Z., Xiao R., & Chen X. (2023). Insights into carbon loss reduction during aerobic composting of organic solid waste: A meta-analysis and comprehensive literature review. Science of The Total Environment. 862: 160787.

การพัฒนาการผลิตเชื้อเพลิงพลังงานจากขยะชุมชนด้วยกระบวนการบำบัดเชิงกลชีวภาพ
Development of refuse derived fuel production from municipal solid waste using mechanical biological treatment

กิตติศักดิ์ วสันติวงศ์[1*] ดุสิต อังธารารักษ์[2] ศิวิทย์ บัวสุวรรณ[2] และศรีสกุล แก้วกระจ่าง[2]
Kittisak Wasantiwong[1*], Dusit Angthararuk[2], Siwawit Buasuwon[2] and Srisakul Kaewkrajang[2]

[1]โรงเรียนการเรือน มหาวิทยาลัยสวนดุสิต กรุงเทพมหานคร*
[2]คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต กรุงเทพมหานคร
[*]Corresponding Author E-mail Address : kittisak_was@dusit.ac.th

บทคัดย่อ

การผลิตเชื้อเพลิงจากขยะ (Refuse-Derived Fuel: RDF) ด้วยกระบวนการบำบัดเชิงกลชีวภาพ (Mechanical Biological Treatment: MBT) เป็นแนวทางที่มีศักยภาพในการลดปริมาณขยะมูลฝอยชุมชนและเพิ่มมูลค่าของของเสียให้สามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ด้านพลังงานทดแทนได้ การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของกระบวนการ MBT และประเมินคุณภาพของ RDF ที่ผลิตได้จากขยะมูลฝอยชุมชนในเขตเทศบาลตำบลศรีสำโรง จังหวัดสุโขทัย โดยใช้ขยะมูลฝอยชุมชนประมาณ 6 ตันต่อวัน เป็นวัตถุดิบในการทดลอง กระบวนการศึกษาประกอบด้วยการตั้งกองหมักแบบใช้อากาศภายใต้การควบคุมอุณหภูมิระหว่าง 60–70 องศาเซลเซียส และความชื้นร้อยละ 30–40 จากนั้นนำวัสดุที่ผ่านการย่อยสลายมาร่อนแยกเพื่อผลิต RDF และวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและเคมี

ผลการศึกษาพบว่า การควบคุมสภาวะการหมักที่เหมาะสมสามารถลดระยะเวลาในการย่อยสลายอินทรียวัตถุเหลือเพียง 4–5 เดือน จากเดิมที่ต้องใช้เวลาประมาณ 6–9 เดือน ภายหลังการร่อนแยกสามารถผลิต RDF ได้คิดเป็นร้อยละ 30 ของน้ำหนักขยะตั้งต้น โดย RDF ที่ได้มีค่าความร้อนเท่ากับ 5,355 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม มีความชื้นร้อยละ 26.99 และปริมาณเถ้าร้อยละ 9.23 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับการใช้เป็นเชื้อเพลิงจากขยะมูลฝอยชุมชน นอกจากนี้ ผลการวิเคราะห์โลหะหนักพบว่าปริมาณปรอท แคดเมียม และโลหะหนักรวมอื่น ๆ มีค่าต่ำกว่า 0.05 มิลลิกรัมต่อเมกะจูล ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์คุณลักษณะเบื้องต้นที่เหมาะสมสำหรับเชื้อเพลิงขยะจากมูลฝอยชุมชนตามประกาศกรมควบคุมมลพิษ

จากการศึกษาชี้ให้เห็นว่ากระบวนการบำบัดเชิงกลชีวภาพเป็นเทคโนโลยีที่เหมาะสมสำหรับองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นขนาดเล็กที่มีปริมาณขยะประมาณ 5–10 ตันต่อวัน เนื่องจากสามารถลดปริมาณขยะที่ต้องนำไปฝังกลบ ผลิตเชื้อเพลิงทดแทนที่มีคุณภาพ และสนับสนุนแนวทางการจัดการขยะตามหลักเศรษฐกิจหมุนเวียนและการพัฒนาที่ยั่งยืน

คำสำคัญ: ขยะมูลฝอยชุมชน การบำบัดมูลฝอยแบบเชิงกลชีวภาพ เชื้อเพลิงพลังงาน พลังงานทดแทน เศรษฐกิจหมุนเวียน

Abstract

The production of Refuse-Derived Fuel (RDF) through Mechanical Biological Treatment (MBT) is a promising approach for reducing municipal solid waste and increasing the value of waste materials through energy recovery. This study aimed to investigate the factors affecting the efficiency of the MBT process and to evaluate the quality of RDF produced from municipal solid waste in Si Samrong Municipality, Sukhothai Province, Thailand. Approximately 6 tons of municipal solid waste per day were used as feedstock. The experimental process involved aerobic composting under controlled conditions with temperatures ranging from 60–70°C and moisture content maintained at 30–40%. After the biodegradation process, the treated waste was screened to separate RDF, and its physical and chemical properties were analyzed.

The results revealed that appropriate control of composting conditions reduced the biodegradation period from 6–9 months to approximately 4–5 months. Following the screening process, RDF yield accounted for 30% of the initial waste weight. The produced RDF exhibited a gross calorific value of 5,355 kcal/kg, a moisture content of 26.99%, and an ash content of 9.23%, indicating its suitability as a fuel derived from municipal solid waste. In addition, the concentrations of mercury (Hg), cadmium (Cd), and total heavy metals were all below 0.05 mg/MJ, complying with the preliminary quality criteria for refuse-derived fuel established by the Pollution Control Department of Thailand.

The findings demonstrate that the MBT process is an appropriate technology for small local administrative organizations generating approximately 5–10 tons of municipal solid waste per day. The technology can significantly reduce the amount of waste disposed of in landfills, produce high-quality alternative fuel, and support sustainable waste management practices in accordance with the principles of the circular economy and sustainable development.

Keywords: Municipal Solid Waste, Mechanical biological treatment (MBT), Refuse derived fuel (RDF), Waste to energy, Circular Economy

บทนำ

ปัญหาการจัดการขยะมูลฝอยชุมชนเป็นหนึ่งในประเด็นสำคัญด้านสิ่งแวดล้อมที่หลายประเทศทั่วโลกกำลังเผชิญ โดยเฉพาะปริมาณขยะที่เพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องและข้อจำกัดด้านพื้นที่กำจัดขยะ ในประเทศไทย ปี พ.ศ. 2567 มีปริมาณขยะมูลฝอยชุมชนเกิดขึ้นประมาณ 27.20 ล้านตัน หรือเฉลี่ย 74,529 ตันต่อวัน เพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ. 2566 ร้อยละ 0.9 (กรมควบคุมมลพิษ, 2568) โดยขยะที่เกิดขึ้นได้รับการจัดการ ณ แหล่งกำเนิดและนำกลับมาใช้ประโยชน์ประมาณร้อยละ 28 ขณะที่ขยะส่วนใหญ่ร้อยละ 72 ถูกเก็บรวบรวมเข้าสู่ระบบกำจัดขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น อย่างไรก็ตาม จากปริมาณขยะทั้งหมดพบว่ามีเพียงร้อยละ 38 ที่ได้รับการกำจัดอย่างถูกต้องตามหลักวิชาการ ขณะที่อีกร้อยละ 17 ยังคงถูกกำจัดอย่างไม่ถูกต้อง สถานการณ์ดังกล่าวก่อให้เกิดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมหลายประการ ได้แก่ การปนเปื้อนของน้ำชะขยะ การปล่อยก๊าซเรือน

กระจกจากหลุมฝังกลบ กลิ่นรบกวน การแพร่กระจายของพาหะนำโรค และการสูญเสียพื้นที่สำหรับการกำจัดขยะในระยะยาว (กรมควบคุมมลพิษ, 2568)

ด้วยเหตุนี้ การนำขยะกลับมาใช้ประโยชน์ในรูปแบบเชื้อเพลิงขยะ (Refuse-Derived Fuel: RDF) จึงเป็นแนวทางสำคัญในการลดปริมาณขยะที่ต้องนำไปกำจัดด้วยการฝังกลบ เพิ่มมูลค่าของวัสดุเหลือทิ้ง และสนับสนุนการใช้พลังงานทดแทนในภาคอุตสาหกรรม โดย RDF จัดเป็นเชื้อเพลิงสะอาด (Green Coal) ที่สามารถใช้ทดแทนถ่านหินหรือเชื้อเพลิงฟอสซิลได้ ซึ่งมีรายงานว่าสามารถลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ประมาณร้อยละ 70–85 (Mihajlović, Dajic, and Svetozarevic, 2022)

การพัฒนาเทคโนโลยีด้านการจัดการขยะโดยการประยุกต์ใช้วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรม มีบทบาทสำคัญต่อการเพิ่มประสิทธิภาพในการนำขยะกลับมาใช้ประโยชน์ รวมถึงการลดผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะในระดับองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นที่ประสบปัญหาการจัดการขยะสะสม แนวทางดังกล่าวช่วยลดปริมาณขยะที่ต้องกำจัดด้วยการฝังกลบ และเพิ่มมูลค่าของเสียให้สามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ในรูปแบบพลังงานทดแทนได้อย่างยั่งยืน

แนวทางในการนำกระบวนการต่างๆ ทั้งกระบวนการเชิงกายภาพ (Physical Treatment) เชิงกล (Mechanical Treatment) และเชิงชีวภาพ (Biological Treatment) มาประยุกต์ใช้ เพื่อหาแนวทางที่เหมาะสมในการแก้ปัญหาเพื่อให้เกิดความยั่งยืนได้ในระยะยาว

ขยะมูลฝอย (Solid waste)

ขยะมูลฝอยชุมชนสามารถจำแนกออกเป็น 4 ประเภท ได้แก่ ขยะย่อยสลาย (Compostable waste) ขยะรีไซเคิล (Recyclable waste) ขยะอันตราย (Hazardous waste) ขยะทั่วไป (General waste) (กรมควบคุมมลพิษ, 2553)

ขยะย่อยสลาย (Compostable waste) หรือมูลฝอยย่อยสลาย คือ ขยะมูลฝอยที่เน่าเสียและย่อยสลายได้เร็ว สามารถนำมาเป็นปุ๋ยหมักได้ เช่น เศษผัก เปลือกผลไม้ เศษอาหาร แต่จะไม่รวมถึงซากหรือเศษของพืช ผัก ผลไม้หรือสัตว์ที่เกิดจากการทดลองในห้องปฏิบัติการ มีปริมาณ ร้อยละ 64 ของปริมาณขยะทั้งหมด

ขยะรีไซเคิล (Recyclable waste) หรือมูลฝอยที่ยังใช้ได้ คือ ของเสียบรรจุภัณฑ์ หรือวัสดุเหลือใช้ ซึ่งสามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ได้ เช่น กระดาษแก้ว เศษพลาสติก เศษโลหะ กระป๋องเครื่องดื่ม ยางรถยนต์ที่ใช้แล้ว เป็นต้น มีปริมาณร้อยละ 30 ของปริมาณขยะทั้งหมด

ขยะอันตราย (Hazardous waste) หรือมูลฝอยอันตราย คือ ขยะมูลฝอยที่มีองค์ประกอบหรือปนเปื้อนวัตถุอันตรายชนิดต่างๆ ได้แก่ วัตถุระเบิด วัตถุไวไฟ วัตถุออกซิไดซ์ วัตถุมีพิษ วัตถุที่ทำให้เกิดโรค วัตถุกัมมันตรังสี วัตถุกัดกร่อน วัตถุอย่างอื่นไม่ว่าจะเป็นเคมีภัณฑ์ หรือสิ่งอื่นใดที่อาจทำให้เกิดอันตรายแก่บุคคล พืช สัตว์ สิ่งแวดล้อม หรือทรัพย์สิน มีปริมาณร้อยละ 3 ของปริมาณขยะทั้งหมด

ขยะทั่วไป (General waste) หรือขยะมูลฝอยทั่วไป คือ ขยะมูลฝอยประเภทอื่น นอกจากขยะย่อยสลาย ขยะรีไซเคิล และขยะอันตราย มีลักษณะที่ย่อยสลายยากและไม่คุ้มค่าสำหรับการนำกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ เช่น ห่อพลาสติกใส่ขนม พลาสติกห่อลูกอม ถุงพลาสติกบรรจุผงซักฟอก ถุงพลาสติกเปื้อนเศษอาหาร ซองบะหมี่เป็นต้น มีปริมาณร้อยละ 3 ของปริมาณขยะทั้งหมด

หากเกิดการคัดแยกขยะอย่างเหมาะสมจึงเป็นขั้นตอนสำคัญในการเพิ่มประสิทธิภาพการนำขยะกลับมาใช้ประโยชน์และลดปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากการกำจัดขยะที่ไม่ถูกต้อง

การผลิต RDF จากขยะมูลฝอยชุมชน

ขยะชุมชน ประกอบด้วยขยะทั้งหมดที่เกิดในชุมชนรวมกับขยะบางส่วนจากภาคเกษตรกรรมและภาคอุตสาหกรรม เช่น ขยะจากส่วนสำนักงาน และโรงอาหารของโรงงาน รายละเอียดของชนิดแหล่งกำเนิด กิจกรรมและ/หรือจุดกำเนิด

การผลิตเชื้อเพลิงพลังงาน (RDF) เป็นการนำจากขยะชุมชนที่มีคุณสมบัติในการให้ค่าความร้อน (Heating value) หรือขยะที่เผาไหม้ได้ (Combustion waste) มาผ่านการะบวนการบำบัดเชิงกลชีวภาพ การผลิตเชื้อเพลิงพลังงานในงานวิจัยมีวัตถุดิบจาก ขยะพลาสติก (ขยะทั่วไป) (รูปที่ 1) โดยพลาสติกที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเชื้อเพลิง คือ ขยะพลาสติกประเภทพอลิเอทิลีน (Polyethylene: PE) พอลิโพรพิลีน (Polypropylene: PP) และพอลิสไตรีน (Polystyrene: PS) ซึ่งเป็นวัสดุที่มีค่าความร้อนสูงและพบได้ทั่วไปในขยะชุมชน

พอลีเอทิลีน (Polyethylene) แบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ ประเภทที่มีความหนาแน่นสูง (HDPE) ความหนาแน่นปานกลาง (MDPE) และความหนาแน่นต่ำ (LDPE) ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ ได้แก่ ถุงร้อน ถุงเย็น ถุงหิ้ว ขวดขุ่น โต๊ะ และเก้าอี้ เป็นต้น

พอลีโพรพิลีน Polypropylene) แบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ ไอโซแทกทิกโพลิโพรพิลีน (Isotactic polypropylene) ซินดิโอแทกทิกพอลิโพรพิลีน (Syndiotactic polypropylene) และแอแทกทิกพอลิโพรพิลีน (Atactic polypropylene) ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ ได้แก่ กระสอบพลาสติก แฟ้มใส่เอกสาร และกล่องบรรจุอาหาร

พอลิสไตรีน (Polystyrene) ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่พบได้โดยทั่วไป ได้แก่ ถ้วย ชาม จาน ขวดยา และแผ่นโฟม กันกระแทก เป็นต้น



รูปที่ 1 ขยะพลาสติก
ที่มา: ผู้วิจัย, 2565

กระบวนการบำบัดเชิงกลชีวภาพ (Mechanical Biological Waste Treatment : MBT)

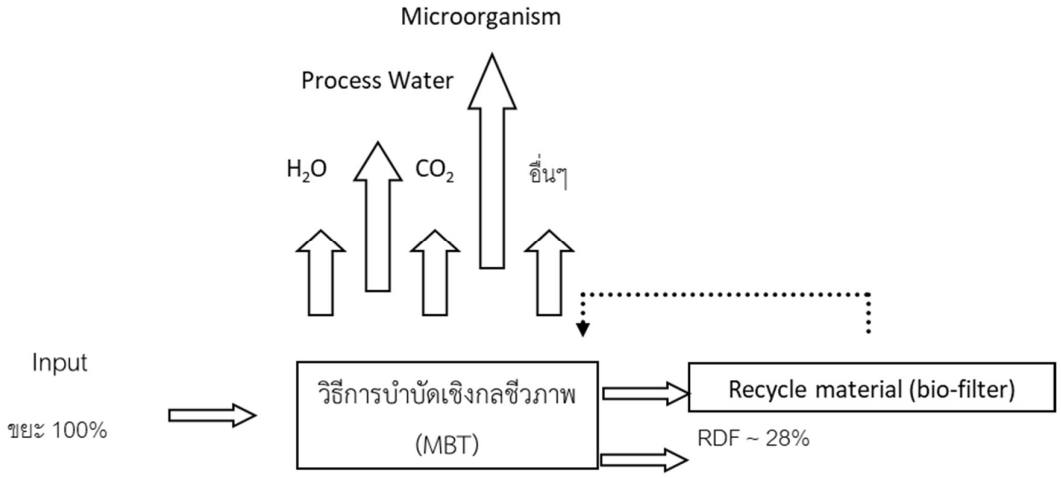
กระบวนการบำบัดเชิงกลชีวภาพ เป็นเทคโนโลยีที่ได้รับความสนใจในการจัดการขยะมูลฝอยชุมชน เนื่องจากสามารถลดปริมาณขยะอินทรีย์และคัดแยกวัสดุที่สามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Fan et al., 2018) กระบวนการดังกล่าวประกอบด้วย 2 ขั้นตอนหลัก ได้แก่ กระบวนการเชิงกล (Mechanical Treatment) และกระบวนการเชิงชีวภาพ (Biological Treatment)

กระบวนการเชิงกลเป็นขั้นตอนการเตรียมขยะก่อนเข้าสู่กระบวนการชีวภาพ โดยเริ่มจากการลดขนาดมูลฝอย การคัดแยก และการผสมวัสดุ เพื่อให้มีความเหมาะสมต่อการย่อยสลายและการนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป หลังจากผ่านกระบวนการ

ชีวภาพแล้ว ขยะที่ผ่านการบำบัดจะถูกนำมาร่อนแยกขนาดอีกครั้ง เพื่อคัดแยกส่วนที่มีขนาดใหญ่และมีคุณสมบัติในการเผาไหม้ได้ดีออกมาใช้เป็นเชื้อเพลิงพลังงานจากขยะ หรือเชื้อเพลิง RDF

สำหรับกระบวนการเชิงชีวภาพ เป็นขั้นตอนการย่อยสลายสารอินทรีย์ในขยะโดยอาศัยกิจกรรมของจุลินทรีย์ ซึ่งดำเนินการโดยนำขยะที่ผ่านการบำบัดเชิงกลมาตั้งกองหมัก และใช้วัสดุคลุมกองที่ได้จากกระบวนการหมัก (Bio-filter) เพื่อช่วยควบคุมกลิ่นและสภาพแวดล้อมของกองหมัก (ศรีสกุล, 2551) กระบวนการย่อยสลายอินทรียวัตถุใช้ระยะเวลาประมาณ 6–9 เดือน กระบวนการดังรูปที่ 2 ขึ้นอยู่กับสภาวะในการดำเนินกระบวนการ โดยสามารถแบ่งออกเป็น 2 รูปแบบ ได้แก่ ระบบใช้อากาศ และระบบไร้อากาศ

ระบบใช้อากาศเป็นกระบวนการที่จุลินทรีย์ใช้ออกซิเจนในการย่อยสลายอินทรียวัตถุ ส่งผลให้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ และพลังงานความร้อน กระบวนการดังกล่าวสามารถลดมลภาวะและสารอินทรีย์ที่ก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Bilitewski and Stegmann, 1997) และได้รับการนำไปประยุกต์ใช้งานจริงในระดับปฏิบัติการ (Collins and Maak, 1997) ส่วนระบบไร้อากาศเป็นกระบวนการย่อยสลายที่ไม่ใช้ออกซิเจนและก่อให้เกิดก๊าซมีเทนเป็นผลผลิต



รูปที่ 2 กระบวนการในภาพรวมของ MBT

แม้ว่ากระบวนการบำบัดเชิงกลชีวภาพ (MBT) จะได้รับการศึกษาและนำไปประยุกต์ใช้ในหลายประเทศเพื่อผลิตเชื้อเพลิง RDF จากขยะมูลฝอยชุมชน แต่การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีดังกล่าวในระดับองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นขนาดเล็กของประเทศไทยยังมีข้อมูลค่อนข้างจำกัด โดยเฉพาะข้อมูลด้านระยะเวลาในการย่อยสลาย สภาวะที่เหมาะสมในการหมัก และคุณภาพเชื้อเพลิง RDF ที่ผลิตได้ภายใต้สภาพการดำเนินงานจริงของชุมชน ดังนั้น การศึกษาครั้งนี้จึงมุ่งประเมินศักยภาพของกระบวนการ MBT สำหรับการผลิต RDF จากขยะมูลฝอยชุมชนในเขตเทศบาลตำบลศรีสำโรง จังหวัดสุโขทัย เพื่อเป็นข้อมูลสนับสนุนการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีดังกล่าวในระดับท้องถิ่นต่อไป

ปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการบำบัดมูลฝอยแบบเชิงกลชีวภาพ

ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อประสิทธิภาพของกระบวนการบำบัดมูลฝอยแบบเชิงกลชีวภาพประกอบด้วย ปริมาณอากาศ อุณหภูมิ และความชื้น

ปริมาณอากาศในกระบวนการจะส่งผลต่อระยะเวลาที่ใช้ในกระบวนการ หากปล่อยให้กระบวนการตั้งกองหมักดำเนินไปตามธรรมชาติจะใช้เวลาในการย่อยสลายอินทรียวัตถุในขยะมูลฝอยประมาณ 6-9 เดือน (ศรีสกุล, 2551) แต่หากมีการเติมอากาศเพิ่มปริมาณอากาศเข้าไปในกระบวนการจะสามารถลดระยะเวลาในการย่อยสลายอินทรียวัตถุลง เนื่องจากปริมาณการเติมอากาศอย่างเหมาะสมจะช่วยเร่งการทำงานของจุลินทรีย์และลดระยะเวลาในการย่อยสลายได้

นอกจากนี้ อุณหภูมิของกองหมักเป็นอีกปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อกิจกรรมของจุลินทรีย์ การควบคุมอุณหภูมิไม่ให้สูงหรือต่ำจนเกินไปจะช่วยให้กระบวนการย่อยสลายมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

ขณะที่ความชื้นของกองหมักก็มีบทบาทสำคัญเช่นเดียวกัน เนื่องจากหากกองหมักมีความชื้นต่ำเกินไป จุลินทรีย์จะไม่สามารถทำงานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ ดังนั้น การรักษาความชื้นให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมจึงช่วยส่งเสริมประสิทธิภาพของกระบวนการหมักและการย่อยสลายอินทรียวัตถุในขยะมูลฝอยได้ดียิ่งขึ้น

วัสดุและการศึกษา

การศึกษาครั้งนี้ดำเนินการในพื้นที่เทศบาลตำบลศรีสำโรง อำเภอศรีสำโรง จังหวัดสุโขทัย โดยใช้ขยะมูลฝอยชุมชนที่เก็บรวบรวมจากพื้นที่บริการของเทศบาลในปริมาณประมาณ 6 ตันต่อวัน เป็นวัตถุดิบในการผลิตเชื้อเพลิง RDF ด้วยกระบวนการบำบัดเชิงกลชีวภาพ (MBT)

ขยะมูลฝอยถูกนำมาตั้งกองหมักแบบใช้อากาศ (Aerobic Composting) โดยจัดกองหมักให้มีความสูงประมาณ 1.5 เมตร และความยาวประมาณ 6–7 เมตร พร้อมใช้พาเลทไม้เป็นฐานรองเพื่อเพิ่มการระบายอากาศภายในกองหมัก และดำเนินการควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ในช่วง 60–70 องศาเซลเซียส และความชื้นอยู่ในช่วงร้อยละ 30–40 ตลอดระยะเวลาการหมัก

ภายหลังการย่อยสลายอินทรียวัตถุ ขยะที่ผ่านกระบวนการ MBT ถูกนำมาร่อนแยกด้วยตะแกรงคัดขนาดเพื่อคัดเลือกวัสดุที่มีศักยภาพในการใช้เป็นเชื้อเพลิง RDF จากนั้นจึงนำตัวอย่างเชื้อเพลิงที่ได้ไปวิเคราะห์คุณสมบัติด้านค่าความร้อน ความชื้น ปริมาณเถ้า และความเข้มข้นของโลหะหนักตามวิธีมาตรฐาน ASTM เพื่อประเมินความเหมาะสมในการนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนในภาคอุตสาหกรรม

ผลการศึกษาและการอภิปรายผล

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินประสิทธิภาพของกระบวนการบำบัดเชิงกลชีวภาพ สำหรับการผลิต RDF จากขยะมูลฝอยชุมชน รวมทั้งศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการย่อยสลายสารอินทรีย์และคุณภาพของเชื้อเพลิงที่ผลิตได้ โดยได้ควบคุมสภาวะการหมักให้เหมาะสมต่อการทำงานของจุลินทรีย์ ได้แก่ การจัดวางกองหมักให้มีช่องว่างสำหรับการถ่ายเทอากาศ การควบคุมอุณหภูมิ และการรักษาความชื้นภายในกองหมัก (รูปที่ 3)



(ก) วางพาเลทไม้เป็นฐานรอง



(ข) นำขยะมาตั้งกองหมัก



(ค) คลุมกองหมัก



(ง) ระบุวันที่ทำการทดลอง



(จ) RDF ที่ได้



(ฉ) ตะแกรงร่อนแยกวัสดุ

รูปที่ 3 การผลิต RDF โดยใช้กระบวนการบำบัดเชิงกลชีวภาพ
ที่มา: ผู้วิจัย, 2565

การใช้พาเลทไม้เป็นฐานรองกองหมักร่วมกับการกรีดหรือเจาะถุงพลาสติกที่ปะปนอยู่ในขยะ สามารถเพิ่มการถ่ายเทอากาศภายในกองหมัก ส่งผลให้กระบวนการย่อยสลายอินทรียวัตถุเกิดขึ้นได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น ภายใต้สภาวะที่ควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ในช่วง 60–70 องศาเซลเซียส และความชื้นอยู่ในช่วงร้อยละ 30–40 กองหมักมีความสูงประมาณ 1.5 เมตร โดยใช้ระยะเวลาในการย่อยสลายประมาณ 4–5 เดือน ปริมาณ RDF ที่ผลิตได้ภายหลังการร่อนแยก ประมาณร้อยละ 30 ของน้ำหนักขยะเริ่มต้น

ระยะเวลาดังกล่าวสอดคล้องกับการศึกษาของ Bernat et al. (2021) ซึ่งรายงานว่าการย่อยสลายอินทรียวัตถุด้วยระบบใช้อากาศภายใต้สภาวะที่เหมาะสมสามารถลดระยะเวลาในการทำให้วัสดุมีเสถียรภาพเหลือประมาณ 3–4 เดือน ทั้งนี้ ความแตกต่างของระยะเวลาอาจเกิดจากองค์ประกอบของขยะ อัตราการเติมอากาศ และสภาวะแวดล้อมที่แตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ศึกษา

ภายหลังการย่อยสลายอินทรียวัตถุ ขยะที่ผ่านกระบวนการ MBT ถูกนำมาคัดแยกด้วยตะแกรงร่อน โดยพบว่าวัสดุที่มีขนาดมากกว่า 40 มิลลิเมตร ส่วนใหญ่เป็นวัสดุที่มีศักยภาพในการใช้เป็นเชื้อเพลิง RDF เช่น พลาสติก กระดาษ และวัสดุเผาไหม้ได้อื่น ๆ ขณะที่วัสดุที่มีขนาดเล็กกว่า 40 มิลลิเมตรประกอบด้วยวัสดุคลุมกองหมัก (Bio-filter) และสารอินทรีย์ที่ผ่านการย่อยสลายแล้ว การคัดแยกดังกล่าวช่วยเพิ่มคุณภาพเชื้อเพลิงและลดปริมาณวัสดุเฉื่อยที่ปะปนอยู่ในเชื้อเพลิง RDF ผลการวิเคราะห์คุณภาพเชื้อเพลิง RDF (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 ตัวอย่างการนำเสนอตาราง

ลำดับที่	รายการ	ข้อกำหนด	วิธีทดสอบ	ค่า/ปริมาณ	หน่วย
1	ค่าความร้อน	3,000-5,000 กิโลแคลอรี่ต่อกิโลกรัม[1]	ASTM E711-87 (R04)	5,355	กิโลแคลอรี่ต่อกิโลกรัม
2	ค่าความชื้น	ไม่เกินร้อยละ 40 โดยน้ำหนัก[2]	ASTM E790-15	26.99	ร้อยละ
3	ปริมาณเถ้า	ไม่เกินร้อยละ 50 โดยน้ำหนักแห้ง[2]	ASTM E830-87 (2004)	9.23	ร้อยละ
4	ความเข้มข้น/ปริมาณของปรอท(Hg)	ไม่เกิน 0.06 มิลลิกรัม/เมกะจูล[2]	Digestion, ICP Method	น้อยกว่า 0.05	มิลลิกรัม/เมกะจูล
5	ความเข้มข้น/ปริมาณของแคดเมียม (Cd)	ไม่เกิน 7.5 มิลลิกรัม/เมกะจูล[2]	Digestion, ICP Method	น้อยกว่า 0.05	มิลลิกรัม/เมกะจูล
6	ความเข้มข้น/ปริมาณของโลหะหนัก (Heavy Metals) อื่นๆ รวม (พลวง (Sb) สารหนู (As) ตะกั่ว (Pb) โครเมียม (Cr) โคบอลต์ (Co) ทองแดง (Cu) แมงกานีส (Mn) นิเกิล (Ni) และ วาเนเดียม (V))	ไม่เกิน 190 มิลลิกรัม/เมกะจูล[2]	Digestion, ICP Method	น้อยกว่า 0.05	มิลลิกรัม/เมกะจูล

หมายเหตุ : [1]ค่าความร้อนของ RDF ที่รับซื้อโดยทั่วไป

[2]ประกาศของกรมควบคุมมลพิษ เรื่อง คุณลักษณะเบื้องต้นที่เหมาะสมสำหรับเชื้อเพลิงขยะจากมูลฝอยชุมชน วันที่ 26 กันยายน พ.ศ. 2561

พบว่า มีค่าความร้อนเท่ากับ 5,355 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม สูงกว่าค่าขั้นต่ำที่กำหนดไว้สำหรับเชื้อเพลิง RDF เชิงพาณิชย์ (3,000–5,000 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม) และค่าความร้อนที่ได้จากการศึกษานี้ซึ่งสูงกว่าค่าที่รายงานโดย Fan et al. (2018) ที่พบว่าการผลิต RDF จากขยะชุมชนที่ผ่านกระบวนการ MBT มีค่าความร้อนเฉลี่ยประมาณ 4,000–5,000 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม แสดงให้เห็นว่าการคัดแยกพลาสติกเป็นวัตถุดิบหลักสามารถช่วยเพิ่มคุณภาพเชื้อเพลิงได้ จากค่าความร้อนดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าวัสดุที่ได้จากกระบวนการ MBT มีศักยภาพในการใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนในภาคอุตสาหกรรม นอกจากนี้ ยังพบว่าความชื้นมีค่าเท่ากับร้อยละ 26.99 และปริมาณเถ้าร้อยละ 9.23 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับการนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิง เนื่องจากค่าความชื้นที่ไม่สูงเกินไปช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการเผาไหม้และลดการสูญเสียพลังงานในกระบวนการเผาไหม้

ในด้านคุณภาพสิ่งแวดล้อม ผลการวิเคราะห์โลหะหนักพบว่าปริมาณปรอท (Hg) แคดเมียม (Cd) และโลหะหนักรวมอื่น ๆ มีค่าต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดตามประกาศกรมควบคุมมลพิษ เรื่อง คุณลักษณะเบื้องต้นที่เหมาะสมสำหรับเชื้อเพลิงขยะจากมูลฝอยชุมชน พ.ศ. 2561 แสดงให้เห็นว่ากระบวนการผลิต RDF จากขยะมูลฝอยชุมชนภายใต้การคัดแยกและควบคุมคุณภาพอย่างเหมาะสม สามารถผลิตเชื้อเพลิงที่มีคุณภาพและมีความปลอดภัยต่อการนำไปใช้ประโยชน์ด้านพลังงาน

บทสรุป

ผลการศึกษาพบว่า กระบวนการบำบัดเชิงกลชีวภาพ (Mechanical Biological Treatment: MBT) เป็นเทคโนโลยีที่มีศักยภาพในการจัดการขยะมูลฝอยชุมชน โดยสามารถลดปริมาณขยะที่ต้องนำไปกำจัดด้วยการฝังกลบ และเพิ่มมูลค่าของขยะผ่านการผลิตเชื้อเพลิงจากขยะ (Refuse-Derived Fuel: RDF) ที่มีคุณภาพเหมาะสมต่อการนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนในภาคอุตสาหกรรม

การศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อประสิทธิภาพของกระบวนการ MBT ได้แก่ ปริมาณอากาศ อุณหภูมิ และความชื้น ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อกิจกรรมของจุลินทรีย์และอัตราการย่อยสลายอินทรียวัตถุ การควบคุมสภาวะดังกล่าวให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมสามารถลดระยะเวลาในการย่อยสลายอินทรียวัตถุเหลือประมาณ 4–5 เดือน ส่งผลให้กระบวนการผลิต RDF มีประสิทธิภาพมากขึ้น และสามารถผลิตเชื้อเพลิงที่มีค่าความร้อนเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานสำหรับการใช้ประโยชน์เชิงพาณิชย์

นอกจากนี้ กระบวนการ MBT ยังมีความเหมาะสมสำหรับองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นขนาดเล็กที่มีปริมาณขยะมูลฝอยประมาณ 5–10 ตันต่อวัน เนื่องจากสามารถดำเนินการได้ด้วยแรงงานคนร่วมกับเครื่องจักรกลขนาดเล็ก และใช้เงินลงทุนไม่สูงเมื่อเทียบกับเทคโนโลยีการกำจัดขยะรูปแบบอื่น จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่ช่วยแก้ไขปัญหาการจัดการขยะของชุมชนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ในมิติด้านสิ่งแวดล้อม การผลิต RDF จากขยะมูลฝอยชุมชนช่วยลดปริมาณขยะที่ต้องนำไปฝังกลบ ลดการใช้พื้นที่กำจัดขยะ และยืดอายุการใช้งานของบ่อฝังกลบ อีกทั้งยังช่วยลดการพึ่งพาเชื้อเพลิงฟอสซิลและถ่านหิน ซึ่งมีแนวโน้มต้นทุนสูงขึ้นและส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในระยะยาว ดังนั้น การประยุกต์ใช้กระบวนการบำบัดเชิงกลชีวภาพเพื่อผลิต RDF จึงเป็นแนวทางที่สอดคล้องกับหลักการเศรษฐกิจหมุนเวียน (Circular Economy) และเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน โดยมุ่งเน้นการใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่า การลดของเสีย และการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานจากวัสดุเหลือทิ้งในชุมชน

กิตติกรรมประกาศ

บทความนี้เป็นส่วนหนึ่งของผลการศึกษาในโครงการ “การศึกษาระบบการกำจัดขยะในเขตเทศบาลตำบลศรีสำโรง อำเภอศรีสำโรง จังหวัดสุโขทัย” คณะผู้วิจัยขอขอบคุณเทศบาลตำบลศรีสำโรงที่ให้การสนับสนุนงบประมาณในการดำเนินโครงการวิจัยครั้งนี้ รวมทั้งขอขอบคุณ บริษัท ฟาเบอร์ เทคโนโลยีส์ จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์เครื่องจักรกลและอุปกรณ์ที่ใช้ในการดำเนินการทดลอง ตลอดจนให้การสนับสนุนการปฏิบัติงานภาคสนาม ซึ่งมีส่วนสำคัญต่อความสำเร็จของการศึกษาครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

กรมควบคุมมลพิษ. (2553). คู่มือการดำเนินงานลด คัดแยกขยะมูลฝอยภายในอาคารสำนักงาน (พิมพ์ครั้งที่ 5). บริษัท ฮีซ์ จำกัด: กรุงเทพฯ

กรมควบคุมมลพิษ. (2561). ประกาศกรมควบคุมมลพิษ เรื่อง คุณลักษณะเบื้องต้นที่เหมาะสมสำหรับเชื้อเพลิงขยะจากมูลฝอยชุมชน วันที่ 26 กันยายน พ.ศ. 2561

กรมควบคุมมลพิษ. (2568). รายงานสถานการณ์มลพิษของประเทศไทย ปี 2567. กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม: กรุงเทพฯ

กรมควบคุมมลพิษ. (2568). รูปแบบการคัดแยกและเก็บขนขยะมูลฝอยแบบแยกประเภท. กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม: กรุงเทพฯ

พิชัย ถิ่นสันติสุข. (2562). RDF จากขยะสู่เชื้อเพลิงพาณิชย์แก้ปัญหาเฉพาะหน้า วาระแห่งชาติ ขยะ ขยะ ขยะ. ค้นเมื่อวันที่ 10 พฤษภาคม 2569https://www.greennetworkthailand.com/ %E0%B9%80%E0%B8%8A%E0% B8%B7% E0%B9%89%E0%B8%AD%E0%B9%80%E0%B8%9E%E0%B8%A5%E0%B8%B4%E0%B8%87%E0%B8%82%E0%B8%A2%E0%B8%B0-rdf/

ศรีสกุล แก้วกระจ่าง. (2551). การผลิตเชื้อเพลิงพลังงานจากขยะชุมชนด้วยวิธีเชิงกลชีวภาพ. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาพลังงานทดแทน วิทยาลัยพลังงาน มหาวิทยาลัยนเรศวร

Bernat K., Wojnowska-Baryła I., Zaborowska M. and Samul I. (2021). Insight into the composition of the stabilized residual from a full-scale mechanical-biological treatment (MBT) plant in terms of the potential recycling and recovery of its contaminants. Sustainability. 13(10): 5432. https://doi.org/10.3390/su13105432

Bilitewski B. and Stegmann R. (1997). Mechanisch-biologische Verfahren zur stoffspezifischen Abfallbehandlung. Beiheft zu Müll und Abfall 33. Erich Schmidt Verlag: Berlin. 131 p.

Collins H.-J. and Maak D. (1997). MBP plant Meisenheim (in German). In Bilitewski B. and Stegmann R., Editors. Mechanical-Biological Process for a Substance-Specific Waste Disposal. Mull und Abfall 33. 123–127.

Fan F., Wen Z., Huang S. and De Clercq D. (2018). Mechanical biological treatment of municipal solid waste: Energy efficiency, environmental impact and economic feasibility analysis. Journal of Cleaner Production. 178: 731–739. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.01.060.

Mihajlović M., Dajic A. and Svetozarevic M. (2022). Waste management strategies effects on GHG emission: Case study of Serbia. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 1123(1): 012074. https://doi.org/10.1088/1755-1315/1123/1/012074.

กลุ่มที่ 4: ศึกษาศาสตร์/งานวิจัยและนวัตกรรมเพื่อพัฒนาการเรียนการสอน

ผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคนิคเกมมิฟิเคชันที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง เวลา ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนสาธิตละอออุทิศ วิทยาเขตสุพรรณบุรี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต

The Effects of Gamification Techniques on Mathematics Achievement in the Topic of Time among Grade 2 Students at La-orutis Demonstration School, Suphanburi, Suan Dusit University

สหภาพ สังขะวินิจ[1*] ชนิสรา เมธภัทรหิรัญ[1] และณัฐริกา อาภรณ์รัตน์[2]
Sahapap Sangkhawinij[1*], Chanisara Metpattarahiran[1] and Nattarika Apornrat[2]

[1]สาขาวิชาการประถมศึกษา คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต วิทยาเขตสุพรรณบุรี*
[1]1Elementary Education Program, Faculty of Education, Suan Dusit University, Suphanburi Campus*
[2]โรงเรียนสาธิตละอออุทิศ วิทยาเขตสุพรรณบุรี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต
[2]La-orutis Demonstration School, Suphanburi, Suan Dusit University
[*]Corresponding Author E-mail Address : sangkhawinitt@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง เวลา ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคนิคเกมมิฟิเคชัน การวิจัยเป็นการวิจัยกึ่งทดลองแบบกลุ่มเดียววัดก่อน–หลังเรียน กลุ่มเป้าหมายเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 39 คน ได้มาจากการคัดเลือกแบบเจาะจง เครื่องมือที่ใช้ ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคนิคเกมมิฟิเคชัน และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน วิเคราะห์ข้อมูลด้วยค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และการทดสอบค่าทีแบบกลุ่มตัวอย่างสัมพันธ์กัน ผลการวิจัยพบว่า คะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนเท่ากับ 6.38 คะแนน (S.D. = 1.830) และหลังเรียนเท่ากับ 8.28 คะแนน (S.D. = 1.701) โดยคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคนิคเกมมิฟิเคชันช่วยเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียน

คำสำคัญ: แรงจูงใจในการเรียนรู้, การเสริมแรงทางบวก, การเรียนรู้เชิงรุก

Abstract

The purposes of this study were to compare the mathematics learning achievement on the topic of time of Grade 2 students before and after receiving instruction using the Gamification technique. This study employed a quasi-experimental research design using a one-group pretest–posttest design. The target group consisted of 39 Grade 2 students selected through purposive sampling. The research instruments included lesson plans developed based on the Gamification technique and a mathematics achievement

test administered before and after the instruction. The data were analyzed using mean ($\bar{x}$), standard deviation (S.D.), and a paired-samples t-test. The results indicated that the mean pretest score was 6.38 (S.D. = 1.830), while the mean posttest score was 8.28 (S.D. = 1.701). The posttest scores were significantly higher than the pretest scores at the .05 level, indicating that the Gamification-based instruction effectively improved students' mathematics learning achievement.

Keywords: Motivation, Positive Reinforcement, Active Learning

บทนำ

คณิตศาสตร์มีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 เนื่องจากช่วยส่งเสริมการคิดอย่างมีเหตุผล การคิดอย่างเป็นระบบ และการแก้ปัญหา ทำให้ผู้เรียนสามารถวิเคราะห์สถานการณ์ต่าง ๆ และนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างเหมาะสม อีกทั้งยังเป็นพื้นฐานสำคัญของการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และศาสตร์สาขาอื่น ๆ ซึ่งมีบทบาทต่อการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์และการพัฒนาประเทศ ดังนั้น การจัดการศึกษาด้านคณิตศาสตร์จึงจำเป็นต้องพัฒนาอย่างต่อเนื่องให้สอดคล้องกับบริบทของสังคมและความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560)

การจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ในหลายบริบทยังคงมุ่งเน้นการท่องจำและการฝึกทำแบบฝึกหัดซ้ำ ๆ มากกว่าการสร้างความเข้าใจเชิงแนวคิด ส่งผลให้นักเรียนขาดแรงจูงใจในการเรียน และไม่สามารถเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์กับสถานการณ์ในชีวิตจริงได้อย่างชัดเจน (Boaler, 2016) นอกจากนี้ ปัจจัยทางอารมณ์ เช่น ความวิตกกังวลทางคณิตศาสตร์ ยังเป็นอุปสรรคสำคัญที่ส่งผลต่อการเรียนรู้ โดยนักเรียนที่มีความวิตกกังวลทางคณิตศาสตร์สูงมักมีประสิทธิภาพในการคิดวิเคราะห์และแก้ปัญหาลดลง ซึ่งอาจนำไปสู่ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ต่ำลง (Ashcraft and Moore, 2009)

จากที่ผู้วิจัยได้เข้าสังเกตการจัดการเรียนการสอนที่โรงเรียนตั้งแต่ผู้วิจัยศึกษาอยู่ในระดับชั้นปีที่ 3 และจากประสบการณ์การฝึกสอนในชั้นปีที่ 1 ภาคการศึกษาที่ 1 พบว่า นักเรียนระดับประถมศึกษาบางส่วนประสบปัญหาในการเรียนรู้ เรื่อง เวลา โดยเฉพาะการอ่านนาฬิกาแบบเข็ม การอ่านชั่วโมงและนาที รวมถึงการเชื่อมโยงเวลาเข้ากับกิจกรรมในชีวิตประจำวัน ทั้งนี้นักเรียนส่วนใหญ่มีความคุ้นเคยกับการบอกเวลาในรูปแบบดิจิทัลมากกว่านาฬิกาแบบเข็ม จึงเกิดความสับสนในการอ่านนาฬิกาและการตีความเวลา นอกจากนี้ นักเรียนบางส่วนยังขาดความมั่นใจในการทำงานด้วยตนเองและมีพื้นฐานทางคณิตศาสตร์แตกต่างกัน ทำให้ต้องพึ่งพาเพื่อนหรือครูในการแก้โจทย์อยู่เสมอ ปัญหาดังกล่าวอาจส่งผลให้นักเรียนมีความยากลำบากในการทำความเข้าใจเนื้อหา และอาจส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ในหัวข้อเรื่องเวลา ผู้วิจัยจึงมีความสนใจในแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมแรงจูงใจและการมีส่วนร่วมของผู้เรียน โดยใช้เทคนิคเกมมิฟิเคชัน (Gamification) เป็นการนำองค์ประกอบของเกม เช่น การให้คะแนน การสะสมแต้ม หรือรางวัล มาใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อกระตุ้นความสนใจและการมีส่วนร่วมของผู้เรียน (Dichev and Dicheva, 2017) ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดการเสริมแรงทางบวกตามทฤษฎีพฤติกรรมนิยม

ด้วยเหตุผลข้างต้น ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคนิคเกมมิฟิเคชันที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง เวลา ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนสาธิตละอออุทิศ วิทยาเขตสุพรรณบุรี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ให้ดียิ่งขึ้น

สมมติฐานการวิจัย

นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคนิคเกมมิฟิเคชัน มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง เวลา หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ เรื่อง เวลา ก่อนเรียนและหลังเรียนโดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคนิคเกมมิฟิเคชัน

วรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

แนวคิดพฤติกรรมนิยมของสกินเนอร์

แนวคิดพฤติกรรมนิยมของสกินเนอร์ให้ความสำคัญกับ "การเสริมแรง" (Reinforcement) ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลต่อการเกิดและการคงอยู่ของพฤติกรรมของบุคคล โดยสกินเนอร์อธิบายว่าพฤติกรรมของมนุษย์ส่วนใหญ่เกิดจากกระบวนการเรียนรู้แบบการวางเงื่อนไขการกระทำ (Operant Conditioning) กล่าวคือ พฤติกรรมจะเกิดขึ้นและมีแนวโน้มเกิดซ้ำเมื่อได้รับการเสริมแรงที่เหมาะสม หากการเสริมแรงถูกลดลงหรือยุติลง พฤติกรรมนั้นก็จะค่อย ๆ ลดลงตามลำดับ

นอกจากนี้ สกินเนอร์ยังอธิบายว่าความสัมพันธ์ระหว่างการกระทำและผลของการกระทำอาจเกิดขึ้นได้ทั้งโดยธรรมชาติและจากการกำหนดของสังคม ตัวอย่างเช่น การถูกทำร้ายย่อมนำไปสู่ความเจ็บปวดทางร่างกาย หรือการหกล้มอาจก่อให้เกิดการบาดเจ็บ ซึ่งเป็นผลที่เกิดขึ้นโดยธรรมชาติ ขณะเดียวกัน ความสัมพันธ์บางประการเกิดจากกฎเกณฑ์หรือข้อตกลงของมนุษย์ เช่น การสตาร์ตรถยนต์ทำให้เครื่องยนต์ทำงาน หรือการฝ่าฝืนกฎจราจรส่งผลให้ได้รับโทษตามกฎหมาย

สกินเนอร์ยังชี้ให้เห็นว่าการเสริมแรงมีบทบาทสำคัญต่อการทำให้การเรียนรู้เกิดความคงทน กล่าวคือ อัตราการเกิดพฤติกรรมหรือการตอบสนองของบุคคลขึ้นอยู่กับผลของการกระทำ ซึ่งอาจอยู่ในรูปของการเสริมแรงหรือการลงโทษ (ฆอซานะห์ อาแว และไหมไทย ไชยพันธุ์, 2567)

การเสริมแรงทางบวก

การเสริมแรงทางบวก หมายถึง การกระตุ้นหรือจูงใจให้บุคคลแสดงพฤติกรรมที่พึงประสงค์บ่อยครั้งขึ้น โดยการให้สิ่งเร้าหรือผลกรรมที่บุคคลพึงพอใจภายหลังจากการแสดงพฤติกรรมนั้น ซึ่งจะช่วยเพิ่มโอกาสในการเกิดพฤติกรรมเดิมซ้ำในอนาคต (Skinner, 1953; ฆอซานะห์ อาแว และไหมไทย ไชยพันธุ์, 2567) ตัวเสริมแรงทางบวกที่นิยมใช้โดยทั่วไปสามารถแบ่งออกเป็น 5 ประเภท ได้แก่

1. ตัวเสริมแรงที่เป็นสิ่งของ (Material Reinforcer) เป็นตัวเสริมแรงที่อยู่ในรูปของสิ่งของหรือวัตถุ ซึ่งมักมีประสิทธิภาพสูง โดยเฉพาะเมื่อใช้กับเด็ก เช่น อาหาร ขนม ของเล่น หรือสิ่งของต่าง ๆ

2. ตัวเสริมแรงทางสังคม (Social Reinforcer) เป็นการเสริมแรงที่เกิดจากปฏิสัมพันธ์ทางสังคม ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ ได้แก่ การใช้คำพูด เช่น การชมเชย การให้กำลังใจ การแสดงออกทางท่าทาง เช่น การยิ้ม การปรบมือ หรือการกอด ตัวเสริมแรงประเภทนี้พบได้ในสภาพแวดล้อมตามธรรมชาติ ใช้ง่าย ไม่ต้องลงทุน และสามารถใช้ได้ทันทีเมื่อเกิดพฤติกรรมที่พึงประสงค์

3. ตัวเสริมแรงที่เป็นกิจกรรม (Activity Reinforcer) หรือ หลักพรีแม็ค (Premack Principle) เป็นการนำกิจกรรมที่บุคคลชอบหรือทำบ่อยมาใช้เป็นแรงจูงใจให้ทำกิจกรรมที่ต้องการให้เกิด เช่น การให้เล่นเกมหรือทำกิจกรรมที่สนใจหลังจากทำแบบฝึกหัดเสร็จ

4. ตัวเสริมแรงที่เป็นเบี้ยอรรถกร (Token Reinforcer) เป็นการเสริมแรงในรูปของสัญลักษณ์ เช่น ดาว แต้ม หรือคะแนน ซึ่งสามารถสะสมเพื่อนำไปแลกเป็นรางวัลในภายหลัง ตัวเสริมแรงชนิดนี้มีประสิทธิภาพสูง เนื่องจากสามารถใช้ได้ทันทีโดยไม่รบกวนกิจกรรมการเรียนรู้

5. การให้ข้อมูลย้อนกลับ (Feedback) เป็นการให้ข้อมูลเกี่ยวกับผลของการกระทำว่าถูกต้องหรือไม่ เพื่อช่วยให้บุคคลตระหนักถึงผลลัพธ์ของพฤติกรรม และปรับปรุงการแสดงพฤติกรรมในครั้งต่อไป โดยมักใช้ร่วมกับตัวเสริมแรงประเภทอื่น เช่น การชมเชยหรือการให้คะแนน

แนวคิดเกี่ยวกับเกมมิฟิเคชัน

Zichermann and Cunningham (2011) อธิบายว่า เกมมิฟิเคชันเป็นกระบวนการนำแนวคิดและองค์ประกอบของเกมมาประยุกต์ใช้เพื่อกระตุ้นให้ผู้เข้าร่วมเกิดการมีส่วนร่วมในกิจกรรม รวมทั้งส่งเสริมการคิดและการแก้ปัญหา

Huang and Soman (2013) กล่าวว่า เกมมิฟิเคชันเป็นการนำองค์ประกอบของเกมมาประยุกต์ใช้กับกิจกรรมที่ไม่ใช่เกม เพื่อมีอิทธิพลต่อพฤติกรรมของบุคคลในการเข้าร่วมกิจกรรมต่าง ๆ โดยมุ่งกระตุ้นให้เกิดการกระทำอย่างมีเป้าหมาย แม้ในกิจกรรมที่บุคคลอาจไม่ได้มีความต้องการเข้าร่วมตั้งแต่แรก ทั้งนี้เพื่อส่งเสริมพฤติกรรมของผู้เรียนที่นำไปสู่ความสำเร็จของการเรียนรู้

ภาสกร ไหลสกุล (2557) ให้ความหมายของเกมมิฟิเคชันว่า เป็นการประยุกต์ใช้เทคนิคการออกแบบของเกมมาใช้กับกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อสร้างประสบการณ์ที่คล้ายกับการเล่นเกม โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อขับเคลื่อนพฤติกรรมของกลุ่มเป้าหมายให้เป็นไปตามที่ต้องการ

จากความหมายดังกล่าวสามารถสรุปได้ว่า เกมมิฟิเคชันเป็นการนำกลไกและองค์ประกอบของเกมมาประยุกต์ใช้ในการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อกระตุ้นแรงจูงใจ ความสนใจ และการมีส่วนร่วมของผู้เรียน ซึ่งนำไปสู่การบรรลุจุดประสงค์การเรียนรู้ตามที่กำหนดไว้

องค์ประกอบของเกมมิฟิเคชัน

Zimbrick (2013) ได้นำเสนอองค์ประกอบสำคัญของเกมมิฟิเคชันไว้ 4 ประการ ได้แก่

1. การวัดผล (Measurement) หมายถึง การประเมินผลการมีส่วนร่วมของผู้เรียนในระบบเกมมิฟิเคชัน เช่น ระยะเวลาการเข้าร่วมกิจกรรม ระดับความสำเร็จ หรือคุณภาพของผลงาน

2. พฤติกรรม (Behavior) หมายถึง การส่งเสริมให้ผู้เรียนแสดงพฤติกรรมที่พึงประสงค์ เช่น ความรับผิดชอบ การปฏิบัติตามข้อตกลง และการมีส่วนร่วมในการเรียนรู้

3. รางวัล (Reward) หมายถึง สิ่งเสริมแรงที่ใช้กระตุ้นให้ผู้เรียนมีแรงจูงใจในการเข้าร่วมกิจกรรม เช่น คะแนน สัญลักษณ์ หรือสิทธิพิเศษ

4. กลไกของเกม (Mechanics) หมายถึง รูปแบบการดำเนินกิจกรรมที่ใช้ลักษณะของเกม เช่น การกำหนดลำดับกิจกรรม การให้คะแนน การสื่อสารระหว่างผู้เรียน และการโต้ตอบภายในระบบ

จากองค์ประกอบของเกมมิฟิเคชันดังกล่าว ผู้วิจัยได้นำมาประยุกต์ใช้ในการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ โดยกำหนดให้มีการสะสมแต้มจากสติกเกอร์ (Score) การเลื่อนระดับ (Level) การจัดลำดับคะแนน (Leaderboard) การให้รางวัล (Reward) และการส่งเสริมการมีส่วนร่วมของผู้เรียน (Engagement) เพื่อกระตุ้นแรงจูงใจและการมีส่วนร่วมของนักเรียนในกระบวนการเรียนรู้ อันนำไปสู่การบรรลุจุดประสงค์การเรียนรู้ตามที่กำหนดไว้

ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

นักการศึกษาได้ให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้หลายประการ ดังนี้

Bloom (1976) กล่าวว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหมายถึง ระดับความรู้ ความสามารถ และทักษะที่ผู้เรียนได้รับหลังจากผ่านกระบวนการเรียนรู้ ซึ่งสามารถวัดได้จากการทดสอบหรือการประเมินผลการเรียนรู้

Good (1973) อธิบายว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหมายถึง ความรู้ ความเข้าใจ และความสามารถของผู้เรียนที่เกิดขึ้นภายหลังจากการเรียนรู้ ซึ่งสามารถวัดได้จากคะแนนที่ได้จากการทดสอบหรือการประเมินผล

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ (2558) ได้ให้ความหมายว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ระดับความสำเร็จของผู้เรียนที่เกิดจากกระบวนการเรียนรู้ ซึ่งแสดงออกในรูปของความรู้ ความเข้าใจ ทักษะ และความสามารถในการนำความรู้ไปใช้แก้ปัญหา

จากความหมายดังกล่าวสามารถสรุปได้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ระดับความรู้ ความเข้าใจ และความสามารถของผู้เรียนที่เกิดขึ้นหลังจากผ่านกระบวนการเรียนรู้ ซึ่งสามารถวัดได้จากการทดสอบหรือการประเมินผล

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ หมายถึง ระดับความสามารถของผู้เรียนในการเรียนรู้เนื้อหาทางคณิตศาสตร์ ซึ่งแสดงออกผ่านความรู้ ความเข้าใจ ทักษะการคำนวณ การคิดวิเคราะห์ และความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

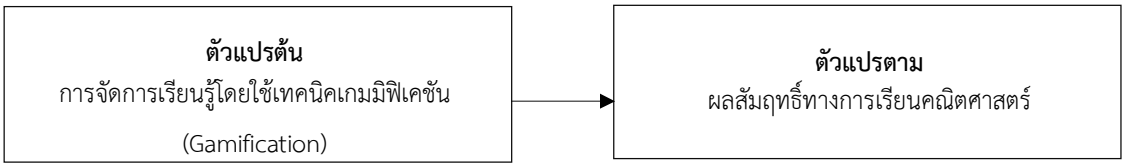
National Council of Teachers of Mathematics (NCTM) (2000) อธิบายว่า การเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่มีประสิทธิภาพควรช่วยให้ผู้เรียนสามารถเข้าใจแนวคิดทางคณิตศาสตร์ ใช้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ และสามารถนำความรู้ไปใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ ได้

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) (2560) กล่าวว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์สะท้อนถึงความสามารถของผู้เรียนในการเข้าใจแนวคิดทางคณิตศาสตร์ การใช้กระบวนการทางคณิตศาสตร์ และการประยุกต์ใช้ความรู้ในการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน

ดังนั้น ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ จึงหมายถึง ระดับความรู้ ความเข้าใจ และความสามารถของผู้เรียนในการคิด วิเคราะห์ และแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ซึ่งสามารถวัดได้จากคะแนนที่ได้จากแบบทดสอบหรือการประเมินผลการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์

กรอบแนวคิดการวิจัย

ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้า เพื่อการวิจัยผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคนิคเกมมิฟิเคชัน (Gamification) ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง เวลา ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 ดังนี้



วิธีการดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ใช้แบบแผนการวิจัยแบบกึ่งทดลอง โดยใช้รูปแบบการวิจัยแบบ กลุ่มเดียววัดก่อนและหลังการทดลอง (One-Group Pretest–Posttest Design) เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคนิคเกมมิฟิเคชัน

กลุ่มเป้าหมาย ได้แก่ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนสาธิตละอออุทิศ วิทยาเขตสุพรรณบุรี ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2568 จำนวน 39 คน ซึ่งได้มาจากการคัดเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling)

การดำเนินการวิจัยประกอบด้วยการวัดผลก่อนเรียน (Pre-test) ทดลองการจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคนิคเกมมิฟิเคชัน และการวัดผลหลังเรียน (Post-test) เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์

$$O_1 \quad X \quad O_2$$

O_1 หมายถึง คะแนนการทดสอบก่อนการจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคนิคเกมมิฟิเคชัน

X หมายถึง การจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคนิคเกมมิฟิเคชัน

O_2 หมายถึง คะแนนการทดสอบหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคนิคเกมมิฟิเคชัน

ในการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเองโดยเป็นไปตามลำดับขั้นตอนที่กำหนดไว้อย่างเป็นระบบ ดังต่อไปนี้

1. ให้นักเรียนทำแบบทดสอบก่อนการจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคนิคเกมมิฟิเคชัน เพื่อวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เวลา ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2

2. จัดการเรียนเรียนรู้โดยใช้เทคนิคเกมมิฟิเคชัน จำนวน 7 ครั้ง ดังนี้

ครั้งที่ 1 วันที่ 18 ธันวาคม 2568 ดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง การอ่านปฏิทิน

ครั้งที่ 2 วันที่ 19 ธันวาคม 2568 ดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง การเขียนวัน เดือน ปี และอักษรย่อ

ครั้งที่ 3 วันที่ 22 ธันวาคม 2568 ดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง การอ่านเวลาเป็นนาฬิกา (เข็มสั้น)

ครั้งที่ 4 วันที่ 23 ธันวาคม 2568 ดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง การอ่านเวลาเป็นนาฬิกาและนาที (เข็มสั้นและเข็มยาว)

ครั้งที่ 5 วันที่ 24 ธันวาคม 2568 ดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง การบอกเวลาโดยใช้นาฬิกาแบบตัวเลข

ครั้งที่ 6 วันที่ 25 ธันวาคม 2568 ดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง ทบทวนการบอกเวลาเป็นนาฬิกาและนาที

ครั้งที่ 7 วันที่ 26 ธันวาคม 2568 ดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง การบอกระยะเวลาเป็นชั่วโมงและนาที

ผู้วิจัยบันทึกคะแนนระหว่างเรียนจากภารกิจและแบบฝึกหัดที่กำหนดในแต่ละกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อนำมาวิเคราะห์พัฒนาการทางการเรียนของผู้เรียนตลอดการจัดกิจกรรมทั้ง 7 ครั้ง

3. ในแต่ละกิจกรรมการเรียนรู้ ผู้วิจัยได้กำหนดภารกิจย่อยเพื่อให้นักเรียนสะสมคะแนนจากสติกเกอร์ ซึ่งเป็นกลไกหนึ่งของเทคนิคเกมมิฟิเคชันที่ใช้เป็นการเสริมแรงทางบวก เพื่อกระตุ้นแรงจูงใจและการมีส่วนร่วมของผู้เรียนในการทำกิจกรรมการเรียนรู้ โดย

3.1 ผู้วิจัยได้กำหนดภารกิจ (Mission) และกติกาการเรียนรู้เพื่อสร้างแรงจูงใจในการเรียนรู้ของผู้เรียน ดังแสดงในรูปที่ 1 และรูปที่ 2



รูปที่ 1 ภารกิจ (Mission)



รูปที่ 2 กติกาการเรียน

3.2 ผู้วิจัยใช้บัตรสะสมสติกเกอร์เป็นเครื่องมือในการให้คะแนนและติดตามความก้าวหน้าของผู้เรียน พร้อมทั้งกำหนดรางวัลเพื่อเสริมแรงทางบวก ดังแสดงในรูปที่ 3 และรูปที่ 4



รูปที่ 3 สื่อภาพบัตรสะสมสติกเกอร์ (ใบเก็บสะสมคะแนน)



รูปที่ 4 สื่อภาพรางวัล (พวงกุญแจสูตรคูณ DIY)

3.3 ผู้วิจัยได้ใช้สื่อการเรียนรู้เรื่องเวลาและจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในชั้นเรียนอย่างต่อเนื่อง ดังแสดงในรูปที่ 5 และรูปที่ 6



รูปที่ 5 สื่อการเรียนรู้ที่เกี่ยวกับเวลา



รูปที่ 6 กิจกรรมการจัดการเรียนรู้ในห้องเรียน

4. ให้นักเรียนทำแบบทดสอบหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคนิคเกมมิฟิเคชัน เพื่อวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เวลา ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2

การสร้างและการหาคุณภาพเครื่องมือ

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ การจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคนิคเกมมิฟิเคชัน

ขั้นตอนการสร้างและการหาคุณภาพของเครื่องมือ

1. ศึกษาเอกสาร งานวิจัย และแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคนิคเกมมิฟิเคชัน เพื่อนำมาใช้เป็นแนวทางในการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้

2. จัดเตรียมสื่อการจัดการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับเทคนิคเกมมิฟิเคชัน เช่น บัตรสะสมคะแนน สติกเกอร์รางวัล (คะแนนสะสม) รางวัลชมเชย (พวงกุญแจสูตรคูณ DIY) และรางวัลระดับสูง (ตัวต่อโมเดลตัวการ์ตูน)

3. นำสื่อการจัดการเรียนรู้ที่ออกแบบขึ้นเสนอผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน เพื่อตรวจสอบความถูกต้องและความเหมาะสม โดยใช้มาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ ตามวิธีของลิเคอร์ท (Likert Scale) (บุญชม ศรีสะอาด 2556) ดังนี้

5 หมายถึง มีความเหมาะสมมากที่สุด

4 หมายถึง มีความเหมาะสมมาก

3 หมายถึง มีความเหมาะสมปานกลาง

2 หมายถึง มีความเหมาะสมน้อย

1 หมายถึง มีความเหมาะสมน้อยที่สุด

มีเกณฑ์การแปลผล มีดังนี้

4.50 -5.00 หมายถึง มีความเหมาะสมมากที่สุด

3.50 -4.49 หมายถึง มีความเหมาะสมมาก

2.50 - 3.49 หมายถึง มีความเหมาะสมปานกลาง

1.50 -2.49 หมายถึง มีความเหมาะสมน้อย

1.00 -1.49 หมายถึง มีความเหมาะสมน้อยที่สุด

โดยผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่าน พบว่า ค่าเฉลี่ยความถูกต้องและความเหมาะสมของสื่อการจัดการเรียนรู้ที่ใช้เทคนิคเกมมิฟิเคชันเท่ากับ 4.63 แสดงว่าสื่อการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมอยู่ในระดับ มากที่สุด ตามเกณฑ์ที่กำหนด ทั้งนี้ ผู้เชี่ยวชาญได้ให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมเพื่อใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาเครื่องมือให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น โดยปรับถ้อยคำบางส่วนให้มีความชัดเจนมากยิ่งขึ้น

เครื่องมือเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แบบทดสอบก่อนและหลังการเรียนการจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคนิคเกมมิฟิเคชัน

ขั้นตอนการสร้างและขั้นตอนการหาคุณภาพ

1. ศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) และเนื้อหาสาระเรื่อง เวลา สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2

2. สร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เป็นข้อสอบปรนัย 3 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ โดยแบ่งเป็น แบบทดสอบก่อนเรียน จำนวน 10 ข้อ และแบบทดสอบหลังเรียน จำนวน 10 ข้อ

3. นำแบบทดสอบเสนอผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน เพื่อตรวจสอบ ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้ (Index of Item-Objective Congruence : IOC) และความเหมาะสมของภาษา โดยกำหนดเกณฑ์ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ตั้งแต่ 0.50 – 1.00 ถือว่าข้อคำถามผ่านเกณฑ์ ผลการคำนวณค่าดัชนีความสอดคล้องพบว่าแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนมีค่า IOC เท่ากับ 1.00 แสดงว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้

และสามารถใช้วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ได้ผู้เชี่ยวชาญได้ให้ข้อเสนอแนะ ได้แก่ ตรวจสอบความชัดเจนของภาษาที่ใช้ในบางข้อคำถาม และเพิ่มความหลากหลายของรูปแบบข้อคำถาม

4. นำแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนที่ได้รับการปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญไปใช้กับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนสาธิตละอออุทิศ วิทยาเขตสุพรรณบุรี จำนวน 39 คน ซึ่งเป็นกลุ่มเป้าหมายของการวิจัย

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง เวลา ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคนิคเกมมิฟิเคชัน ใช้การวิเคราะห์ ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และการทดสอบ t-test แบบกลุ่มตัวอย่างสัมพันธ์กัน (paired-samples t-test)

ผลการวิจัย

การวิจัยเรื่อง ผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคนิคเกมมิฟิเคชัน (Gamification) ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง เวลา ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคนิคเกมมิฟิเคชัน กลุ่มเป้าหมายเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2568 โรงเรียนสาธิตละอออุทิศ วิทยาเขตสุพรรณบุรี จำนวน 39 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และการทดสอบ t-test แบบกลุ่มตัวอย่างสัมพันธ์กัน (paired-samples t-test)

ตารางที่ 1 ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้เทคนิคเกมมิฟิเคชันทั้ง 7 ครั้ง

ครั้งที่	เนื้อหา	คะแนนเฉลี่ยระหว่างเรียน
1	การอ่านปฏิทิน	6.51
2	การเขียนวัน เดือน ปี และอักษรย่อ	6.87
3	การอ่านเวลาเป็นนาฬิกา (เข็มสั้น)	7.18
4	การอ่านเวลาเป็นนาฬิกาและนาที	7.54
5	การบอกเวลาโดยใช้นาฬิกาแบบตัวเลข	7.79
6	ทบทวนการบอกเวลาเป็นนาฬิกาและนาที	8.05
7	การบอกระยะเวลาเป็นชั่วโมงและนาที	8.31

จากตารางพบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจาก 6.51 คะแนน ในกิจกรรมครั้งที่ 1 เป็น 8.31 คะแนน ในกิจกรรมครั้งที่ 7 แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคนิคเกมมิฟิเคชันช่วยส่งเสริมความเข้าใจในเนื้อหาเรื่องเวลา และกระตุ้นการมีส่วนร่วมของผู้เรียนได้อย่างต่อเนื่องตลอดการจัดกิจกรรมทั้ง 7 ครั้ง

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคนิคเกมมิฟิเคชัน (Gamification) ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง เวลา ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 วิเคราะห์โดยใช้สถิติการทดสอบ t-test แบบกลุ่มตัวอย่างสัมพันธ์กัน (paired-samples t-test) ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคนิคเกมมิฟิเคชันที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง เวลา ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2

กลุ่มเป้าหมาย	N	$\bar{x}$	S.D.	t	sig
ก่อนเรียน	39	6.38	1.830	7.471	.00
หลังเรียน	39	8.28	1.701		

จากตารางพบว่า นักเรียนจำนวน 39 คน มีคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนเท่ากับ 6.38 คะแนน (S.D. = 1.830) และคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนเท่ากับ 8.28 คะแนน (S.D. = 1.701) เมื่อทดสอบความแตกต่างของคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยสถิติ t-test สำหรับกลุ่มตัวอย่างที่สัมพันธ์กัน พบว่า ค่า t = 7.471 และค่าระดับนัยสำคัญ (Sig. = .00) ซึ่งน้อยกว่าระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังนั้น ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคนิคเกมมิฟิเคชันสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

การอภิปรายผล

ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่องเวลา ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคนิคเกมมิฟิเคชันสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานของการวิจัย ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการนำองค์ประกอบของเกมมิฟิเคชัน เช่น ระบบคะแนน การสะสมสติกเกอร์ การเลื่อนระดับ และการมอบรางวัล มาประยุกต์ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งช่วยกระตุ้นแรงจูงใจของผู้เรียนและสร้างบรรยากาศการเรียนรู้ที่สนุกสนาน ส่งผลให้นักเรียนมีความสนใจและมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้มากขึ้น

จากการจัดการเรียนการสอนในห้องเรียน ผู้วิจัยได้ดำเนินการสอนและสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนระหว่างการทำกิจกรรม พบว่านักเรียนมีความกระตือรือร้นในการเรียน กล้าแสดงความคิดเห็นและกล้าแสดงออกมากขึ้น อีกทั้งยังพยายามทำภารกิจที่ได้รับมอบหมายให้สำเร็จเพื่อสะสมคะแนนและรับรางวัล ส่งผลให้บรรยากาศการเรียนรู้ในชั้นเรียนมีความสนุกสนานและเอื้อต่อการเรียนรู้ของผู้เรียน ซึ่งผลการวิจัยดังกล่าวสอดคล้องกับแนวคิดของ McClelland (1961) ที่อธิบายว่าแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์เป็นแรงผลักดันสำคัญที่ทำให้บุคคลมุ่งมั่นพยายามเพื่อให้บรรลุความสำเร็จตามเป้าหมาย และยังสอดคล้องกับทฤษฎีการวางเงื่อนไขแบบการกระทำ (Operant Conditioning) ของ Skinner (1953) ที่เสนอว่าพฤติกรรมที่ได้รับการเสริมแรงทางบวกมีแนวโน้มจะเกิดขึ้นซ้ำ ดังนั้น การใช้กลไกของเกมมิฟิเคชัน เช่น การให้คะแนน การสะสมแต้ม หรือการมอบรางวัล ซึ่งเป็นรูปแบบของการเสริมแรงทางบวก จึงช่วยส่งเสริมพฤติกรรมการเรียนรู้ที่พึงประสงค์ของผู้เรียน และส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนสูงขึ้น

นอกจากนี้ผลการวิจัยยังสอดคล้องกับแนวคิดของ Deterding et al. (2011) ที่อธิบายว่าเกมมิฟิเคชันเป็นการนำองค์ประกอบของเกมมาใช้ในบริบทที่ไม่ใช่เกม เพื่อเพิ่มแรงจูงใจและการมีส่วนร่วมของผู้เรียน รวมทั้งสอดคล้องกับงานวิจัย

ของ Huang and Soman (2013) ที่พบว่าการประยุกต์ใช้กลไกของเกมในการจัดการเรียนรู้สามารถช่วยกระตุ้นความสนใจของผู้เรียน ทำให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้มากขึ้น และส่งผลให้ผลลัพธ์ทางการเรียนดีขึ้น

อีกทั้งผลการวิจัยดังกล่าวยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ พักตร์วิภา ตันเจริญ และปวีณา ยศสุรินทร์ (2566) ที่พบว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แนวคิดเกมมิฟิเคชันสามารถช่วยเพิ่มแรงจูงใจและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนได้อย่างมีนัยสำคัญ รวมทั้งสอดคล้องกับการศึกษาของ พรภวิษย์ ทับชุม (2567) ที่พบว่าการนำกลไกของเกม เช่น การให้คะแนน ภารกิจ และรางวัล มาใช้ในการจัดการเรียนรู้ ช่วยกระตุ้นการมีส่วนร่วมของผู้เรียน ทำให้ผู้เรียนเกิดความสนใจและมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น

สรุปและข้อเสนอแนะ

การจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เรื่องเวลา โดยใช้เทคนิคเกมมิฟิเคชัน สามารถช่วยพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 ให้สูงขึ้น โดยคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ข้อเสนอแนะ

จากผลสรุปและการอภิปรายผลการวิจัย ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะสำหรับนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์ และข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยในครั้งต่อไป ดังนี้

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1.1 ผู้สอนควรจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้นักเรียนมีส่วนร่วมอย่างทั่วถึง และสร้างบรรยากาศการเรียนรู้ที่สนุกสนานและเป็นมิตร เพื่อส่งเสริมแรงจูงใจในการเรียนรู้

1.2 ควรใช้ระบบการเสริมแรง เช่น การให้คะแนนหรือรางวัล ควบคู่กับการส่งเสริมแรงจูงใจภายในของผู้เรียน เช่น การชื่นชมความพยายามและพัฒนาการของผู้เรียน

2. ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ควรพัฒนาแบบทดสอบให้มีระดับความยากที่หลากหลายและครอบคลุมทักษะการคิดขั้นสูง เพื่อให้สามารถวัดความสามารถของผู้เรียนได้ชัดเจนยิ่งขึ้น

2.2 ควรศึกษาการประยุกต์ใช้รูปแบบเกมหรือกิจกรรมที่หลากหลายร่วมกับเนื้อหาบทเรียน เพื่อเพิ่มแรงจูงใจและการมีส่วนร่วมของผู้เรียน รวมทั้งศึกษาผลของการใช้เกมมิฟิเคชันต่อการเรียนรู้ในระยะยาว

กิตติกรรมประกาศ

ผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคนิคเกมมิฟิเคชันที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง เวลา ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนสาธิตละอออุทิศ วิทยาเขตสุพรรณบุรี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยความช่วยเหลือ การให้คำแนะนำ พร้อมทั้งแนวคิด ข้อเสนอแนะ ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ อย่างดียิ่ง จากอาจารย์ชนิสรา เมธภัทรหิรัญ อาจารย์ประจำหลักสูตรศึกษาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาการประถมศึกษา คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต วิทยาเขตสุพรรณบุรี ผศ.ดร.สุนทร เทียนงาม ประธานหลักสูตรศึกษาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาการประถมศึกษา คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต วิทยาเขตสุพรรณบุรี และคุณครูณัฐริกา อาภรณ์รัตน์ คุณครูโรงเรียนสาธิตละอออุทิศ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต วิทยาเขตสุพรรณบุรี ที่กรุณาให้คำแนะนำ และเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ จึงขอกราบขอบพระคุณท่านเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560). กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

ฆอซานะห์ อาแว และไหมไทย ไชยพันธุ์. (2567). การประยุกต์ทฤษฎีการวางเงื่อนไขแบบการกระทำของสกินเนอร์มาใช้ในการจัดการเรียนการสอนและปรับพฤติกรรมผู้เรียน. วารสารครุทรรศน์ (Journal of UBRU Educational Review). 4(2): 92–104.

ภาสกร ไหลสกุล. (2557). เกมมิฟิเคชัน: แนวคิดและการประยุกต์ใช้ในการเรียนรู้. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พรภวิษย์ ทับชุม. (2567). การจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐานร่วมกับแนวคิดเกมมิฟิเคชันเพื่อพัฒนาแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนระดับมัธยมศึกษา. วารสารเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา. 7(24): 130-142.

พักตร์วิภา ตันเจริญ และปวีณา ยศสุรินทร์. (2566). ผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้เกมมิฟิเคชันต่อแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาหลักการและเทคนิคการพยาบาลของนักศึกษาพยาบาล. วารสารพยาบาลศาสตร์และการศึกษา. 16(2): 1–14.

พิมพันธ์ เดชะคุปต์. (2558). การเรียนรู้เชิงรุก: แนวคิดและแนวปฏิบัติ. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2560). มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์. กรุงเทพฯ: สสวท.

Ashcraft, M. H., and Moore, A. M. (2009). Mathematics anxiety and the affective drop in performance. Journal of Psychoeducational Assessment. 27(3): 197–205.

Bloom, B. S. (1976). Human characteristics and school learning. McGraw-Hill.

Boaler, J. (2016). Mathematical mindsets: Unleashing students' potential through creative math, inspiring messages and innovative teaching. Jossey-Bass.

Deterding, S., Dixon, D., Khaled, R., and Nacke, L. (2011). From game design elements to gamefulness: Defining "gamification." In Proceedings of the 15th International Academic MindTrek Conference (pp. 9–15). ACM.

Dichev, C., and Dicheva, D. (2017). Gamifying education: What is known, what is believed and what remains uncertain: A critical review. International Journal of Educational Technology in Higher Education. 14(1): 1–36.

Good, C. V. (1973). Dictionary of education (3rd ed.). McGraw-Hill.

Huang, W. H. Y., and Soman, D. (2013). A practitioner's guide to gamification of education. Rotman School of Management, University of Toronto.

McClelland, D. C. (1961). The achieving society. Princeton, NJ: Van Nostrand.

National Council of Teachers of Mathematics. (2000). Principles and standards for school mathematics. NCTM.

Skinner, B. F. (1953). Science and human behavior. New York: Macmillan.

Zichermann, G., and Cunningham, C. (2011). Gamification by design: Implementing game mechanics in web and mobile apps. O'Reilly Media.

Zimbrick, J. (2013). Is gamification a positive learning trend? COETAIL. สืบค้นเมื่อวันที่ 20 ธันวาคม 2568 จาก http://www.coetail.com/jzimbrick/2013/12/01/is-gamification-a-positive-learning-trend/.

ผลของการใช้กระบวนการแก้ปัญหาด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ที่มีต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ เรื่อง รูปสี่เหลี่ยม ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนสาธิตละอออุทิศ นครนายก

The Effects of the Open Approach Problem Solving Process on Mathematical Problem Solving Ability on Quadrilaterals of 5th Grade Students at La-orutis Demonstration School, Nakhon Nayok

ไอรดา วิลาพันธ์[1] อรรถศาสน์ นิมิตรพันธ์[1*] และธนพรรษ พฤกษะวัน[1]
Airada Wilaphan[1], Auttasart Nimitpun[1*] and Tanapat Brikshavana[1]

[1]คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต ศูนย์การศึกษา นครนายก
[1]Faculty of Education Suan Dusit University Nakhon Nayok
[*]Corresponding Author E-mail Address : atsnmp5@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ดังนี้ 1) เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ เรื่อง รูปสี่เหลี่ยม ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้กระบวนการแก้ปัญหาด้วยวิธีการแบบเปิด และ 2) เพื่อศึกษาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ เรื่อง รูปสี่เหลี่ยม ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 หลังเรียน โดยใช้กระบวนการแก้ปัญหาด้วยวิธีการแบบเปิด เทียบกับเกณฑ์การบรรลุเป้าหมายร้อยละ 70 กลุ่มเป้าหมายในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนสาธิตละอออุทิศ นครนายก ที่เรียนสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เรื่อง รูปสี่เหลี่ยม ในภาคการศึกษาที่ 2 ปีการศึกษา 2568 จำนวน 28 คน ซึ่งได้รับการพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ เรื่อง รูปสี่เหลี่ยม โดยใช้กระบวนการแก้ปัญหาด้วยวิธีการแบบเปิด เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลทั้งก่อนเรียนและหลังเรียน คือ แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ เรื่อง รูปสี่เหลี่ยม ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 วิเคราะห์ข้อมูลโดยการหาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และหาค่าร้อยละของจำนวนนักเรียนกลุ่มเป้าหมายที่มีคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์หลังเรียนไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม ผลการวิจัยมีดังนี้ 1) นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนโดยใช้กระบวนแก้ปัญหาด้วยวิธีการแบบเปิด มีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ เรื่อง รูปสี่เหลี่ยม หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน 2) นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนโดยใช้กระบวนแก้ปัญหาด้วยวิธีการแบบเปิด มีคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ เรื่อง รูปสี่เหลี่ยม หลังเรียนไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม มีจำนวนร้อยละ 75 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ซึ่งบรรลุเป้าหมายของการจัดการเรียนรู้ที่ได้กำหนดไว้

คำสำคัญ: กระบวนการแก้ปัญหา วิธีการแบบเปิด ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ รูปสี่เหลี่ยม

Abstract

This research aimed to: 1) compare the problem solving ability of fifth-grade students on quadrilaterals before and after instruction using the open approach problem solving process; and 2) study the problem solving ability of fifth-grade students on quadrilaterals after instruction using the open approach problem solving process, comparing it to a 70% achievement criterion. The target group for this research consisted of 28 fifth-grade students from La-orutis Demonstration School, Nakhon Nayok, who studied quadrilaterals in the mathematics curriculum during the second semester of the 2025 academic year. These students received development in their problem-solving abilities on quadrilaterals using the open-ended problem-solving process. Data was collected both before and after the instruction using a test measuring problem-solving ability on quadrilaterals for fifth-grade students. Data was analyzed by calculating the mean, standard deviation, and percentage of the target group students who achieved a post-instructional problem-solving score of at least 70%. The research findings are as follows: 1) Fifth-grade students who learned using the open approach problem solving process showed a higher post-test ability in solving mathematical problems on quadrilaterals compared to pre-test ability. 2) 75% of the fifth-grade students who learned using the open approach problem solving process achieved a post-test score of at least 70% of the total score in solving mathematical problems on quadrilaterals, thus achieving the set learning objectives.

Keywords: Problem solving process, Open approach, Mathematical problem solving ability, Quadrilaterals

บทนำ

คณิตศาสตร์เป็นเครื่องมือสำคัญในการพัฒนาความคิดและการแก้ปัญหาของมนุษย์ ทำให้มนุษย์สามารถทำความเข้าใจโลก วิเคราะห์สถานการณ์ วางแผนและตัดสินใจได้อย่างมีเหตุผล ตลอดจนเป็นพื้นฐานสำคัญต่อการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และการพัฒนาประเทศในทุกด้าน คณิตศาสตร์ยังช่วยเสริมสร้างกระบวนการคิดอย่างเป็นระบบ ความคิดเชิงตรรกะ การคิดวิเคราะห์ และความคิดสร้างสรรค์ ซึ่งเป็นทักษะสำคัญที่จำเป็นต่อการดำเนินชีวิตในศตวรรษที่ 21 ดังนั้น การจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์จึงมิได้มุ่งเน้นเพียงการคำนวณตามสูตรหรือวิธีการที่กำหนดให้เท่านั้น แต่ยังมุ่งพัฒนาความสามารถในการคิดและการแก้โจทย์ปัญหาของผู้เรียนให้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์จริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560)

เมื่อได้มีการวิเคราะห์หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ที่ได้กำหนดมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดให้ผู้เรียนระดับประถมศึกษามีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับจำนวนและการดำเนินการ การวัด เรขาคณิต และการแก้โจทย์ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน สำหรับในส่วนของสาระเรขาคณิตนั้น มุ่งให้ผู้เรียนเข้าใจลักษณะและสมบัติของรูปเรขาคณิต รวมถึงสามารถนำความรู้ไปใช้แก้ปัญหาเกี่ยวกับรูปทรงและพื้นที่ได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม โดยเฉพาะสาระที่ 2 การวัดและเรขาคณิต มาตรฐาน ค 2.1 ป.5/4 แสดงวิธีหา

คำตอบของโจทย์ปัญหาเกี่ยวกับความยาวรอบรูปของรูปสี่เหลี่ยมและพื้นที่ของรูปสี่เหลี่ยมด้านขนานและรูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560)

จากการที่ผู้วิจัยสังเกตและศึกษาบริบทของการจัดการเรียนรู้สาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ในชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ของโรงเรียนสาธิตละอออุทิศ นครนายก พบว่า นักเรียนจำนวนหนึ่งยังคงประสบปัญหาในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ โดยเฉพาะโจทย์ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับรูปสี่เหลี่ยม นักเรียนมักมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Misconception) เกี่ยวกับลักษณะและสมบัติของรูปสี่เหลี่ยมชนิดต่าง ๆ ไม่สามารถระบุข้อมูลสำคัญจากโจทย์ได้อย่างครบถ้วน ขาดทักษะในการวิเคราะห์ปัญหาและวางแผนการแก้ปัญหาอย่างเป็นขั้นตอน ส่งผลให้การคำนวณเกิดความผิดพลาดและไม่สามารถหาคำตอบได้อย่างถูกต้อง นอกจากนี้ นักเรียนบางส่วนยังขาดความมั่นใจในการแสดงแนวคิดและอธิบายวิธีการแก้ปัญหาของตนเอง โดยสาเหตุของปัญหาดังกล่าวส่วนหนึ่งอาจเกิดจากรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ยังคงเน้นการสาธิตวิธีทำตามตัวอย่าง และการให้ฝึกทำแบบฝึกหัดซ้ำ ๆ ในลักษณะเดิมมากกว่าการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้คิดและแสดงวิธีการแก้ปัญหาด้วยตนเอง ส่งผลให้นักเรียนขาดประสบการณ์ในการคิดแก้ปัญหาด้วยวิธีการที่หลากหลาย ไม่สามารถเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์เข้ากับสถานการณ์ในชีวิตจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้น การพัฒนากระบวนการจัดการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมในการคิด วิเคราะห์ และแลกเปลี่ยนแนวคิดในการแก้ปัญหาจึงเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่ง ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ ไมตรี อินทร์ประสิทธิ์ (2547) ที่กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้แบบเดิมมักมุ่งเน้นไปที่คำตอบที่ถูกต้องเพียงคำตอบเดียวทำให้นักเรียนยังขาดทักษะการคิดวิเคราะห์และการเชื่อมโยงความรู้สู่สถานการณ์จริง

แนวคิดการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) เป็นแนวทางที่ส่งเสริมกระบวนการคิดแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ โดยเริ่มจากการนำเสนอปัญหาที่เปิดโอกาสให้มีวิธีการแก้ปัญหาที่หลากหลาย ให้นักเรียนได้สำรวจ คิดวิเคราะห์ วางแผนแก้ปัญหา และนำเสนอแนวคิดของตนเองต่อเพื่อนร่วมชั้น จากนั้นครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายและสรุปแนวคิดที่เหมาะสม วิธีการดังกล่าวช่วยพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ ความสามารถในการแก้ปัญหา การสื่อสารทางคณิตศาสตร์ และทัศนคติที่ดีต่อการเรียนคณิตศาสตร์ (ไมตรี อินทร์ประสิทธิ์, 2547)

ด้วยความสำคัญดังกล่าว ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษา ผลของการใช้กระบวนการแก้ปัญหาด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ที่มีต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ เรื่อง รูปสี่เหลี่ยม ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนสาธิตละอออุทิศ นครนายก เพื่อพัฒนาการจัดการเรียนรู้เกี่ยวกับการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น อีกทั้งยังเป็นแนวทางให้ครูผู้สอนสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เพื่อยกระดับคุณภาพผู้เรียนให้บรรลุตามมาตรฐานการเรียนรู้และสามารถนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างเหมาะสมต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ เรื่อง รูปสี่เหลี่ยม ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้กระบวนการแก้ปัญหาด้วยวิธีการแบบเปิด

2. เพื่อศึกษาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ เรื่อง รูปสี่เหลี่ยม ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 หลังเรียน โดยใช้กระบวนการแก้ปัญหาด้วยวิธีการแบบเปิด เทียบกับเกณฑ์การบรรลุเป้าหมายร้อยละ 70

ทบทวนวรรณกรรม

งานวิจัยนี้เกี่ยวข้องกับการพัฒนาการเรียนรู้ของผู้เรียนในกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) สาระการเรียนรู้แกนกลาง สาระที่ 2 การวัดและเรขาคณิต มาตรฐาน ค 2.1 เข้าใจพื้นฐานเกี่ยวกับการวัด วัดและคาดคะเนขนาดของสิ่งที่ต้องการวัดและนำไปใช้ ตัวชี้วัดชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ข้อ 4 แสดงวิธีหาคำตอบของโจทย์ปัญหาเกี่ยวกับความยาวรอบรูปของรูปสี่เหลี่ยมและพื้นที่ของรูปสี่เหลี่ยมด้านขนานและรูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน ประกอบด้วย ความยาวรอบรูปของรูปสี่เหลี่ยม พื้นที่ของรูปสี่เหลี่ยมด้านขนานและรูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน และการแก้โจทย์ปัญหาเกี่ยวกับความยาวรอบรูปของรูปสี่เหลี่ยมและพื้นที่ของรูปสี่เหลี่ยมด้านขนานและรูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน ซึ่งสอดคล้องกับคุณภาพผู้เรียนเมื่อจบชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ในส่วนหนึ่ง ซึ่งระบุไว้ว่า ผู้เรียนต้องหาความยาวรอบรูปและพื้นที่ของรูปเรขาคณิต และนำไปใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560)

แนวคิดเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้เรขาคณิต

เรขาคณิตมีความสำคัญในการเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่มุ่งเน้นการศึกษาลักษณะ รูปร่าง ขนาด ตำแหน่ง และความสัมพันธ์ของวัตถุ ทั้งในรูปเรขาคณิตสองมิติและรูปเรขาคณิตสามมิติ การเรียนรู้เรขาคณิตเป็นกระบวนการสร้างความเข้าใจเชิงมโนทัศน์เกี่ยวกับรูปทรงและความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ ซึ่งมีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาความคิดอย่างเป็นระบบของผู้เรียน ผู้เรียนได้เรียนรู้ทั้งแนวคิด หลักการ และกระบวนการทางเรขาคณิต ควบคู่กับการใช้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ การจัดการเรียนรู้เรขาคณิตที่มีประสิทธิภาพช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถอธิบายเหตุผล และเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์กับสถานการณ์จริงได้อย่างเหมาะสม จึงมีความสำคัญต่อการพัฒนาทักษะการคิดเชิงตรรกะและการให้เหตุผลอย่างมีแบบแผน เนื่องจากมีการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ขององค์ประกอบต่าง ๆ เช่น เส้น มุม และรูปเรขาคณิต การพิสูจน์สมบัติทางเรขาคณิตช่วยฝึกฝนให้ผู้เรียนคิดอย่างมีเหตุผล รู้จักตั้งสมมติฐาน ตรวจสอบความถูกต้อง และสรุปผลอย่างเป็นระบบ ซึ่งเป็นทักษะพื้นฐานที่จำเป็นต่อการเรียนรู้คณิตศาสตร์ระดับสูงและการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน การเรียนรู้เรขาคณิตยังส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงพื้นที่ ซึ่งเป็นความสามารถในการจินตนาการและเข้าใจความสัมพันธ์ของวัตถุในมิติที่แตกต่างกัน ความสามารถดังกล่าวมีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตและการประกอบอาชีพในอนาคต การจัดการเรียนรู้เรขาคณิตที่เน้นการใช้สื่อ รูปภาพ แบบจำลอง และกิจกรรมการลงมือปฏิบัติ จะช่วยให้ผู้เรียนพัฒนาความเข้าใจเชิงลึกและสามารถถ่ายโยงความรู้ไปสู่สถานการณ์ใหม่ได้ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560)

ในมุมมองของการประยุกต์ใช้เรขาคณิตยิ่งมีบทบาทสำคัญในการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์กับบริบทของชีวิตจริง เช่น การคำนวณพื้นที่และปริมาตร การออกแบบสิ่งปลูกสร้าง การวัดระยะทาง และการวิเคราะห์รูปทรงของวัตถุรอบตัว การเรียนรู้ดังกล่าวจะช่วยให้ผู้เรียนตระหนักถึงคุณค่าและประโยชน์ของคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน อันเป็นเป้าหมายสำคัญของการจัดการศึกษาตามหลักสูตรฯ นอกจากการพัฒนาทักษะทางสติปัญญาแล้ว การเรียนรู้เรขาคณิตยังช่วยส่งเสริมทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ ผู้เรียนสามารถใช้ภาษา สัญลักษณ์ แผนภาพ และการอธิบายเหตุผลในการถ่ายทอดแนวคิดของตนเองได้อย่างชัดเจน การแลกเปลี่ยนความคิดเห็นและการอภิปรายทางเรขาคณิตในชั้นเรียนช่วยพัฒนาทักษะการทำงานร่วมกับผู้อื่นและเสริมสร้างความมั่นใจในการแสดงออกอย่างมีเหตุผล การจัดการเรียนรู้เรขาคณิตมีพัฒนาการมาจากการให้ความสำคัญกับการจัดประสบการณ์ตามระดับขั้นความเข้าใจทางเรขาคณิตของผู้เรียน 5 ระดับ ได้แก่ 1. ระดับการรับรู้ (Visualization) 2. ระดับวิเคราะห์ (Analysis) 3. ระดับการจัดระบบ (Informal Deduction) 4. ระดับนิรนัย (Deduction) และ 5. ระดับนามธรรมขั้นสูง (Rigor) ที่สอดคล้องกับ Van Hiele Model (Van Hiele, 1986) และมีการให้ความสำคัญต่อการพัฒนาความรู้ ความเข้าใจเชิงมโนทัศน์ และทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียน โดยการ

จัดการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพควรเน้นให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองผ่านการแก้ปัญหา การทำงานร่วมกัน การลงมือปฏิบัติ การใช้สื่อและเทคโนโลยีที่เหมาะสม รวมทั้งการบูรณาการความรู้กับบริบทในชีวิตจริง แนวทางดังกล่าวช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการคิดวิเคราะห์ การให้เหตุผล การสื่อสารทางคณิตศาสตร์ และการเชื่อมโยงความรู้ได้อย่างเป็นระบบ ส่งผลให้ผู้เรียนสามารถนำความรู้ทางเรขาคณิตไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสม และเกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมาย อันนำไปสู่การพัฒนาศักยภาพของผู้เรียนอย่างรอบด้าน ครูจึงมีบทบาทสำคัญในการออกแบบกิจกรรมที่เหมาะสมกับพัฒนาการของผู้เรียน เปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมอย่างกระตือรือร้นและสร้างความหมายของความรู้ด้วยตนเอง ในปัจจุบันแนวทางพัฒนาการจัดการเรียนรู้เรขาคณิตในระดับประถมศึกษามุ่งเน้นการพัฒนาความเข้าใจเชิงมโนทัศน์ควบคู่กับทักษะการคิดอย่างมีเหตุผล โดยมุ่งเน้นกิจกรรมการเรียนรู้แบบลงมือปฏิบัติ (Hands-on Learning) เชื่อมโยงความรู้เรขาคณิตกับชีวิตประจำวันโดยนำสถานการณ์หรือสิ่งแวดล้อมใกล้ตัวผู้เรียนมาเป็นบริบทในการเรียนรู้ ส่งเสริมการสร้างความหมายด้วยตนเองของผู้เรียนผ่านกระบวนการคิด วิเคราะห์ และค้นพบ มากกว่าการรับข้อมูลจากครูเพียงฝ่ายเดียว ใช้คำถามกระตุ้นการคิดและการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ สร้างสภาพแวดล้อมในการเรียนรู้แบบร่วมมือและแลกเปลี่ยนความคิดเห็น อภิปรายแนวคิด และช่วยกันแก้ปัญหาเพื่อให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ในมุมมองที่หลากหลาย ประยุกต์ใช้สื่อและเทคโนโลยีอย่างเหมาะสม ตลอดจนพัฒนาการวัดและประเมินผลที่สอดคล้องกับกระบวนการเรียนรู้โดยมุ่งเน้นการวัดและประเมินผลทั้งในด้านความรู้ ความเข้าใจ และกระบวนการคิดของผู้เรียน (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560)

แนวคิดเกี่ยวกับการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์

ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เป็นสถานการณ์หรือคำถามที่กำหนดขึ้นโดยมีเงื่อนไข ข้อมูล หรือความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ ซึ่งผู้เรียนไม่สามารถหาคำตอบได้ทันทีด้วยการจดจำสูตรหรือวิธีการเพียงอย่างเดียว แต่ต้องอาศัยกระบวนการคิดวิเคราะห์ วางแผน เลือกใช้ความรู้ ทักษะ และกระบวนการทางคณิตศาสตร์อย่างเหมาะสม เพื่อแสวงหาคำตอบหรือแนวทางแก้ปัญหา โดยมีกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ 4 ขั้นตอนของโพลยา (Polya's 4 Steps Problem Solving Process) ที่ช่วยพัฒนาความสามารถในการคิด วิเคราะห์ และใช้เหตุผลอย่างเป็นระบบของผู้เรียน โดยมุ่งเน้นทั้งการหาคำตอบที่ถูกต้อง ควบคู่กับการให้ความสำคัญต่อกระบวนการคิด การเลือกวิธีการแก้ปัญหา และการอธิบายเหตุผลที่สอดคล้องกับหลักการทางคณิตศาสตร์ (Polya, 1957) ดังต่อไปนี้ 1) ทำความเข้าใจปัญหา (Understand the Problem) ผู้เรียนต้องอ่านและพิจารณาโจทย์ปัญหาอย่างรอบคอบ เพื่อทำความเข้าใจสถานการณ์ที่โจทย์กำหนด ระบุข้อมูลที่ให้มา สิ่งที่โจทย์ถาม และเงื่อนไขที่เกี่ยวข้อง ขั้นตอนนี้เป็นพื้นฐานสำคัญของการแก้ปัญหา เนื่องจากหากผู้เรียนเข้าใจปัญหาคลาดเคลื่อนย่อมส่งผลให้การแก้ปัญหาในขั้นต่อไปเกิดความผิดพลาด 2) วางแผนแก้ปัญหา (Devise a Plan) เมื่อผู้เรียนเข้าใจปัญหาแล้ว จะต้องพิจารณาเลือกแนวทางหรือกลยุทธ์ที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา เช่น การเขียนภาพประกอบ การตั้งสมการ การใช้ความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ หรือการเชื่อมโยงกับความรู้เดิม การวางแผนที่ดีช่วยให้ผู้เรียนสามารถดำเนินการแก้ปัญหาได้อย่างเป็นระบบและมีทิศทางที่ชัดเจน 3) ดำเนินการตามแผน (Carry Out the Plan) เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนลงมือปฏิบัติตามแผนที่วางไว้ โดยใช้กระบวนการคำนวณ การให้เหตุผล และการจัดลำดับความคิดอย่างเป็นขั้นตอน ผู้เรียนต้องใช้ความรอบคอบในการคำนวณและการเชื่อมโยงแนวคิด เพื่อให้ได้คำตอบที่ถูกต้องตามหลักการทางคณิตศาสตร์ 4) ตรวจสอบและมองย้อนกลับ (Look Back) ผู้เรียนควรย้อนกลับไปตรวจสอบความถูกต้องของวิธีคิดและผลลัพธ์ที่ได้ โดยพิจารณาว่าคำตอบสอดคล้องกับเงื่อนไขของโจทย์หรือไม่ รวมถึงความสมเหตุสมผลของคำตอบในบริบทของสถานการณ์ที่กำหนด การตรวจสอบช่วยลดข้อผิดพลาดและเสริมสร้างความรอบคอบในการแก้ปัญหา ดังนั้นความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์จึงหมายถึงความสามารถของผู้เรียนในการใช้ความรู้ แนวคิด ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในการทำความเข้าใจสถานการณ์ที่เป็นปัญหา วิเคราะห์ข้อมูล วางแผน และดำเนินการแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม พร้อมทั้งสามารถตรวจสอบ

อธิบาย และสะท้อนแนวคิดของตนเองได้อย่างมีเหตุผล ความสามารถดังกล่าวถือเป็นเป้าหมายสำคัญของการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โดยมีเกณฑ์การประเมินความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ประกอบด้วย เกณฑ์การให้คะแนนแบบรวม (Holistic scoring) และเกณฑ์การให้คะแนนแบบวิเคราะห์ (Analytic scoring) ครอบคลุมทั้งกระบวนการทำความเข้าใจปัญหา การวางแผน การดำเนินการแก้ปัญหา การตรวจสอบ รวมถึงการสื่อสาร และการสะท้อนแนวคิด ซึ่งเป็นการประเมินที่ครอบคลุมกระบวนการแก้โจทย์ปัญหา จะช่วยให้ผู้เรียนพัฒนาทักษะการคิดอย่างเป็นระบบ มีเหตุผล และสามารถนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560; Polya, 1957; National Council of Teachers of Mathematics, 2000)

แนวคิดเกี่ยวกับกระบวนการแก้ปัญหาด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach)

ผู้วิจัยได้ศึกษาและสังเคราะห์แนวคิดของวิธีการแบบเปิด (Open Approach) สรุปได้ว่า วิธีการแบบเปิดเป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับแนวคิดการเรียนรู้แบบสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง (Constructivism) ซึ่งเชื่อว่า นักเรียนสามารถสร้างความรู้จากประสบการณ์ การคิด และการมีปฏิสัมพันธ์กับผู้อื่น โดยเปิดโอกาสให้นักเรียนแสดงแนวคิดและวิธีการแก้ปัญหาได้อย่างหลากหลาย นำไปสู่คำตอบหรือแนวทางการแก้ปัญหาที่เหมาะสม วิธีการแบบเปิดมุ่งเน้นให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ผ่านกระบวนการคิดและการลงมือปฏิบัติจริง มากกว่าการเรียนรู้จากการจดจำสูตร หรือขั้นตอนการคำนวณเพียงอย่างเดียว และมีบทบาทสำคัญในการพัฒนากระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์ ส่งเสริมการเรียนรู้ด้วยตนเองของนักเรียน โดยใช้ปัญหาปลายเปิด (Open Ended Problem) ที่มีสถานการณ์เป็นตัวกระตุ้นให้นักเรียนเกิดการคิด วิเคราะห์และแสดงแนวคิดของตนเองอย่างเต็มศักยภาพ ทั้งนี้ ครูมีบทบาทหน้าที่เป็นผู้ชี้แนะและกระตุ้นความคิด ขณะที่นักเรียนสามารถร่วมกันแก้ปัญหา แลกเปลี่ยนความคิดเห็น และยอมรับแนวคิดซึ่งกันและกัน ซึ่งนำไปสู่การเรียนรู้อย่างมีความหมาย จากตัวสถานการณ์ปัญหาที่มีลักษณะเปิด (พิจารณาปรับเปลี่ยนได้ตามบริบท (Context) และเงื่อนไข (Condition) ของปัญหา) วิธีการแก้ปัญหาที่มีลักษณะเปิด (มีวิธีการแก้ปัญหามากกว่า 1 วิธี) และคำตอบของปัญหาที่มีลักษณะเปิด (มีคำตอบมากกว่า 1 คำตอบ) วิธีการแบบเปิดมีความสำคัญดังนี้ 1) ส่งเสริมกระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนอย่างเป็นระบบ ฝึกการคิดวิเคราะห์ การตั้งสมมติฐาน การวางแผนแก้ปัญหา และการใช้เหตุผลเชิงตรรกะ 2) พัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาและการตัดสินใจของนักเรียน ปัญหาปลายเปิดทำให้นักเรียนมีโอกาสเลือกใช้วิธีการแก้ปัญหาที่หลากหลายตามความรู้ ประสบการณ์ และความถนัดของตนเอง นักเรียนจึงได้ฝึกการตัดสินใจ เลือกแนวทางที่เหมาะสม และรับผิดชอบต่อแนวคิดของตน ซึ่งเป็นทักษะสำคัญที่สามารถนำไปใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันและการเรียนรู้ในระดับที่สูงขึ้น 3) ส่งเสริมการเรียนรู้ด้วยตนเองและการสร้างองค์ความรู้ของนักเรียนเองอย่างแท้จริง นักเรียนมีบทบาทเป็นผู้แสวงหาความรู้ คิดค้นแนวทาง และสร้างความเข้าใจจากการลงมือปฏิบัติและการสะท้อนความคิดของตนเอง กระบวนการดังกล่าวช่วยให้นักเรียนเกิดความเข้าใจเชิงลึก เห็นความเชื่อมโยงของแนวคิดทางคณิตศาสตร์ และสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ใหม่ได้อย่างยืดหยุ่น 4) พัฒนาทักษะการสื่อสารและการทำงานร่วมกันของนักเรียน ขั้นตอนการอภิปรายทั้งชั้นเรียนเปิดโอกาสให้นักเรียนอธิบายวิธีคิดของตนเอง แลกเปลี่ยนความคิดเห็น รับฟังแนวคิดของผู้อื่น และใช้เหตุผลในการสนับสนุนหรือปรับปรุงแนวคิดของตน กระบวนการนี้ช่วยเสริมสร้างทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ การทำงานเป็นกลุ่ม และการเคารพความคิดเห็นที่แตกต่าง ซึ่งเป็นทักษะสำคัญต่อการอยู่ร่วมกันในสังคม 5) ให้ความสำคัญกับความแตกต่างระหว่างบุคคลและศักยภาพของนักเรียน นักเรียนแต่ละคนสามารถแสดงแนวคิดได้อย่างอิสระตามระดับความสามารถและประสบการณ์ของตน ส่งผลให้เกิดความมั่นใจ เห็นคุณค่าในตนเอง และมีทัศนคติที่ดีต่อการเรียนรู้คณิตศาสตร์ 6) ปรับบทบาทของครูจากผู้ถ่ายทอดความรู้ไปสู่ผู้อำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ ครูทำหน้าที่ออกแบบสถานการณ์ปัญหาที่มีความหมาย ตั้งคำถาม ชี้แนะ และกระตุ้นการคิดของนักเรียน รวมทั้งจัดสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ที่เอื้อต่อการแลกเปลี่ยนความคิดเห็น

บทบาทดังกล่าวช่วยให้การจัดการเรียนรู้มีความยืดหยุ่นและตอบสนองต่อการพัฒนานักเรียนได้อย่างรอบด้าน (ไมตรี อินประสิทธิ์, 2547 อ้างถึงใน อรธุรี คงมา, 2553; วัณชญา เชิงดี, 2555; พิมพ์พันธุ์ ปันแสน, 2556; Shimizu, 1999; Nohda, 2000) นอกจากนี้ ผลการวิจัยของ สุวิชา ดวงฟู (2560) พบว่า ความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ เรื่อง รูปสี่เหลี่ยม ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิด หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และผลการวิจัยของ กรุณา ศรีผิวสิ่ว และญาณภัทร สีหะมงคล (2562) พบว่า นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่มีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 มีจำนวนคิดเป็นร้อยละ 81.25 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด และมีนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่มีความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 คิดเป็นร้อยละ 93.75 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด จากการที่ได้รับการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาและการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิด อีกทั้งจากผลการวิจัยของ นิลดา ชูพันธ์ (2565) พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องรูปสี่เหลี่ยมมุมฉาก ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 และความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่องรูปสี่เหลี่ยมมุมฉาก ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 จากการได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิด ตลอดจนผลการวิจัยของ Pitchayapa Moungwandee and Yannapat Seehamongkon (2568) พบว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดสามารถพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ นักเรียนสามารถแสดงแนวทางในการแก้ปัญหาที่หลากหลาย มีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ทั้งภายในกลุ่มและระหว่างกลุ่ม มีความมั่นใจในการแก้ปัญหาเพิ่มขึ้น และมีพัฒนาการด้านความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ที่ดีขึ้นอย่างชัดเจน และผลการวิจัยของ Dina Kamber and Amra Durakovic (2568) ที่พบว่า นักเรียนระดับชั้นที่สูงกว่ามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิตเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน ขณะที่นักเรียนระดับชั้นที่ต่ำกว่ายังไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากการใช้โจทย์ปัญหาแบบปลายเปิดในการจัดการเรียนการสอนเรขาคณิตระดับประถมศึกษา ผลการวิจัยนี้จึงก่อให้เกิดข้อสงสัยเกี่ยวกับประสิทธิผลของการใช้ปัญหาแบบปลายเปิดกับนักเรียนในระดับชั้นที่ต่ำกว่า และสะท้อนถึงความจำเป็นในการปรับกระบวนการจัดการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับพัฒนาการของผู้เรียนในแต่ละช่วงวัย

สำหรับขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิด ไมตรี อินทร์ประสิทธิ์ (2547) ได้ให้แนวทางไว้อย่างเป็นลำดับขั้นตอน ดังนี้ 1) ครูนำเสนอปัญหาที่มีลักษณะเปิดกว้าง มีวิธีการแก้ปัญหาหรือหาคำตอบได้มากกว่าแนวทางเดียว ปัญหาควรมีความหมาย เชื่อมโยงกับบริบทใกล้ตัว และสอดคล้องกับระดับความสามารถของนักเรียน ครูทำหน้าที่สร้างความเข้าใจร่วมกันเกี่ยวกับสถานการณ์ของปัญหา โดยไม่ชี้นำวิธีการแก้ปัญหา เพื่อเปิดพื้นที่ให้นักเรียนใช้ความคิดอย่างอิสระ 2) การเรียนรู้ด้วยตนเอง นักเรียนลงมือแก้ปัญหาโดยใช้ความรู้เดิม ประสบการณ์ และวิธีคิดของตนเอง สามารถเลือกกลยุทธ์ที่หลากหลาย เช่น การวาดภาพ การตั้งสมการ การทดลอง หรือการอธิบายด้วยถ้อยคำ ครูทำหน้าที่สังเกต กระตุ้นการคิดด้วยคำถามชี้แนะ และสนับสนุนให้นักเรียนพยายามค้นหาวิธีการแก้ปัญหาด้วยตนเอง 3) การอภิปรายทั้งชั้นเรียน โดยนักเรียนเสนอวิธีการคิดและคำตอบของตนต่อเพื่อนร่วมชั้น เกิดการแลกเปลี่ยน เปรียบเทียบ และอภิปรายความแตกต่างของแนวคิด ครูช่วยจัดลำดับแนวคิด ตั้งคำถามเพื่อให้นักเรียนอธิบายเหตุผล และชี้ให้เห็นความสัมพันธ์หรือจุดเด่นของแต่ละวิธีการ ขั้นตอนนี้ช่วยพัฒนาทักษะการสื่อสารและการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ 4) การสรุปและเชื่อมโยงแนวคิดทางคณิตศาสตร์ โดยครูและนักเรียนร่วมกันสรุปแนวคิดสำคัญที่เกิดจากการอภิปราย เชื่อมโยงวิธีคิดเข้ากับหลักการ แนวคิด หรือความรู้ทางคณิตศาสตร์ที่เป็นแก่นของบทเรียน เพื่อสร้างความเข้าใจเชิงมโนทัศน์ที่ชัดเจน และสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับปัญหาอื่นในอนาคต สำหรับในงานวิจัยนี้กระบวนการแก้ปัญหาด้วยวิธีการแบบเปิด เป็นแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ใช้ปัญหาปลายเปิด เพื่อให้นักเรียนสามารถคิดและแก้ปัญหาได้หลากหลายวิธีตามความเข้าใจของตนเอง โดยมี 4 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้น

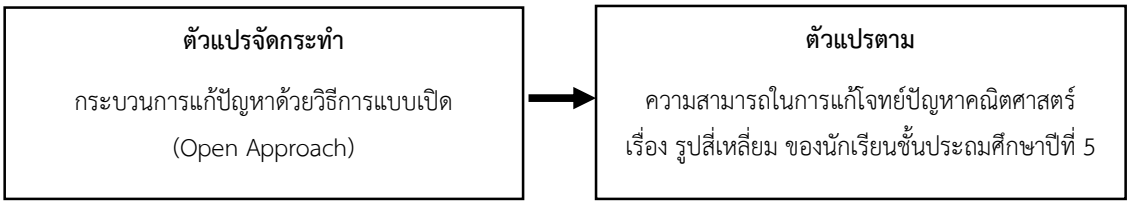
นำเสนอสถานการณ์ปัญหา ขั้นคิดแก้ปัญหาด้วยตนเอง ขั้นอภิปรายแลกเปลี่ยนความคิด และ ขั้นสรุปความรู้ร่วมกัน ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้ 1) ขั้นนำเสนอสถานการณ์ปัญหา เป็นขั้นที่ใช้ในการนำเสนอสถานการณ์ปัญหา เพื่อให้นักเรียนรู้สึกว่าปัญหานั้นเป็นของนักเรียนเอง ซึ่งจะช่วยให้เกิดการอภิปรายเกี่ยวกับมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ที่ได้เรียนรู้ 2) ขั้นคิดแก้ปัญหาด้วยตนเอง เป็นขั้นของการทำกิจกรรมกลุ่ม เพื่อให้นักเรียนได้เรียนรู้และแก้ปัญหาด้วยตนเอง โดยมีครูเป็นผู้สังเกตพฤติกรรมการทำงานของนักเรียนแต่ละกลุ่ม 3) ขั้นอภิปรายแลกเปลี่ยนความคิด เป็นขั้นที่ให้นักเรียนนำเสนอและแลกเปลี่ยนแนวคิด หรือวิธีการแก้ปัญหาของกลุ่มตนเองกับเพื่อนร่วมชั้นเรียน เพื่อเปรียบเทียบวิธีการที่แตกต่างกันและสร้างความเข้าใจร่วมกันในการแก้ปัญหา ตลอดจนแลกเปลี่ยนความรู้ซึ่งกันและกัน 4) ขั้นสรุปความรู้ร่วมกัน เป็นขั้นที่ครูและนักเรียนมีบทบาทร่วมกันในการตัดสิน หรือสรุปแนวคิดเพื่อนำไปสู่การเชื่อมโยงแนวคิดของนักเรียนที่เกิดขึ้นในชั้นเรียนจนเกิดข้อสรุป

ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย

ตัวแปรจัดกระทำ ได้แก่ กระบวนการแก้ปัญหาด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach)

ตัวแปรตาม ได้แก่ ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ เรื่อง รูปสี่เหลี่ยม ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5

กรอบแนวคิดการวิจัย



ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เรียกว่า กลุ่มเป้าหมายเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนสาธิตละอออุทิศนครนายก ที่เรียนสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เรื่องรูปสี่เหลี่ยม ในภาคการศึกษาที่ 2 ปีการศึกษา 2568 จำนวน 28คน ซึ่งได้มาจากการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Selecting) ประกอบด้วยนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5/1 จำนวน 15 คน และนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5/2 จำนวน 13 คน ซึ่งทั้งสองห้องเรียนมีลักษณะการจัดนักเรียนแบบคละความสามารถในการเรียนรู้

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง และเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการแก้ปัญหาด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) เรื่อง รูปสี่เหลี่ยม ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 4 แผน มีจำนวนคาบเรียนที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ทั้งหมด 4 คาบเรียน คาบเรียนละ 50 นาที ซึ่งผู้วิจัยเป็นผู้สร้างขึ้นเอง โดยศึกษาค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เรื่อง การแก้ปัญหารูปสี่เหลี่ยม และการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการแก้ปัญหาด้วยวิธีการแบบเปิด แล้วสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ โดยมีการศึกษามาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด เพื่อกำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ ออกแบบการ

จัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ เรื่อง รูปสี่เหลี่ยม ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้กระบวนการแก้ปัญหาด้วยวิธีการแบบเปิด ซึ่งประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ขั้นนำเสนอสถานการณ์ปัญหา 2) ขั้นคิดแก้ปัญหาด้วยตนเอง 3) ขั้นอภิปรายแลกเปลี่ยนความคิด 4) ขั้นสรุปความรู้ร่วมกัน จัดทำสื่อการเรียนรู้ และกำหนดวิธีวัดและประเมินผลการเรียนรู้ จากนั้นจึงนำแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการแก้ปัญหาด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) เรื่อง รูปสี่เหลี่ยม ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 เสนอต่ออาจารย์นิเทศก์ และครูพี่เลี้ยง เพื่อพิจารณาให้ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับความเหมาะสมของการจัดการเรียนรู้ สื่อการเรียนรู้ การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ของนักเรียน จำนวนคาบเรียนที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ แล้วนำข้อเสนอแนะของอาจารย์นิเทศก์ และครูพี่เลี้ยงมาใช้ในการปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ให้มีความเหมาะสม พร้อมที่จะนำไปใช้ในการทดลองกับกลุ่มเป้าหมาย

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ เรื่อง รูปสี่เหลี่ยม จำนวน 1 ฉบับ เป็นอัตนัยจำนวน 4 ข้อ ใช้เวลาในการทดสอบ 50 นาที ซึ่งผู้วิจัยเป็นผู้สร้างขึ้นเอง ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลก่อนเรียนและหลังเรียน โดยศึกษาหลักการพื้นฐานของการวัดเชิงปริมาณ และแนวทางการสร้างเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลในส่วนของแบบทดสอบที่มีลักษณะเป็นแบบอัตนัยเพื่อวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียน ศึกษาการวัดพฤติกรรมด้านทักษะพิสัยทางคณิตศาสตร์ คุณลักษณะที่ดีของแบบทดสอบ การวิเคราะห์ข้อสอบ แล้ววิเคราะห์มาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด สาระการเรียนรู้แกนกลาง เรื่อง รูปสี่เหลี่ยม ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 และจุดประสงค์การเรียนรู้ สร้างตารางวิเคราะห์ความสอดคล้องระหว่างเนื้อหา จุดประสงค์การเรียนรู้ กับข้อสอบในแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ เรื่อง รูปสี่เหลี่ยม ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 1 ฉบับ เป็นแบบทดสอบที่มีลักษณะเป็นอัตนัย มีจำนวนข้อสอบทั้งหมด 8 ข้อ ต้องการใช้จริงจำนวน 4 ข้อ แต่ละข้อมีคะแนนเต็ม 4 คะแนน รวมคะแนนเต็มทั้งฉบับ 16 คะแนน โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์เป็นแบบรูบริคองค์รวม (Holistic Rubric Score) จากนั้นจึงนำแบบทดสอบ เสนอต่ออาจารย์นิเทศก์ และครูพี่เลี้ยง เพื่อพิจารณาให้ข้อเสนอแนะเบื้องต้นก่อนนำแบบทดสอบเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 คน เพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) โดยพิจารณาความสอดคล้องระหว่างเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ จุดประสงค์การเรียนรู้ และเนื้อหาของข้อสอบ โดยใช้ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) เป็นเกณฑ์การตัดสิน โดยมีระดับการให้คะแนนดังต่อไปนี้

แน่ใจว่ามีความสอดคล้องกันระหว่างเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ และจุดประสงค์การเรียนรู้กับเนื้อหาของข้อสอบ ประเมินให้	1	คะแนน
ไม่แน่ใจว่ามีความสอดคล้องกันระหว่างเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ และจุดประสงค์การเรียนรู้กับเนื้อหาของข้อสอบ ประเมินให้	0	คะแนน
แน่ใจว่าไม่มีความสอดคล้องกันระหว่างเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ และจุดประสงค์การเรียนรู้กับเนื้อหาของข้อสอบ ประเมินให้	-1	คะแนน

ดำเนินการคำนวณค่าดัชนีความสอดคล้องและแปลผล โดยคัดเลือกข้อสอบที่มีความครอบคลุมเนื้อหาและสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ไว้จำนวน 4 ข้อ มีค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ 0.67 ขึ้นไป แสดงว่ามีความสอดคล้องกันระหว่างเนื้อหาทางคณิตศาสตร์และจุดประสงค์การเรียนรู้ กับเนื้อหาของข้อสอบ ผู้วิจัยจึงนำข้อสอบมาปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ แล้วจึงนำแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ เรื่อง รูปสี่เหลี่ยม ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ที่มีจำนวนข้อสอบทั้งหมด 4 ข้อ คะแนนเต็ม 16 คะแนน ใช้เวลาในการทดสอบ 50 นาที มาจัดรูปแบบให้สมบูรณ์เพื่อนำไปใช้เก็บรวบรวมข้อมูลกับนักเรียนที่เป็นกลุ่มเป้าหมายในการวิจัย

การดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลจากนักเรียนกลุ่มเป้าหมายด้วยแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ เรื่อง รูปสี่เหลี่ยม ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ซึ่งเป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลก่อนเรียน โดยใช้เวลาในการทดสอบ 50 นาที

2. ผู้วิจัยดำเนินการจัดการเรียนรู้กับนักเรียนกลุ่มเป้าหมายตามแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการแก้ปัญหาด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) เรื่อง รูปสี่เหลี่ยม ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 4 แผน ใช้เวลาเรียน 4 คาบเรียน คาบเรียนละ 50 นาที โดยใช้เวลาตามตารางเรียนปกติ

3. ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลจากนักเรียนกลุ่มเป้าหมายด้วยแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ เรื่อง รูปสี่เหลี่ยม ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ภายหลังจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการแก้ปัญหาด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) เรื่อง รูปสี่เหลี่ยม ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 เสร็จสิ้นลง ซึ่งเป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลหลังเรียน โดยใช้เวลาในการทดสอบ 50 นาที

4. ผู้วิจัยนำผลคะแนนจากการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนมาวิเคราะห์

การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้

การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อประเมินความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ เรื่อง รูปสี่เหลี่ยม ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ของนักเรียน เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลในเชิงปริมาณ โดยนำผลคะแนนที่เก็บรวบรวมได้มาทำการวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ เรื่อง รูปสี่เหลี่ยม ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้สถิติเชิงพรรณนา และคำนวณหาค่าร้อยละของจำนวนนักเรียนที่เป็นกลุ่มเป้าหมายไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 ของนักเรียนที่เป็นกลุ่มเป้าหมายทั้งหมดที่มีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์หลังเรียนไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม ซึ่งเป็นเกณฑ์การบรรลุเป้าหมายของการจัดการเรียนรู้

ผลการวิจัย

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ เรื่อง รูปสี่เหลี่ยม ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ที่เป็นกลุ่มเป้าหมาย ก่อนเรียนและหลังเรียน โดยนำผลคะแนนที่เก็บรวบรวมได้มาทำการวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ปรากฏผลดังตารางที่ 1 ต่อไปนี้

ตารางที่ 1 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ เรื่อง รูปสี่เหลี่ยม ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ที่เป็นกลุ่มเป้าหมาย ก่อนเรียนและหลังเรียน

ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ เรื่อง รูปสี่เหลี่ยม	จำนวนนักเรียน (คน)	คะแนนเต็ม (คะแนน)	คะแนนเฉลี่ย (คะแนน)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ก่อนเรียน	28	16	10.79	3.68
หลังเรียน	28	16	13.18	2.79

จากตารางที่ 1 พบว่า นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 มีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ เรื่อง รูปสี่เหลี่ยม ก่อนเรียน 10.79 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 3.68 และมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ เรื่อง รูปสี่เหลี่ยม หลังเรียน 13.18 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 2.79 ดังนั้น นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 มีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ เรื่อง รูปสี่เหลี่ยม หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ เรื่อง รูปสี่เหลี่ยม ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ที่เป็นกลุ่มเป้าหมาย หลังเรียนเทียบกับเกณฑ์การบรรลุเป้าหมายของการจัดการเรียนรู้ โดยนำค่าร้อยละของจำนวนนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ที่มีคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ เรื่อง รูปสี่เหลี่ยม หลังเรียนไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม ซึ่งคิดเป็นคะแนนไม่น้อยกว่า 12 คะแนน จากคะแนนเต็ม 16 คะแนน ปรากฏผลดังตารางที่ 2 ต่อไปนี้

ตารางที่ 2 คะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ เรื่อง รูปสี่เหลี่ยม ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 หลังเรียน เทียบกับเกณฑ์การบรรลุเป้าหมายของการจัดการเรียนรู้

คะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ เรื่อง รูปสี่เหลี่ยม หลังเรียน ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5	จำนวนนักเรียน (ความถี่)	ความถี่สะสม	ความถี่สะสมคิดเป็นร้อยละ
6	1	1	3.57
7	1	2	7.14
10	3	5	17.86
11	2	7	25
13	10	17	60.71
14	1	18	64.29
16	10	28	100
รวม	28		

หมายเหตุ ส่วนที่ระบายสีแสดงจำนวนนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ที่มีคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ เรื่อง รูปสี่เหลี่ยม หลังเรียน ไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม

จากตารางที่ 2 พบว่า จำนวนนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ที่มีคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ เรื่อง รูปสี่เหลี่ยม หลังเรียน ไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม มีจำนวน 21 คน (คำนวณได้จากจำนวนนักเรียนทั้งหมด 28 คน ลบด้วยจำนวนนักเรียนที่ไม่ผ่านเกณฑ์ 7 คน) ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 75 ของจำนวนนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ซึ่งเป็นกลุ่มเป้าหมาย (คำนวณได้จาก ช่วงความถี่สะสม 100 ลบด้วยช่วงความถี่สะสม 25 ในแถวแนวตั้งความถี่สะสมคิดเป็นร้อยละ) จึงมีจำนวนนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ที่มีคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ เรื่อง รูปสี่เหลี่ยม หลังเรียน ไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม มีจำนวนร้อยละ 75 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ซึ่งบรรลุเป้าหมายของการจัดการเรียนรู้ที่ได้กำหนดไว้

การอภิปรายผล

ในการดำเนินงานวิจัย เรื่อง ผลของการใช้กระบวนการแก้ปัญหาด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ที่มีต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ เรื่อง รูปสี่เหลี่ยม ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนสาธิตละออ อุทิศ นครนายก สามารถอภิปรายผลการวิจัยได้ดังนี้

จากผลการวิจัยที่พบว่า นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนโดยใช้กระบวนแก้ปัญหาด้วยวิธีการแบบเปิด มีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ เรื่อง รูปสี่เหลี่ยม หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนโดยใช้กระบวนแก้ปัญหาด้วยวิธีการแบบเปิด มีคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ เรื่อง รูปสี่เหลี่ยม หลังเรียน ไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม มีจำนวนร้อยละ 75 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ซึ่งบรรลุเป้าหมายของการจัดการเรียนรู้ที่ได้กำหนดไว้ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่าในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้เลือกใช้รูปแบบของการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนานักเรียนให้มีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ โดยใช้วิธีการแบบเปิด (Open Approach) ซึ่งมีแนวทางที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนมีบทบาทในการสร้างความรู้ด้วยตนเองผ่านการแก้ปัญหาปลายเปิด (Open Ended Problem) ที่สามารถคิดและมีวิธีการแก้ปัญหาได้หลากหลาย แนวทางดังกล่าวเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้เชื่อมโยงความรู้เดิม ประสบการณ์ และกระบวนการคิดของตนเองในการวิเคราะห์ วางแผน และแก้ปัญหาอย่างเป็นอิสระ พร้อมทั้งได้อภิปราย แลกเปลี่ยนเรียนรู้และสะท้อนแนวคิดร่วมกับเพื่อนร่วมชั้นเรียน จึงส่งผลให้ผู้เรียนมีพัฒนาการเกี่ยวกับความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ที่สูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Shimizu (1999) และ Nohda (2000) ที่กล่าวไว้ว่าการใช้สถานการณ์ปัญหาปลายเปิด จะช่วยให้นักเรียนมีอิสระในการสร้างวิธีการแก้ปัญหาตามระดับความเข้าใจของตนเองและส่งเสริมการมีปฏิสัมพันธ์ทางปัญญาระหว่างครูกับนักเรียนและนักเรียนกับนักเรียนด้วยกันเอง ซึ่งกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่ใช้ในการวิจัยนี้นำไปสู่การเรียนรู้อย่างมีความหมายจากตัวสถานการณ์ปัญหาที่มีลักษณะเปิด วิธีการแก้ปัญหาที่มีลักษณะเปิด และคำตอบของปัญหาที่มีลักษณะเปิด โดยมี 4 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นนำเสนอสถานการณ์ปัญหา ขั้นคิดแก้ปัญหาด้วยตนเอง ขั้นอภิปรายแลกเปลี่ยนความคิด และขั้นสรุปความรู้ ซึ่งผู้เรียนได้ใช้ความรู้เดิมและประสบการณ์ของตนเองในการเชื่อมโยงกับสถานการณ์ปัญหาโดยเฉพาะในเนื้อหา เรื่อง รูปสี่เหลี่ยม ซึ่งต้องอาศัยความเข้าใจเกี่ยวกับคุณสมบัติของรูปเรขาคณิต การจำแนกประเภทของรูป และการนำแนวคิดไปประยุกต์ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาในบริบทที่หลากหลาย นอกจากนี้ การใช้ปัญหาแบบปลายเปิดยังเปิดโอกาสให้ผู้เรียนสามารถเลือกวิธีการแก้ปัญหาได้หลายแนวทางตามความถนัด จึงส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถสร้างความเข้าใจได้อย่างเป็นรูปธรรม และพัฒนาทักษะการอธิบายเหตุผลผ่านการนำเสนอและแลกเปลี่ยนความคิดเห็นร่วมกับเพื่อนในชั้นเรียน ดังนั้นผลการวิจัยครั้งนี้จึงสะท้อนให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิด (Open Approach) สามารถส่งเสริมความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ เรื่อง รูปสี่เหลี่ยม ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ให้สูงขึ้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของนิลดา ชูพันธ์ (2565) ได้ศึกษา ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์เรื่องรูปสี่เหลี่ยมมุมฉาก ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ผลการวิจัยพบว่า 1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง รูปสี่เหลี่ยมมุมฉาก ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 และ 2) ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง รูปสี่เหลี่ยมมุมฉากของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Pitchayapa Moungwandee and Yannapat Seehamongkon (2568) ที่ได้ศึกษา การพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ เรื่องรูปหลายเหลี่ยม โดยการจัดการเรียนรู้แบบเปิด (Open Approach) สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ผลการวิจัยพบว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการแบบเปิดสามารถพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนได้อย่างมี

ประสิทธิภาพ นอกจากนี้ยังพบว่า นักเรียนสามารถแสดงแนวทางในการแก้ปัญหาที่หลากหลาย มีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ทั้งภายในกลุ่มและระหว่างกลุ่ม มีความมั่นใจในการแก้ปัญหาเพิ่มขึ้น และมีพัฒนาการด้านความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ที่ดีขึ้นอย่างชัดเจน

สรุปผลการวิจัย

1. นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนโดยใช้กระบวนแก้ปัญหาด้วยวิธีการแบบเปิด มีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ เรื่อง รูปสี่เหลี่ยม หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

2. นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนโดยใช้กระบวนแก้ปัญหาด้วยวิธีการแบบเปิด มีคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ เรื่อง รูปสี่เหลี่ยม หลังเรียนไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม มีจำนวนร้อยละ 75 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ซึ่งบรรลุเป้าหมายของการจัดการเรียนรู้ที่ได้กำหนดไว้

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้พัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ เรื่อง รูปสี่เหลี่ยม ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้กระบวนการแก้ปัญหาด้วยวิธีการแบบเปิด

2. เป็นแนวทางสำหรับครูผู้สอนในการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์โดยใช้กระบวนการแก้ปัญหาด้วยวิธีการแบบเปิด

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1. ในการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิด ผู้สอนควรให้ความสำคัญกับการทำความเข้าใจในการสื่อสารของผู้เรียนอย่างรอบด้าน ทั้งการสื่อสารด้วยวาจาและภาษากาย เนื่องจากผู้เรียนที่ได้ลงมือแก้ปัญหาด้วยตนเองมักมีวิธีการอธิบายหรือใช้คำศัพท์เฉพาะตามความเข้าใจของตนเอง ซึ่งอาจทำให้ผู้อื่นไม่สามารถเข้าใจแนวคิดได้อย่างชัดเจน หรือผู้เรียนบางคนอาจมีความเข้าใจในการแก้ปัญหาแต่ยังไม่สามารถเรียบเรียงคำอธิบายประกอบวิธีการแก้ปัญหาของตนเองให้ผู้อื่นเข้าใจได้ ดังนั้นผู้สอนจึงควรพยายามสังเกต ตีความ และทำความเข้าใจแนวคิดของผู้เรียนให้มากที่สุด โดยคงบทบาทเป็นผู้สนับสนุนการเรียนรู้ และหลีกเลี่ยงการแทรกแซงหรือชี้นำแนวทางการแก้ปัญหาของผู้เรียน

2. การจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิด เป็นกระบวนการที่มุ่งเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ดังนั้นผู้สอนควรหลีกเลี่ยงการอธิบายหรือบอกวิธีการแก้ปัญหาให้แก่ผู้เรียนโดยตรง และควรเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้คิดวิเคราะห์ และสร้างแนวทางการแก้ปัญหาด้วยตนเองอย่างเต็มที่ ทั้งนี้ผู้สอนควรทำหน้าที่เป็นผู้สังเกตและอำนวยความสะดวกในการการเรียนรู้ เพื่อสนับสนุนให้ผู้เรียนสามารถพัฒนากระบวนการคิด และสร้างองค์ความรู้จากประสบการณ์ของตนเอง

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรมีการศึกษาวิจัยต่อไปเกี่ยวกับผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิด ในมิติอื่นเพิ่มเติม เช่น ความคงทนในการเรียนรู้ ความมั่นใจในการแก้โจทย์ปัญหา หรือทัศนคติของผู้เรียนต่อการแก้ปัญหา เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ครอบคลุมมากยิ่งขึ้น

2. ควรมีการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการใช้กระบวนการแก้ปัญหาด้วยวิธีการแบบเปิด เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ ในเนื้อหาคณิตศาสตร์อื่นที่มีความซับซ้อนหรือเป็นเนื้อหาที่มีความยากสำหรับนักเรียนในการเรียนรู้

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อรรถศาสน์ นิมิตรพันธ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ธนพรรษ พฤกษะวัน อาจารย์นิเทศก์ และครูปิยนุช อุทจิตร์ ครูพี่เลี้ยง ที่ได้ให้คำปรึกษาและข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ต่อการวิจัย และขอบคุณนักเรียน และโรงเรียนสาธิตละอออุทิศ นครนายก ที่อำนวยความสะดวกในฐานะของแหล่งฝึกประสบการณ์วิชาชีพ และแหล่งข้อมูลในการทดลอง และเก็บรวบรวมข้อมูลของผู้วิจัย

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560). โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย: กรุงเทพฯ.

กรุณา ศรีผิวสิ่ว และญาณภัทร สีหะมงคล. (2562). การพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาและการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยใช้วิธีการแบบเปิด. วารสารการวิจัยทางการศึกษา. 14(2): 45–62.

นิลดา ชูพันธ์. (2565). ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง รูปสี่เหลี่ยมมุมฉากของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี.

พิมพันธ์ ปันแสน. (2556). การจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้วิธีการแบบเปิดเพื่อพัฒนากระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน (วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ไมตรี อินประสิทธิ์. (2547). แนวคิดการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้วิธีการแบบเปิด. ในเอกสารประกอบการอบรมครูคณิตศาสตร์. มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

วัณชญา เชิงดี. (2555). การจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้วิธีการแบบเปิด (Open Approach) (วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

สุวิชา ดวงฟู. (2560). ผลการใช้วิธีสอนแบบเปิดที่มีต่อความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ เรื่องรูปสี่เหลี่ยม ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยนเรศวร.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2560). คู่มือการใช้หลักสูตร กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560). โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย: กรุงเทพฯ.

Kamber D. and Duraković A. (2025). Effects of using open-ended problems in teaching geometry at the primary education level. International Journal of Mathematical Education in Science and Technology. 56(2): 345–362.

Moungwandee P. and Seehamongkon Y. (2025). Development of mathematical problem-solving ability on polygons using open approach for grade 6 students. Journal of Mathematics Education Research. 18(1): 55–70.

National Council of Teachers of Mathematics. (2000). Principles and Standards for School Mathematics. Reston. NCTM: The United States of America.

Nohda N. (2000). Teaching by open-ended approach method in Japanese mathematics classroom. National Institute for Educational Policy Research: Japan.

Polya G. (1957). How to solve it: A new aspect of mathematical method (2nd ed.). Princeton University Press: The United States of America.

Shimizu Y. (1999). Aspects of mathematics teacher education in Japan: Focusing on teachers' roles in the classroom. In Proceedings of the 23rd Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education (Vol. 1, pp. 107–122). PME.

Van Hiele P. M. (1986). Structure and insight: A theory of mathematics education. Academic Press: The United States of America.

ผลการของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้การโค้ชเพื่อพัฒนาศักยภาพผู้เรียน (3Es) ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาตามแนวคิด DAPIC ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

The effects of organizing mathematics learning activities by using coaching for potential developing of learner (3Es) and the DAPIC problem solving process on mathematical achievement and problem solving ability of 10th grade students

ภมรเมษย์ เลาหวิรุฬห์กุล[1*] ฐิติพร ลินิฐฏา[2] และชนิสรา เมธภัทรหิรัญ[2]
Pamornmate Laohawiroongool[1], Thitiporn Linitda[2] and Chanisara Metpattarahiran[2]

[1]กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาน้อมเกล้า กรุงเทพมหานคร*
[1]Department of Mathematics Triamudomsuksanomklao School, Bangkok*
[2]คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต กรุงเทพมหานคร
[2]Faculty of Science and Technology, Suandusit University, Bangkok
[*]Corresponding Author E-mail Address : k.bhamornmate@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งที่มีวัตถุประสงค์ คือ 1) เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้การโค้ชเพื่อพัฒนาศักยภาพผู้เรียน (3Es) ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาตามแนวคิด DAPIC ในช่วงหลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 60 2) เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้การโค้ชเพื่อพัฒนาศักยภาพผู้เรียน (3Es) ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาตามแนวคิด DAPIC ในช่วงก่อนเรียนและหลังเรียน 3) เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้การโค้ชเพื่อพัฒนาศักยภาพผู้เรียน (3Es) ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาตามแนวคิด DAPIC ในช่วงหลังเรียน กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ นักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาน้อมเกล้า ในภาเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2568 จำนวน 39 คน ผลการวิจัยพบว่า 1) คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางคณิตศาสตร์ในช่วงหลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้การโค้ชเพื่อพัฒนาศักยภาพผู้เรียน (3Es) ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาตามแนวคิด DAPIC ในช่วงหลังเรียนสูงกว่าร้อยละ 60 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 2) คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้การโค้ชเพื่อพัฒนาศักยภาพผู้เรียน (3Es) ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาตามแนวคิด DAPIC ในช่วงหลังเรียนสูงกว่าช่วงก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 3) ภาพรวมของความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้การโค้ชเพื่อพัฒนาศักยภาพผู้เรียน (3Es) ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาตามแนวคิด DAPIC มีความพึงพอใจเฉลี่ยอยู่ที่ระดับ 4.58 คะแนน อยู่ในระดับพึงพอใจมากที่สุด

คำสำคัญ: การโค้ชเพื่อพัฒนาศักยภาพผู้เรียน (3Es), การแก้ปัญหาตามแนวคิด DAPIC, ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์, ความสามารถในการแก้ปัญหา

Abstract

The purposes of this study are 1) to develop mathematical achievement of students studied by using coaching for potential developing of learner (3 Es) and the DAPIC problem solving process after learning higher than 60% of criteria, 2) to develop problem solving ability of students studied by using coaching for potential developing of learner (3 Es) and the DAPIC problem solving process after learning higher than before learning and 3) to study the satisfaction with coaching for potential developing of learner (3Es) and the DAPIC problem solving process. The subjects were tenth grade students at Triamudomsuksanomklao School in the second semester of academic year 2025. There were 39 students in this study. The results of this study revealed that 1) the mathematical achievement score of students learning by using coaching for potential developing of learner (3Es) and the DAPIC problem solving process after learning higher than 60% of criteria at .05 level of significance, 2) the problem solving ability of students studied by using coaching for potential developing of learner (3 Es) and the DAPIC problem solving process after learning higher than before learning at .05 level of significance and 3) the overall of satisfaction with coaching for potential developing of learner (3Es) and the DAPIC problem solving process is at 4.58 , considered the highest level of satisfaction.

Keywords: The coaching for potential developing of learner (3Es), The DAPIC problem solving process, Mathematical achievement, Problem solving ability.

บทนำ

จากผลการประเมิน PISA 2022 ซึ่งเน้นการประเมินสมรรถนะของนักเรียนเกี่ยวกับการใช้ ความรู้และทักษะในชีวิตจริงมากกว่าการเรียนรู้ตามหลักสูตรในโรงเรียน หรือเรียกว่า "ความฉลาดรู้" (Literacy) โดย PISA จะวัดความฉลาดรู้ด้านการอ่าน คณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ ไปพร้อมกัน พบว่า มีนักเรียนไทยร้อยละ 68 ที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์ต่ำกว่าระดับพื้นฐาน โดยด้านคณิตศาสตร์ ของ PISA มุ่งเน้นความฉลาดรู้ทางด้านคณิตศาสตร์ ประกอบด้วยคิดสถานการณ์ของปัญหา ใช้หลักการ และกระบวนการในการแก้ปัญหา ตีความและประเมินผลลัพธ์ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2566) ซึ่งการแก้ปัญหาเป็นกระบวนการที่ใช้เพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบ เพราะปัญหาคือคำถามที่ต้องการคำตอบปัญหาของคน ๆ หนึ่ง อาจจะไม่ใช่ปัญหาของอีกคนหนึ่ง ในการแก้ปัญหานักเรียนต้องวางแผน รู้จักเลือก ความคิดรวบยอด ทักษะและหลักการที่นักเรียนได้เรียนไปแล้ว มาใช้ให้เหมาะสมในการแก้ปัญหานั้น ๆ (สิริพร ทิพย์คง, 2563)

จากการสอนนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ ปีการศึกษา 2568 โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาน้อมเกล้า พบว่านักเรียนมีปัญหาด้านการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ สังเกตได้จากการถามตอบในชั้นเรียน และการให้ลงมือทำแบบฝึกหัด พบว่านักเรียนไม่สามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้ จากการสอบถามนักเรียนพบว่า นักเรียนส่วนมากไม่รู้ว่าจะเริ่มต้นการจัดการกับปัญหาอย่างไร แสดงให้เห็นว่านักเรียนขาดกระบวนการแก้ปัญหาที่ดี

จากการศึกษาค้นคว้าการจัดการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาทาง คณิตศาสตร์ของนักเรียน พบว่า แนวคิด DAPIC เป็นกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่เกิดจากการนำตัวอักษรตัวแรกขององค์ประกอบในกระบวนการแก้ปัญหามาเรียงเป็นชื่อเรียกกระบวนการเพื่อให้สื่อถึงความหมายของกระบวนการและ เพื่อให้ง่ายต่อการนำไปใช้ มีรายละเอียดดังนี้ 1) Define เป็นการทำความเข้าใจปัญหากำหนดหรือระบุปัญหาที่จะแก้ให้มีความชัดเจน 2) Access เป็นการระบุหรือเข้าถึงข้อมูลที่เกี่ยวข้องและที่จะใช้ในการแก้ปัญหา 3) Plan เป็นการหาวิธีที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา และวางแผนดำเนินงาน 4) Implement เป็นการนำแผนที่วางไว้มา ปฏิบัติพร้อมทั้งมีการปรับแผนให้ดีขึ้นและ 5) Communicate เป็นการนำผลจากการดำเนินการมาวิเคราะห์ สรุปและสื่อสาร (อัมพร ม้าคนอง, 2554)

การที่นักเรียนจะพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้ดีนั้น นอกจากการใช้การจัดกิจกรรมตามแนวคิด DAPIC แล้ว แนวทางหนึ่งที่สามารถนำมาพิจารณาเพื่อส่งเสริมและพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ คือ การปรับเปลี่ยนบทบาทของครูจากผู้สอนเป็นผู้อนวยความสะดวกในการเรียนรู้ (บุญผาย ไชยวงศ์, 2559)

ในบริบทของการศึกษายุคปัจจุบัน การเปลี่ยนแปลงของสังคม เทคโนโลยี และแหล่งความรู้ที่หลากหลาย ส่งผลให้แนวคิดการจัดการเรียนรู้เปลี่ยนจากรูปแบบเดิมที่เน้นครูเป็นศูนย์กลาง (Teacher-centered) ไปสู่การเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ (Learner-centered) โดยมีรากฐานจากแนวคิด คอนสตรัคติวิสต์ (Constructivism) ซึ่งมองว่าผู้เรียนเป็นผู้สร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองผ่านประสบการณ์ การมีปฏิสัมพันธ์ และการสะท้อนคิด (Krishna Kumar Gautam, 2024) แนวคิดดังกล่าวนำไปสู่การปรับบทบาทของครูจาก "ผู้ถ่ายทอดความรู้" ไปเป็น "ผู้อำนวยความสะดวกในการเรียนรู้" (Facilitator) โดยครูทำหน้าที่ออกแบบสถานการณ์การเรียนรู้ ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการค้นคว้า ตั้งคำถาม และแก้ปัญหา รวมถึงสนับสนุนการเรียนรู้ผ่านการทำงานร่วมกันและการให้ข้อมูลย้อนกลับอย่างสร้างสรรค์ (Didik Cahyono, 2025)

นอกจากนี้ การเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ยังเน้นทักษะสำคัญ เช่น การคิดวิเคราะห์ การสื่อสาร และการทำงานร่วมกัน ซึ่งไม่สามารถพัฒนาได้อย่างมีประสิทธิภาพผ่านการสอนแบบบรรยายเพียงอย่างเดียว จึงจำเป็นต้องใช้รูปแบบการเรียนรู้เชิงรุก (Active learning) และการเรียนรู้ผ่านประสบการณ์ โดยครูในบทบาทผู้อำนวยความสะดวกจะช่วยสร้างสภาพแวดล้อมที่เอื้อต่อการเรียนรู้ดังกล่าว (Hanneke J.H.E. Assen, 2022)

ความสำคัญของการเปลี่ยนบทบาทครูเป็นผู้อำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ สามารถสรุปได้ดังนี้ 1) ส่งเสริมการเรียนรู้เชิงลึก ผู้เรียนสามารถสร้างความเข้าใจด้วยตนเอง ไม่ใช่เพียงการจดจำ 2) พัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 เช่น การคิดเชิงวิพากษ์ การแก้ปัญหา และการทำงานเป็นทีม 3) เสริมสร้างแรงจูงใจและความรับผิดชอบในการเรียนรู้ เนื่องจากผู้เรียนมีบทบาทเป็นผู้ลงมือปฏิบัติและตัดสินใจในการเรียนรู้ของตนเอง 4) สนับสนุนการเรียนรู้ตลอดชีวิต (Lifelong learning) เพราะผู้เรียนสามารถแสวงหาความรู้ได้ด้วยตนเองอย่างต่อเนื่อง (Piergiuseppe Ellerani, 2013)

ดังนั้น การเปลี่ยนบทบาทของครูเป็นผู้อำนวยความสะดวกในการเรียนรู้จึงเป็นแนวทางสำคัญที่สอดคล้องกับการพัฒนาการศึกษาในยุคใหม่ ช่วยให้ผู้เรียนมีศักยภาพในการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงของสังคม และสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

หนึ่งในกระบวนการเปลี่ยนบทบาทของการเป็นครูสู่ผู้อำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ คือ การโค้ชเพื่อพัฒนาศักยภาพผู้เรียน (3Es) เพราะเป็นการเปลี่ยนหน้าที่บทบาทของผู้สอนให้เป็นผู้บทบาทของผู้สอนคือสร้างแรงปรารถนาแรงบันดาลใจในการเรียนรู้การชี้แนะให้ผู้เรียนมีจินตนาการสร้างสรรค์ ให้ผู้เรียนใช้ศักยภาพของตนเองในการเรียนรู้ผ่านการลงมือปฏิบัติการคิดไตร่ตรอง และสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง มีความสามารถในการปรับปรุงและพัฒนาตนเองอย่างต่อเนื่อง ประกอบด้วยองค์ประกอบสำคัญ 3 ประการได้แก่ 1) ความยึดมั่นผูกผัน (Engage) 2) การเสริมพลังการเรียนรู้ (Empower) และ 3) การสร้างความกระตือรือร้น (Enliven) (วิชัย วงษ์ใหญ่, 2567)

จากความสำคัญของปัญหาข้างต้น ผู้วิจัยจึงมีความตั้งใจที่จะพัฒนานักเรียนให้มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่เพิ่มขึ้นควบคู่กับการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยวิธีการโค้ชเพื่อพัฒนาศักยภาพผู้เรียน (3Es) ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาตามแนวคิด DAPIC เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนมีความรู้ ความสามารถทางคณิตศาสตร์และนำคณิตศาสตร์ไปใช้ในชีวิตจริงเพื่อการแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ

วัตถุประสงค์การวิจัย

1) เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้การโค้ชเพื่อพัฒนาศักยภาพผู้เรียน (3Es) ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาตามแนวคิด DAPIC ในช่วงหลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 60

2) เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้การโค้ชเพื่อพัฒนาศักยภาพผู้เรียน (3Es) ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาตามแนวคิด DAPIC ในช่วงก่อนเรียนและหลังเรียน

3) เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้การโค้ชเพื่อพัฒนาศักยภาพผู้เรียน (3Es) ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาตามแนวคิด DAPIC ในช่วงหลังเรียน

วิธีการดำเนินการวิจัย

1) การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi - Experimental Research) โดยผู้วิจัยดำเนินการทดลองตามแผนการวิจัย แบบกลุ่มเดียววัดก่อนและหลังการทดลอง (The One Group Pretest Posttest Design) ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 รูปแบบการวิจัย

กลุ่มตัวอย่าง	การทดสอบก่อนเรียน	การจัดกิจกรรมการเรียนรู้	การทดสอบหลังเรียน
E	O_1	X	O_2

E แทน กลุ่มทดลอง

X แทน การจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้การโค้ชเพื่อพัฒนาศักยภาพผู้เรียน (3Es) ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาตามแนวคิด DAPIC

O_1 แทน การทดสอบก่อนเรียน

O_2 แทน การทดสอบหลังเรียน

2. ประชากรที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาน้อมเกล้า กรุงเทพมหานคร ที่กำลังศึกษาภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2568 จำนวนทั้งสิ้น 14 ห้องเรียน จำนวน 481 คน กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/2 โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาน้อมเกล้า กรุงเทพมหานคร ที่กำลังศึกษาภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2568 จำนวน 39 คน

3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง เรขาคณิตวิเคราะห์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้การโค้ชเพื่อพัฒนาศักยภาพผู้เรียน (3Es) ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาตามแนวคิด DAPIC จำนวน 7 แผนการจัดการเรียนรู้ ได้รับการตรวจสอบคุณภาพโดยผู้ทรงคุณวุฒิในกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ จำนวน 3 ท่าน โดยใช้วิธีการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (Context Validity) ผ่านค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์ (Index of Item – Objective Congruence) ผลการประเมินพบว่ามีค่าความสอดคล้องตั้งแต่ 0.67 – 1.00 แสดงว่าแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีความเหมาะสม

4. เครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูล แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง เรขาคณิตวิเคราะห์ ฉบับหลังเรียน แบบปรนัย 4 ตัวเลือกจำนวน 10 ข้อ แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง เรขาคณิตวิเคราะห์ ฉบับก่อนเรียนและหลังเรียน แบบอัตนัยจำนวน 3 ข้อ และแบบประเมินความพึงพอใจต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้การโค้ชเพื่อพัฒนาศักยภาพผู้เรียน (3Es) ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาตามแนวคิด DAPIC ซึ่งผ่านการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (Context Validity) ผ่านค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์ (Index of Item – Objective Congruence) ผลการประเมินพบว่ามีค่าความสอดคล้องตั้งแต่ 0.67 – 1.00 แสดงว่าข้อคำถามมีความเหมาะสม หลังจากนำไปใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง พบว่า

4.1 แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง เรขาคณิตวิเคราะห์ ฉบับหลังเรียน มีค่าความเที่ยงเป็น 0.82 ค่าความยากเป็น 0.50 – 0.78 และค่าอำนาจจำแนกเป็น 0.34 – 0.89

4.2 แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง เรขาคณิตวิเคราะห์ ฉบับก่อนเรียน มีค่าความเที่ยงเป็น 0.87 ค่าความยากเป็น 0.44 – 0.81 และค่าอำนาจจำแนกเป็น 0.56 – 0.83

4.3 แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง เรขาคณิตวิเคราะห์ ฉบับหลังเรียน มีค่าความเที่ยงเป็น 0.85 ค่าความยากเป็น 0.61 – 0.72 และค่าอำนาจจำแนกเป็น 0.33 – 0.50

5. ผู้วิจัยดำเนินการเก็บข้อมูลกับกลุ่มตัวอย่างคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/2 โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาน้อมเกล้า จำนวน 39 คน ที่กำลังศึกษาภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2568 โดยมีขั้นตอนดังนี้

5.1 ปฐมนิเทศนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง ชี้แจงจุดประสงค์ ชี้แจงขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ และทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ในช่วงก่อนเรียน โดยใช้แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง เรขาคณิตวิเคราะห์ ฉบับก่อนเรียน

5.2 ดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การโค้ชเพื่อพัฒนาศักยภาพผู้เรียน (3Es) ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาตามแนวคิด DAPIC กับกลุ่มตัวอย่าง

5.3 เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ผู้วิจัยทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน โดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เรขาคณิตวิเคราะห์ ฉบับหลังเรียน ทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ในช่วงหลังเรียน โดยใช้แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง เรขาคณิตวิเคราะห์ ฉบับหลังเรียน และสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การโค้ชเพื่อพัฒนาศักยภาพผู้เรียน (3Es) ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาตามแนวคิด DAPIC โดยใช้แบบประเมินความพึงพอใจ

5.4 นำข้อมูลที่ได้ ไปวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ และนำเสนอผลการวิจัยในลำดับต่อไป

6. ผู้วิจัยดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติต่าง ๆ ดังนี้

6.1 วิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การโค้ชเพื่อพัฒนาศักยภาพผู้เรียน (3Es) ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาตามแนวคิด DAPIC ในช่วงหลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 60 ด้วยสถิติทดสอบที (t – test for one sample)

6.2 วิเคราะห์ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การโค้ชเพื่อพัฒนาศักยภาพผู้เรียน (3Es) ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาตามแนวคิด DAPIC ในช่วงก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยสถิติทดสอบที (t – test for dependent)

6.3 ศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การโค้ชเพื่อพัฒนาศักยภาพผู้เรียน (3Es) ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาตามแนวคิด DAPIC ด้วยสถิติพรรณนา

ผลการวิจัย

ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้การโค้ชเพื่อพัฒนาศักยภาพผู้เรียน (3Es) ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาตามแนวคิด DAPIC ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 สรุปผลได้ดังนี้

1. ผลการวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้การโค้ชเพื่อพัฒนาศักยภาพผู้เรียน (3Es) ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาตามแนวคิด DAPIC ในช่วงหลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 60

ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้การโค้ชเพื่อพัฒนาศักยภาพผู้เรียน (3Es) ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาตามแนวคิด DAPIC ในช่วงหลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 60 ด้วย สถิติทดสอบที (t – test for one sample) ผลปรากฏดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/2 ที่ได้รับการจัดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้การโค้ชเพื่อพัฒนาศักยภาพผู้เรียน (3Es) ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาตามแนวคิด DAPIC ในช่วงหลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 60

กลุ่มตัวอย่าง	N	คะแนนเต็ม	$\bar{X}$	s.d.	t	p
ม.4/2	39	10	7.21	2.867	2.625	0.012*

*ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 2 พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องเรขาคณิตวิเคราะห์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/2 หลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้การโค้ชเพื่อพัฒนาศักยภาพผู้เรียน (3Es) ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาตามแนวคิด DAPIC มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 7.21 คะแนนจากคะแนนเต็ม 10 คะแนน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 2.867 คะแนน แสดงว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้การโค้ชเพื่อพัฒนาศักยภาพผู้เรียน (3Es) ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาตามแนวคิด DAPIC ในช่วงหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 60 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. ผลการวิเคราะห์การเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้การโค้ชเพื่อพัฒนาศักยภาพผู้เรียน (3Es) ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาตามแนวคิด DAPIC ระหว่างช่วงก่อนเรียนและช่วงหลังเรียน

ผู้วิจัยได้วิเคราะห์คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้การโค้ชเพื่อพัฒนาศักยภาพผู้เรียน (3Es) ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาตามแนวคิด DAPIC ระหว่างช่วงก่อนเรียนและช่วงหลังเรียน ด้วยสถิติทดสอบที (t – test for dependent)) ผลปรากฏดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/2 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้การโค้ชเพื่อพัฒนาศักยภาพผู้เรียน (3Es) ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาตามแนวคิด DAPIC ระหว่างช่วงก่อนเรียนและหลังเรียน

กลุ่มตัวอย่าง	N	คะแนนเต็ม	$\bar{X}$	s.d.	t	p
ก่อนเรียน	39	18	4.90	1.569	14.203	0.00*
หลังเรียน	39	18	9.28	1.589		

*ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 3 พบว่า ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในช่วงก่อนได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้การโค้ชเพื่อพัฒนาศักยภาพผู้เรียน (3Es) ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาตามแนวคิด DAPIC มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.90 คะแนนจากคะแนนเต็ม 18 คะแนน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.569 คะแนน และในช่วงหลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้การโค้ชเพื่อพัฒนาศักยภาพผู้เรียน (3Es) ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาตามแนวคิด DAPIC มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 9.28 คะแนนจากคะแนนเต็ม 18 คะแนน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.589 คะแนน แสดงว่าความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้การโค้ชเพื่อพัฒนาศักยภาพผู้เรียน (3Es) ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาตามแนวคิด DAPIC ในช่วงหลังเรียนสูงกว่าช่วงก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. ผลการศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้การโค้ชเพื่อพัฒนาศักยภาพผู้เรียน (3Es) ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาตามแนวคิด DAPIC ในช่วงหลังเรียน

ผู้วิจัยได้ศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้การโค้ชเพื่อพัฒนาศักยภาพผู้เรียน (3Es) ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาตามแนวคิด DAPIC ในช่วงหลังเรียน ด้วยสถิติพรรณนา ผลปรากฏดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้การโค้ชเพื่อพัฒนาศักยภาพผู้เรียน (3Es) ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาตามแนวคิด DAPIC ในช่วงหลังเรียน

ลำดับ	รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ย	แปลผล
1	ในการจัดกิจกรรมในชั้นเรียนนั้นครูผู้สอนให้คำปรึกษา แนะนำ ดูแลนักเรียนในการเรียนรู้อย่างทั่วถึง	4.49	มาก
2	ในการจัดกิจกรรมในชั้นเรียนนั้นครูผู้สอนมีการใช้คำถามกับนักเรียนอยู่บ่อยครั้ง	4.67	มากที่สุด
3	ในการจัดกิจกรรมในชั้นเรียนนั้น ครูผู้สอนส่งเสริมให้นักเรียนคิดริเริ่มรู้จักวิพากษ์วิจารณ์ หรือแสดงความคิดเห็น	4.74	มากที่สุด
4	ในการจัดกิจกรรมในชั้นเรียนนั้น ครูมีการเสริมแรงโดยการให้รางวัล หรือคำชมเชย เมื่อนักเรียนบรรลุความสำเร็จจากการทำกิจกรรม	4.28	มาก
5	ในการจัดกิจกรรมในชั้นเรียนนั้นครูผู้สอนให้โอกาสนักเรียนซักถาม เมื่อเกิดข้อสงสัย	4.54	มากที่สุด
6	ในการจัดกิจกรรมในชั้นเรียนนั้นครูผู้สอนให้ความสนใจนักเรียนขณะทำกิจกรรมการเรียนรู้อย่างทั่วถึง	4.56	มากที่สุด
7	ในการจัดกิจกรรมในชั้นเรียนนั้นครูผู้สอนให้ความช่วยเหลือ อำนวยความสะดวกแก่นักเรียนในการเรียนการสอน	4.49	มาก
8	ในการจัดกิจกรรมในชั้นเรียนนั้น ครูผู้สอนประเมินผลการเรียนอย่างยุติธรรม	4.62	มากที่สุด
9	ในการจัดกิจกรรมในชั้นเรียนนั้น นักเรียนได้มีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมร่วมกับเพื่อน รวมทั้งการแสดงความคิดเห็น และการแลกเปลี่ยนเรียนรู้	4.79	มากที่สุด
10	ภาพรวมความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในหน่วยการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง เรขาคณิตวิเคราะห์	4.59	มากที่สุด
	รวม	4.58	มากที่สุด

จากตารางที่ 4 พบว่า 3 ด้านแรกที่นักเรียนมีความพึงพอใจมากที่สุดคือ 1) ด้านที่นักเรียนได้มีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมร่วมกับเพื่อน รวมทั้งการแสดงความคิดเห็น และการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ มากที่สุด โดยมีความพึงพอใจเฉลี่ยอยู่ที่ระดับ 4.79 คะแนน 2) ด้านที่ครูผู้สอนส่งเสริมให้นักเรียนคิดริเริ่มรู้จักวิพากษ์วิจารณ์ หรือแสดงความคิดเห็น โดยมีความพึงพอใจเฉลี่ยอยู่ที่ระดับ 4.74 และ 3) ด้านที่ครูผู้สอนมีการใช้คำถามกับนักเรียนอยู่บ่อยครั้ง โดยมีความพึงพอใจเฉลี่ยอยู่ที่ระดับ 4.74 และด้านที่นักเรียนมีความพึงพอใจน้อยที่สุดคือ ด้านครูมีการเสริมแรงโดยการให้รางวัล หรือคำชมเชย เมื่อนักเรียนบรรลุ

ความสำเร็จจากการทำกิจกรรม โดยมีความพึงพอใจเฉลี่ยอยู่ที่ 4.28 คะแนน โดยภาพรวมของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้การโค้ชเพื่อพัฒนาศักยภาพผู้เรียน (3Es) ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาตามแนวคิด DAPIC มีความพึงพอใจเฉลี่ยอยู่ที่ระดับ 4.58 ซึ่งแปลผลได้ว่านักเรียนมีความพึงพอใจในการจัดกิจกรรมมากที่สุด

การอภิปรายผล

จากการศึกษาผลการของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้การโค้ชเพื่อพัฒนาศักยภาพผู้เรียน (3Es) ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาตามแนวคิด DAPIC ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาคณิตศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 สรุปผลได้ดังนี้

1. คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางคณิตศาสตร์ในช่วงหลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้การโค้ชเพื่อพัฒนาศักยภาพผู้เรียน (3Es) ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาตามแนวคิด DAPIC ในช่วงหลังเรียนสูงกว่าร้อยละ 60 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้การโค้ชเพื่อพัฒนาศักยภาพผู้เรียน (3Es) ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาตามแนวคิด DAPIC ในช่วงหลังเรียนสูงกว่าช่วงก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. ภาพรวมของความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้การโค้ชเพื่อพัฒนาศักยภาพผู้เรียน (3Es) ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาตามแนวคิด DAPIC มีความพึงพอใจเฉลี่ยอยู่ที่ระดับ 4.58 คะแนน อยู่ในระดับพึงพอใจมากที่สุด

ทั้งนี้อาจมีสาเหตุมาจาก การจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้การโค้ชเพื่อพัฒนาศักยภาพผู้เรียน (3Es) มีองค์ประกอบสำคัญ 3 องค์ประกอบได้แก่ 1) ความยึดมั่นผูกพัน (Engage) ทำให้นักเรียนเกิดความสนใจ ความไว้วางใจ ดึงดูดผู้เรียน ทำให้ผู้เรียนมีส่วนร่วม มีปฏิสัมพันธ์กัน นำไปสู่ความสำเร็จในการเรียน 2) การเสริมพลังการเรียนรู้ (Empower) เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ตัดสินใจในการเรียนรู้ เสริมสร้างความเป็นตัวตนของตัวเอง กระตุ้นให้เห็นความสามารถของตนเอง เกิดการเรียนรู้และภาคภูมิใจในตนเอง และ 3) การสร้างความกระตือรือร้น (Enliven) ทำให้นักเรียนมีความท้าทาย มีแรงบันดาลใจ ในการใช้ความรู้ แลกเปลี่ยนรู้ จนประสบความสำเร็จในการเรียน สอดคล้องกับแนวคิดของ วิชัย วงษ์ใหญ่ (2567) ที่กล่าวว่าการโค้ชเพื่อพัฒนาศักยภาพผู้เรียนแบบ 3Es เป็นการใช้บทบาทของการโค้ช เช่น การสร้างความไว้วางใจ การสร้างบรรยากาศที่เอื้อต่อการเรียนรู้ และสร้างปฏิสัมพันธ์ที่ดีกับผู้เรียน เสริมสร้างกระบวนการทางความคิด เพื่อการเติบโต (Growth mindset) นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับผลการศึกษาของ จิรัชยา ประทีปโชติพร (2568) ได้ทำการศึกษาเรื่อง การพัฒนารูปแบบการสอนภาษาจีนโดยใช้กิจกรรมเป็นฐานร่วมกับการโค้ชแบบ 3Es เพื่อส่งเสริมความสามารถในการเจรจาภาษาจีนทางธุรกิจและความมั่นใจในการเจรจาธุรกิจของนักศึกษาระดับปริญญาบัณฑิต ที่แสดงให้เห็นว่า การใช้การโค้ชพัฒนาศักยภาพผู้เรียน (3Es) ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีประสิทธิผลด้านการสอนมากที่สุด ทำให้กระบวนการจัดการเรียนรู้ประสบความสำเร็จ นอกจากนี้ กระบวนการแก้ปัญหาตามแนวคิด DAPIC เป็นการส่งเสริมให้นักเรียนได้เรียนรู้การแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ เป็นลำดับขั้นตอนที่ชัดเจนเข้าใจง่าย มีการสะท้อนคิด นอกจากนี้ยังได้รับการกระตุ้นความคิดและการให้คำปรึกษาชี้แนะแนวทางการหาคำตอบผ่านการใช้คำถามของครูผู้สอน จึงส่งผลให้มีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่สูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดการแก้ปัญหาของโพลยาที่กล่าวว่า กระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์เพื่อให้นักเรียนเข้าใจปัญหาอย่างถ่องแท้นั้น ต้องการวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบและมีประสิทธิภาพ ทำให้ได้

คำตอบที่ถูกต้องหรือผลเฉลยที่เป็นเหตุเป็นผลจากการแก้ปัญหา (อัมพร ม้าคนอง, 2554) และสอดคล้องกับผลการศึกษาของ ธเนศ บุญยืน (2565) ได้ทำการศึกษาเรื่อง ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิด DAPIC ร่วมกับการใช้คำถามที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่องอัตราส่วนและร้อยละ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 พบว่า นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 60 และมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 60 แสดงให้เห็นว่ากระบวนการแก้ปัญหาตามแนวคิด DAPIC สามารถใช้ในการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้จริง

สรุปผลการวิจัย

1. คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางคณิตศาสตร์ในช่วงหลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้การโค้ชเพื่อพัฒนาศักยภาพผู้เรียน (3Es) ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาตามแนวคิด DAPIC ในช่วงหลังเรียนสูงกว่าร้อยละ 60 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้การโค้ชเพื่อพัฒนาศักยภาพผู้เรียน (3Es) ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาตามแนวคิด DAPIC ในช่วงหลังเรียนสูงกว่าช่วงก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ

3. ภาพรวมของความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้การโค้ชเพื่อพัฒนาศักยภาพผู้เรียน (3Es) ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาตามแนวคิด DAPIC มีความพึงพอใจเฉลี่ยอยู่ที่ระดับ 4.58 คะแนน อยู่ในระดับพึงพอใจมากที่สุด

ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

1. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การโค้ชเพื่อพัฒนาศักยภาพผู้เรียน (3Es) ไม่ใช่ขั้นตอน แต่เป็นหลักการผู้สอนสามารถใช้องค์ประกอบใดก่อนก็ได้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ในงานวิจัยนี้เลือกใช้ ความยึดมั่นผูกพัน (Engage) เพื่อให้นักเรียนเกิดความสงสัยใคร่รู้ในบทเรียนก่อน แล้วจึงเลือกใช้ การเสริมพลังการเรียนรู้ (Empower) เป็นลำดับถัดมาเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนสามารถสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง จากนั้นจึงใช้การสร้างความกระตือรือร้น (Enliven) เพื่อประยุกต์ใช้ความรู้ในลำดับถัดไป

2. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการแก้ปัญหาตามแนวคิด DAPIC ทำให้ผู้เรียนสามารถแก้ปัญหาได้ดีขึ้น ควรนำไปใช้ให้นักเรียนเกิดเป็นนิสัย เพื่อให้เกิดการเรียนรู้คณิตศาสตร์อย่างมีความหมาย และทำให้นักเรียนมีกระบวนการแก้ปัญหาอย่างเป็นขั้นตอน

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งถัดไป

เนื่องจากมีผลการศึกษาที่แสดงให้เห็นว่า กระบวนการแก้ปัญหาตามแนวคิด DAPIC ส่งผลให้เกิดการพัฒนาผลสัมฤทธิ์และความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ จึงควรศึกษาเพิ่มเติมว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การโค้ชเพื่อพัฒนาศักยภาพผู้เรียน (3Es) ส่งผลให้เกิดการพัฒนาผลสัมฤทธิ์และความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ จริงหรือไม่

เอกสารอ้างอิง

จิรัชยา ประทีปโชติพร. (2568). การพัฒนารูปแบบการสอนภาษาจีนโดยกิจกรรมเป็นฐานร่วมกับการโค้ชแบบ 3Es เพื่อส่งเสริมความสามารถในการเจรจาภาษาจีนทางธุรกิจและความมั่นใจในการเจรจาธุรกิจของนักศึกษาระดับปริญญา บัณฑิต. วารสารสันตยาภิวัฒน์ วัดหนองนกกด, 3(5), 343 – 362.

ธเนศ บุญยืน. (2565). ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิด DAPIC ร่วมกับการใช้คำถามที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่องอัตราส่วนและร้อยละ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1.วารสารนวัตกรรมการศึกษาและการวิจัย, 7(1), 113 – 127.

บุญผาย ไชยวงศ์. (2559). บทบาทของครูในชั้นเรียนคณิตศาสตร์ที่โรงเรียนประถมศึกษาสมบูรณ์สาธิต มหาวิทยาลัยแห่งชาติลาว. วารสารวิจัย มหาวิทยาวิทยาลัยขอนแก่น (บัณฑิตศึกษา). 4(1). 1 – 8.

วิชัย วงษ์ใหญ่. (2567). การโค้ชเพื่อพัฒนาศักยภาพผู้เรียน. (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ : จรัญสนิทวงศ์การพิมพ์.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2566). ผลการประเมิน PISA 2022 การอ่าน คณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

สิริพร ทิพย์คง. (2563). ทฤษฎีและวิธีการสอนคณิตศาสตร์. (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อัมพร ม้าคนอง. (2554). ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ : การพัฒนาเพื่อพัฒนาการ. (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

Didik Cahyono. (2025). The role of the teacher as a facilitator in the learning process: A review of educational psychology. International Journal of Teaching and Learning, 3(1), 205–212.

Hanneke J.H.E. Assen. (2022). Teachers' collective learning: To what extent do facilitators stimulate the use of social context, theory, and practice as sources for learning. Journal of Teaching and Teacher Education, 114(1).

Krishna Kumar Gautam. (2024). The concept of facilitator in constructivist teaching. Gyan Bhav: Journal of Teacher Education, 13(19).

Piergiuseppe Ellerani. (2013). The role of teachers as facilitators to develop empowering leadership and school communities supported by the method of cooperative learning. The 3rd World Conference on Learning, Teaching and Educational Leadership Procedia - Social and Behavioral Sciences 93. (2013). 12 – 17.

การส่งเสริมทักษะพื้นฐานด้านคณิตศาสตร์สำหรับเด็กปฐมวัย โดยใช้กิจกรรมเกมการศึกษา

Enhancing Basic Mathematical Skills for Young Children through Educational Game Activities

กาญจนาธิป ธาตุไพบูลย์[1*] ภักดิ์วดี วิชาชัย[1] พิชชาพร วงศ์เกดไชยกิจ[1]
สิริพร ศรเสนา[1] นิลุกมาน นิแม[1] และฉัตรทราวดี บุญถนอม[1]
Kanjanatip Thatpaiboon[1*] Phakwadee Wichachai[1] Phitchapon Wonggetchaiyakij[1]
Siripron Sonsena[1] Nilukman Nimae[1] and Chadtharawadee Boonthanom[1]

[1]คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต ศูนย์การศึกษานครนายก*
[1]Faculty of Education, Suan Dusit University, Nakhon Nayok*
[*]Corresponding Author E-mail Address : Kanjanatip2004@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาและเพื่อเปรียบเทียบทักษะพื้นฐานด้านคณิตศาสตร์ของเด็กปฐมวัยก่อนและหลังการใช้กิจกรรมเกมการศึกษา กลุ่มเป้าหมาย คือ เด็กปฐมวัยชาย-หญิง อายุระหว่าง 4-5 ปี ที่กำลังศึกษาอยู่ชั้นอนุบาลปีที่ 2 โรงเรียนวัดโพธิ์ปากพลี อำเภอปากพลี จังหวัดนครนายก ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2568 จำนวน 11 คน ได้มาโดยการเลือกแบบเจาะจง เป็นเด็กปฐมวัยที่มีปัญหาด้านคณิตศาสตร์ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แผนการจัดกิจกรรมเกมการศึกษา จำนวน 10 แผน มีค่าความเหมาะสม 2.65 ระดับดี และแบบประเมินทักษะพื้นฐานด้านคณิตศาสตร์ของเด็กปฐมวัย มีค่าความสอดคล้องทุกข้อระหว่าง 0.67-1.00 สถิติที่ใช้วิเคราะห์ข้อมูล คือ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ ผลการวิจัย พบว่า 1) ทักษะพื้นฐานด้านคณิตศาสตร์ของเด็กปฐมวัยหลังการจัดกิจกรรมเกมการศึกษามีคะแนนสูงขึ้น โดยก่อนการจัดกิจกรรมเกมการศึกษาทักษะพื้นฐานด้านคณิตศาสตร์ ภาพรวมอยู่ในระดับน้อย (μ = 1.55, σ = .11) และหลังการจัดกิจกรรมเกมการศึกษาทักษะพื้นฐานด้านคณิตศาสตร์ ภาพรวมอยู่ในระดับมาก (μ = 2.58, σ = .09) และ 2) การเปรียบเทียบคะแนนพัฒนาการทักษะพื้นฐานด้านคณิตศาสตร์ของเด็กปฐมวัยโดยใช้กิจกรรมเกมการศึกษา พบว่า โดยภาพรวมเด็กปฐมวัยมีคะแนนพัฒนาการ 69.02 อยู่ในระดับสูง

คำสำคัญ: ทักษะพื้นฐานด้านคณิตศาสตร์ / กิจกรรมเกมการศึกษา / เด็กปฐมวัย

Abstract

This research aimed to study and compare the basic mathematics skills of young children before and after participating in educational game activities. The target group consisted of 11 male and female young children aged 4–5 years who were studying in Kindergarten Level 2 at Wat Pho Pak Phli School during the second semester of the 2025 academic year. The participants were selected through purposive sampling

and were young children who had problems in mathematics skills. The research instruments consisted of 10 educational game activity plans, which had a suitability score of 2.65 at a good level, and a basic mathematics skills assessment form for young children, with item-objective congruence values ranging from 0.67 to 1.00. The statistics used for data analysis were mean, standard deviation, and relative gain scores. The results of the study revealed that : 1) The young children's basic mathematics skills after participating in the educational game activities were higher than before the activities. Before participating in the educational game activities, the overall mathematics skill level was at a low level (μ = 1.55, σ = .11), whereas after participating in the activities, the overall mathematics skill level was at a high level (μ = 2.58, σ = .09). and 2) The comparison of the young children's developmental scores in basic mathematics skills through educational game activities showed that the overall developmental score was 69.02, which was considered to be at a high level.

Keywords: Basic Mathematical Skills / Educational Game Activities / Young Children

บทนำ

เด็กปฐมวัย อายุระหว่าง 3-6 ปี เป็นวัยที่เรียนรู้สิ่งต่างๆ จากการมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมผ่านการเล่น และมีพัฒนาการด้านต่าง ๆ ก้าวหน้าขึ้นมาก เริ่มมีสังคมกว้างขึ้นจากเดิมที่อยู่กับพ่อแม่เป็นหลัก เพิ่มการอยู่ร่วมกับครูและเพื่อนที่โรงเรียน ดังนั้นครูจึงเป็นอีกบุคคลหนึ่งที่มีความสำคัญในการส่งเสริม พัฒนาการเด็กวัยนี้นอกเหนือจากพ่อแม่หรือบุคคลใกล้ชิดในครอบครัว ซึ่งเด็กในช่วงวัยนี้เริ่มมีจินตนาการและมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์อยากรู้อยากเห็น กระตือรือร้น สามารถแยกแยะความแตกต่างของสิ่งต่าง ๆจัดกลุ่มของสัตว์และ รูปทรง มีความคิดรวบยอดด้านพื้นฐานจำนวนและตัวเลข เด็กวัยนี้จะแก้ปัญหาต่าง ๆ ตามสิ่งที่รับรู้และจินตนาการของตนเอง โดยยังไม่รู้จักคิดไตร่ตรองอย่างรอบด้าน การแก้ปัญหาของเขาจึงเป็นแบบลองผิดลองถูก และเรียนรู้จากผลของการกระทำ ดังนั้นหากพ่อแม่หรือครูสนับสนุนและให้โอกาสเด็กได้ทดลองแก้ปัญหาด้วยตนเอง โดยคอยให้คำแนะนำ ชมเชยเมื่อเด็กทำสำเร็จ ให้กำลังใจเมื่อทำ ผิดพลาด พร้อมทั้งช่วยชี้แนะวิธีแก้ไขข้อผิดพลาดจะช่วยให้เด็กเติบโตเป็นคนกล้าคิดกล้าทดลองทำ มีความคิดสร้างสรรค์และไม่เกรงกลัวต่อปัญหารวมทั้งเกิดความภาคภูมิใจในตนเองเมื่อสามารถเอาชนะปัญหาต่าง ๆ ได้ แต่ในทางกลับกันหากผู้ใหญ่ไม่เปิดโอกาสให้เด็กหัดทำสิ่งต่าง ๆ หรือคอยตำหนิห้าม เข้มงวด หรือลงโทษมากเกินไป จะเป็นการหยุดยั้งการแสดงออก ทำให้เด็กกลายเป็นคนไม่มั่นใจไม่กล้าตัดสินใจ และส่งผลเสียต่อการเรียนรู้ในขั้นต่อไปของเด็ก จากที่กล่าวมาข้างต้นเด็กในวัยดังกล่าวสามารถเรียนรู้คณิตศาสตร์ผ่านการเล่น การใช้ชีวิตประจำวัน และสิ่งรอบตัวของเด็ก (วินัดดา ปิยะศิลป์, 2560)

คณิตศาสตร์มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการพัฒนาความคิด ทำให้มนุษย์คิดอย่างมีเหตุผลเป็นระบบ มีแบบแผน ตลอดจนมีการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และสามารถวิเคราะห์ปัญหาหรือสถานการณ์ได้อย่างรอบคอบ ช่วยให้คาดการณ์วางแผนแก้ปัญหาและนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างเหมาะสม นอกจากนี้ยังเป็นเครื่องมือในการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและศาสตร์อื่น ๆเด็กปฐมวัยเป็นวัยแห่งการเริ่มต้น เรียนรู้มีความอยากรู้อยากเห็น ช่างสังเกต ชอบเล่น และสำรวจสิ่ง ต่าง ๆ รอบตัวเมื่อได้เรียนคณิตศาสตร์เด็ก ๆ จะมีความรู้ความเข้าใจในธรรมชาติและสิ่งต่าง ๆ รอบตัว มีทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์และมี เจตคติที่ดีต่อคณิตศาสตร์ซึ่งไม่เพียงส่งผลให้เด็กประสบความสำเร็จในการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์เท่านั้น

แต่ยังส่งผลต่อการ เรียนรู้ในศาสตร์อื่น ๆ คณิตศาสตร์จึงมีบทบาทสำคัญ ทั้งในการเรียนรู้และมีประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิต (ขณิษฐา บุญนาค, 2562) ซึ่งสอดคล้องกับ (สุภาวิณี ลายบัว, 2559) ที่กล่าวว่าเกมการศึกษาสำหรับเด็กปฐมวัยเป็นนวัตกรรมที่ช่วยปรับปรุงแก้ไขปัญหาการเตรียมความพร้อมคณิตศาสตร์เพื่อให้การจัดประสบการณ์การเรียนการสอนของครูบรรลุวัตถุประสงค์

แม้จะมีการยอมรับอย่างแพร่หลายว่าคณิตศาสตร์และเกมการศึกษามีความสำคัญต่อเด็กปฐมวัย ทว่าจากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องในปัจจุบัน พบว่า งานวิจัยส่วนใหญ่มักมุ่งเน้นการส่งเสริมทักษะทางคณิตศาสตร์ของเด็กปฐมวัยในภาพรวมกว้าง ๆ โดยขาดการเจาะลึกในเนื้อหาเฉพาะทาง อีกทั้งยังมีงานวิจัยจำนวนน้อยที่ศึกษาการใช้กิจกรรมเกมการศึกษาเพื่อพัฒนาความคิดรวบยอดด้านจำนวนและตัวเลขโดยตรง (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560; ปนัดดา แสงทอง และคณะ, 2565)

นอกจากนี้ งานวิจัยเกี่ยวกับการพัฒนาทักษะคณิตศาสตร์ผ่านเกมการศึกษาส่วนใหญ่มักเลือกศึกษาในโรงเรียนขนาดใหญ่หรือโรงเรียนที่มีความพร้อมสูง ส่งผลให้เกิดข้อจำกัดในการนำผลการวิจัยไปปรับใช้กับบริบทของโรงเรียนขนาดเล็ก ซึ่งมักเผชิญปัญหาเฉพาะตัวที่แตกต่างออกไป ทั้งในด้านความจำกัดของสื่อการเรียนรู้ที่เอื้อต่อการคิดรวบยอด และจำนวนบุคลากร (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน, 2562) การขาดแคลนงานวิจัยที่มุ่งเน้นกลุ่มเป้าหมายในโรงเรียนขนาดเล็กนี้ จึงถือเป็นช่องว่างทางวิชาการ (Research Gap) ที่จำเป็นต้องได้รับการศึกษาเพื่อสร้างองค์ความรู้ที่สอดคล้องกับสภาพความเป็นจริง

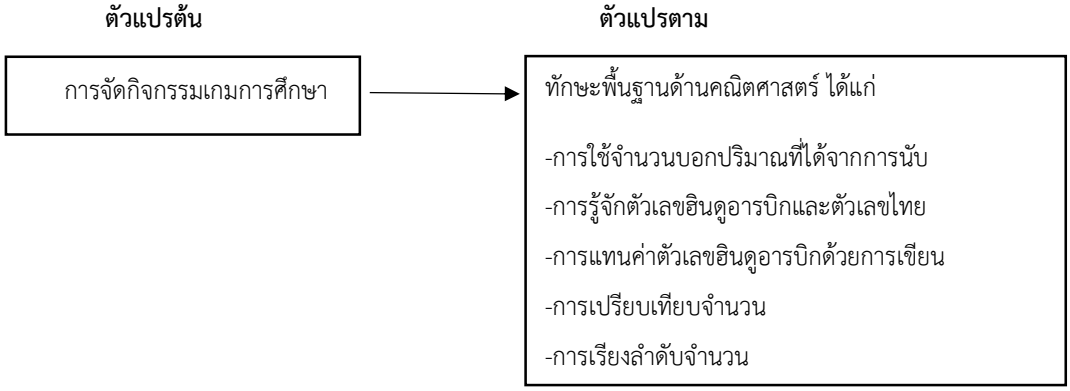
จากสภาพปัญหาในปัจจุบันที่พบว่า เด็กปฐมวัยบางส่วนยังขาดทักษะพื้นฐานด้านการนับ การเปรียบเทียบจำนวน และการจดจำตัวเลข ซึ่งเป็นสิ่งสะท้อนให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้อาจยังไม่สอดคล้องกับธรรมชาติของเด็กอย่างแท้จริง หากละเลยปัญหานี้ไป ย่อมส่งผลกระทบโดยตรงต่อการเรียนรู้คณิตศาสตร์และการคิดขั้นสูงในระดับชั้นที่สูงขึ้น (วิมาดา ชนะวัฒนานนท์, 2564) ดังนั้น การพัฒนากิจกรรมเกมการศึกษาที่เหมาะสมกับวัย เข้าถึงง่าย และออกแบบมาเพื่อแก้ปัญหาเฉพาะบริบทเชิงพื้นที่จึงเป็นสิ่งจำเป็นเร่งด่วน

ด้วยเหตุผลและความสำคัญดังกล่าว คณะผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาและพัฒนาทักษะพื้นฐานคณิตศาสตร์ของเด็กระดับชั้นอนุบาลปีที่ 2 โรงเรียนวัดโพธิ์ปากพลี โดยใช้กิจกรรมเกมการศึกษา เพื่อเป็นแนวทางในการแก้ไขปัญหาและยกระดับความสามารถในการคิดรวบยอดด้านจำนวนและตัวเลข อันจะเป็นรากฐานสำคัญในการพัฒนาศักยภาพทางการเรียนรู้ของเด็กปฐมวัยอย่างยั่งยืนต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาทักษะพื้นฐานด้านคณิตศาสตร์ของเด็กปฐมวัยก่อนและหลังจากที่ได้รับการจัดกิจกรรมเกมการศึกษา
2. เพื่อเปรียบเทียบทักษะพื้นฐานด้านคณิตศาสตร์ของเด็กปฐมวัยก่อนและหลังจากที่ได้รับการจัดกิจกรรมเกมการศึกษา

กรอบแนวคิดในการวิจัย



รูปที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

วิธีดำเนินการวิจัย

1. กลุ่มเป้าหมาย

กลุ่มเป้าหมาย หมายถึง เด็กปฐมวัยชาย-หญิง อายุระหว่าง 4-5 ปี ที่กำลังศึกษาอยู่ชั้นอนุบาลปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2568 จำนวน 11 คน ได้มาโดยการเลือกแบบเจาะจง เป็นเด็กปฐมวัยที่มีปัญหาด้านคณิตศาสตร์

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยและการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

2.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย

1) แผนการจัดกิจกรรมเกมการศึกษา

2) แบบประเมินทักษะพื้นฐานด้านคณิตศาสตร์ของเด็กปฐมวัย

2.2 การสร้างและหาคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การสร้างและการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามลำดับขั้นตอน ดังนี้

1) ศึกษาคู่มือกรอบมาตรฐานการเรียนรู้คณิตศาสตร์ปฐมวัย ตามหลักสูตรการศึกษาปฐมวัย พุทธศักราช 2546

2) กำหนดประเด็นปัญหาและกำหนดกรอบแนวคิด

2.1) สร้างแผนการจัดกิจกรรมเกมการศึกษา จำนวน 10 แผน โดยการจัดกิจกรรมเกมการศึกษานี้ จัดทั้งหมด 10 ครั้ง ใช้เวลาในการจัดกิจกรรม 1 สัปดาห์ ครั้งละ 45 นาที ในกิจกรรมเกมการศึกษา โดยกำหนดรูปแบบของแต่ละแผน ประกอบด้วย ชื่อกิจกรรม จุดมุ่งหมายของกิจกรรม วิธีดำเนินการกิจกรรม สื่อและแหล่งการเรียนรู้ และการประเมินผล จากนั้นให้ผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่านตรวจสอบ ผลการประเมินของแผน 2.65 มีค่าความเหมาะสมระดับดี โดยมีเกณฑ์ 3 ระดับ ดังนี้ 2.34 – 3.00 เหมาะสมระดับดี 1.67 -2.33 เหมาะสมระดับปานกลาง 1.00 – 1.66 ปรับปรุง จากนั้นปรับปรุงแผนการจัดกิจกรรมเกมการศึกษาตามที่ผู้เชี่ยวชาญได้ให้ข้อเสนอแนะ นำแผนการจัดกิจกรรมเกมการศึกษาที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วนำไปทดลองกับกลุ่มเป้าหมาย

2.2) การสร้างแบบประเมินทักษะพื้นฐานด้านคณิตศาสตร์ของเด็กปฐมวัย แบ่งออกเป็น 2 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของเด็กปฐมวัย จำนวน 4 ข้อ ประกอบด้วย ชื่อ - นามสกุล อายุ ระดับชั้น วันเดือนปีที่สังเกต มีลักษณะเป็นแบบตรวจสอบรายการ

ตอนที่ 2 ทักษะพื้นฐานด้านคณิตศาสตร์ของเด็กปฐมวัยเป็นแบบประเมินมาตราส่วน ประมาณค่า 3 ระดับ เกี่ยวกับทักษะพื้นฐานด้านคณิตศาสตร์ของเด็กปฐมวัย ประกอบด้วย การใช้จำนวนบอกปริมาณที่ได้จากการนับ การรู้จักตัวเลขฮินดูอารบิกและตัวเลขไทย การแทนค่าตัวเลขฮินดูอารบิกด้วยการเขียน การเปรียบเทียบจำนวน การเรียงลำดับจำนวน

การตรวจสอบคุณภาพของแบบประเมินทักษะพื้นฐานด้านคณิตศาสตร์ของเด็กปฐมวัย โดยนำแบบประเมินให้ผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่านตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) เพื่อพิจารณาความเหมาะสมของเนื้อหาและความสอดคล้องตามนิยามของตัวแปรพบว่า มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC : Index of Item Objective Congruence) = 0.67 – 1.00 ถือเป็นค่าที่ยอมรับได้ทุกข้อ

จากนั้นปรับปรุงแบบประเมินตามที่ผู้เชี่ยวชาญได้ให้ข้อเสนอแนะ นำแบบประเมินที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วนำไปทดลองกับกลุ่มเป้าหมาย

วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยดำเนินการวิจัยตั้งแต่ช่วงเดือน มกราคม 2569 ดำเนินการจัดกิจกรรมทั้งหมด 10 กิจกรรม กิจกรรมละ 1 ครั้ง ตามแผนการจัดประสบการณ์ รวมเป็นจำนวน 10 ครั้ง โดยเก็บรวบรวมการวิจัยทุกวัน ครั้งละ 45 นาที จำนวน 1 สัปดาห์ ในแต่ละครั้งใช้เครื่องมือแบบประเมินค่าทักษะพื้นฐานทางคณิตศาสตร์ ในช่วงก่อนกิจกรรม และหลังกิจกรรม โดยผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง ดังตารางที่ 1

ครั้งที่	รายการ	รูป
1	ประเมินการส่งเสริมทักษะด้านคณิตศาสตร์สำหรับเด็กปฐมวัย**ก่อนการทดลอง**	
	กิจกรรมนับจำนวนแอปเปิล และ จับคู่ ตัวเลข 1-10	

ครั้งที่	รายการ	รูป
2	กิจกรรมนับเมล็ดแอปเปิล จับคู่ตัวเลขให้ตรงจำนวน	
3	กิจกรรมเรียนรู้เลขอารบิก	
4	กิจกรรมเรียนรู้เลขไทย	

ครั้งที่	รายการ	รูป
5	กิจกรรมแทนค่าจำนวนผลไม้ ด้วยการเขียน ตัวเลข 1-10	
6	กิจกรรมแทนค่าจำนวนกล้วย ด้วยการเขียน ตัวเลข 1-10	
7	กิจกรรมการนับและการเปรียบเทียบจำนวนผลไม้	

ครั้งที่	รายการ	รูป
8	กิจกรรมผีเสื้อแสนรู้ เท่ากับ - ไม่เท่ากับ	
9	กิจกรรมเรียงลำดับจำนวนผลไม้จากน้อยไปมาก	
10	กิจกรรมเรียงลำดับจำนวน 1 – 10	

ประเมินการส่งเสริมทักษะด้านคณิตศาสตร์สำหรับเด็กปฐมวัย**หลังการทดลอง**

1. การวิจัยครั้งนี้เป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยแบบสังเกตพฤติกรรมเด็กที่มีปัญหาทักษะด้านคณิตศาสตร์ก่อนและหลังการจัดกิจกรรมพัฒนาทักษะการส่งเสริมทักษะด้านคณิตศาสตร์สำหรับเด็กปฐมวัยโดยใช้กิจกรรมเกมการศึกษา ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มประชากรซึ่งเป็นเด็กปฐมวัยชั้นอนุบาล 2 โรงเรียนวัดโพธ์ปากพลี อำเภอปากพลี จังหวัดนครนายก จำนวน 11 คน

2. สังเกตพฤติกรรมตามรายการเครื่องมือวิจัยด้วยการประเมินให้คะแนนพฤติกรรม โดยมีแบ่งระดับการให้คะแนนออกเป็น 3 ระดับ คือ 1 – 3 คะแนน ซึ่งผู้วิจัยเป็นผู้สังเกตพฤติกรรมและลงคะแนนตามพฤติกรรมที่พบเห็น

สำหรับแบบประเมิน เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 3 ระดับ ผู้วิจัยได้กำหนดเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้

ระดับพฤติกรรม	คะแนน
มาก	3
ปานกลาง	2
น้อย	1

การแปลความหมายของคะแนนพัฒนาการ ผู้วิจัยใช้เกณฑ์การแบ่งเป็น 3 ช่วงชั้น เท่าๆ กัน ดังนี้

ช่วงคะแนน	ระดับพัฒนาการ
2.34 – 3.00	มาก
1.67 – 2.33	ปานกลาง
1.00 – 1.66	น้อย

การแปลความหมายของคะแนนพัฒนาการ ผู้วิจัยใช้เกณฑ์การแบ่งเป็น 3 ช่วงชั้น เท่าๆ กัน ดังนี้

ช่วงคะแนน	ระดับพัฒนาการ
66.67 – 100.00	พัฒนาการระดับสูง
33.34 – 66.66	พัฒนาการระดับปานกลาง
00.00 – 33.33	พัฒนาการระดับต้น

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. ใช้สถิติพื้นฐาน ได้แก่ ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ความถี่ การแจกแจงความถี่ เป็นการแสดงค่าความถี่ของข้อมูลที่เก็บมาได้ โดยแสดงเป็นจำนวนและร้อยละ (%)

2. วิเคราะห์การเปรียบเทียบทักษะการสร้างเครื่องมือวัดผลของเด็กปฐมวัย ก่อนและหลังการจัดกิจกรรมเกมการศึกษา โดยการใช้การเปรียบเทียบคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ (Relative gain score) โดยมีสูตรในการคำนวณ ดังนี้

$$\text{GS (\%)} = \frac{(Y-X)}{(F-X)} \times 100$$

เมื่อ GS (%) = คะแนนร้อยละของพัฒนาการของผู้เรียน (Development Score or Gain Score) (คิดเป็นร้อยละ)

X = คะแนนวัดครั้งก่อน

Y = คะแนนวัดครั้งหลัง

F = คะแนนเต็ม

ผลการวิจัย

ตอนที่ 1 ผลวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น (เพศ อายุ)

กลุ่มเป้าหมายเป็นเพศชาย จำนวน 6 คน คิดเป็นร้อยละ 54.55 รองลงมาเพศหญิง จำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 45.45 อายุส่วนใหญ่ 5 ปี จำนวน 11 คน คิดเป็นร้อยละ 100 แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น (เพศ อายุ)

ข้อมูลทั่วไปของนักเรียน	จำนวน (คน)	ร้อยละ
เพศ		
ชาย	6	54.55
หญิง	5	45.45
รวม	11	100
อายุ		
5 ปี	11	100
6 ปี	-	-
รวม	11	100

ตอนที่ 2 ค่าเฉลี่ยและความเบี่ยงเบนมาตรฐานก่อนและหลังการจัดกิจกรรมเกมการศึกษาทักษะพื้นฐานด้านคณิตศาสตร์

การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยและความเบี่ยงเบนมาตรฐานก่อนและหลังการจัดกิจกรรมเกมการศึกษาทักษะพื้นฐานด้านคณิตศาสตร์ของเด็กปฐมวัย พบว่า ก่อนการจัดกิจกรรมเกมการศึกษาทักษะพื้นฐานด้านคณิตศาสตร์ ภาพรวมอยู่ในระดับน้อย (μ = 1.55, σ = .11) และหลังการจัดกิจกรรมเกมการศึกษาทักษะพื้นฐานด้านคณิตศาสตร์ ภาพรวมอยู่ในระดับมาก (μ = 2.58, σ = .09) แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ยและความเบี่ยงเบนมาตรฐานก่อนและหลังการจัดกิจกรรมเกมการศึกษาทักษะพื้นฐานด้านคณิตศาสตร์

การส่งเสริมทักษะด้านคณิตศาสตร์สำหรับเด็กปฐมวัย ก่อนและหลัง การใช้กิจกรรมเกมการศึกษาทักษะด้านคณิตศาสตร์ 5 ทักษะ	ก่อนการจัดกิจกรรมเกมการศึกษาทักษะพื้นฐานด้านคณิตศาสตร์ 5 ทักษะ			หลังการจัดกิจกรรมเกมการศึกษาทักษะพื้นฐานด้านคณิตศาสตร์ 5 ทักษะ		
	μ	σ	ระดับพฤติกรรม	μ	σ	ระดับพฤติกรรม
การใช้จำนวนบอกปริมาณที่ได้จากการนับ						
1. เด็กสามารถเด็กนับจำนวนแอปเปิลจากภาพได้	2.45	0.68	มาก	2.81	0.40	มาก
2. เด็กสามารถเลือกจำนวนตัวเลขได้ตรงตามจำนวนผลแอปเปิลได้	2.00	0.77	ปานกลาง	2.72	0.46	มาก
3. เด็กสามารถนับจำนวนเมล็ดแอปเปิลที่ครูกำหนดให้ได้	2.18	0.87	ปานกลาง	2.72	0.46	มาก
4. เด็กสามารถนับจำนวนเมล็ดแอปเปิลและพูดบอกจำนวนตัวเลขออกมาได้	2.36	0.92	มาก	2.90	0.30	มาก
5. เด็กสามารถนับและรู้ค่าของจำนวนตัวเลข 1–10 กับภาพจำนวนผลเมล็ดแอปเปิลได้	2.00	0.89	ปานกลาง	2.72	0.46	มาก
การรู้จักตัวเลขฮินดูอารบิกและตัวเลขไทย						
1. เด็กสามารถอ่านตัวเลขฮินดูอารบิก 1–10 ได้ถูกต้อง	2.00	0.89	ปานกลาง	2.54	0.68	มาก
2. เด็กสามารถเลื่อนสัตว์ได้ถูกต้องตามจำนวนที่ได้	2.18	0.87	ปานกลาง	2.54	0.52	มาก
3. เด็กสามารถอ่านตัวเลขไทย ๑-๑๐ ได้ถูกต้อง	1.45	0.68	น้อย	2.09	0.30	ปานกลาง
4. เด็กสามารถนับจำนวนผลไม้ที่ปรากฏบนบัตรได้ถูกต้อง	2.00	0.89	ปานกลาง	2.72	0.64	มาก

การส่งเสริมทักษะด้านคณิตศาสตร์สำหรับเด็กปฐมวัย ก่อนและหลัง การใช้กิจกรรมเกมการศึกษาทักษะด้านคณิตศาสตร์ 5 ทักษะ	ก่อนการจัดกิจกรรมเกมการศึกษาทักษะพื้นฐานด้านคณิตศาสตร์ 5 ทักษะ			หลังการจัดกิจกรรมเกมการศึกษาทักษะพื้นฐานด้านคณิตศาสตร์ 5 ทักษะ		
	μ	σ	ระดับพฤติกรรม	μ	σ	ระดับพฤติกรรม
5. เด็กสามารถวางบัตรผลไม้ได้ตรงตามจำนวนตัวเลขไทยได้ถูกต้อง	1.18	0.60	น้อย	2.45	0.52	มาก
การแทนค่าตัวเลขฮินดูอารบิกด้วยการ						
1. เด็กสามารถระบุตัวเลขฮินดูอารบิก 1 ถึง 10 ของจำนวนผลไม้ได้เป็นทิศทางที่ถูกต้อง ไม่กลับด้าน	1.63	0.67	น้อย	2.63	0.67	มาก
2. เด็กสามารถการแทนค่าด้วยการเขียนตัวเลขตามภาพผลไม้ได้ครบถ้วน	1.18	0.60	น้อย	2.27	0.64	ปานกลาง
3. เด็กสามารถการแทนค่าด้วยการเขียนตัวเลขและหยิบผลไม้ได้ตามจำนวนที่เขียนได้	1.27	0.64	น้อย	2.54	0.52	มาก
4. เด็กสามารถแก้ไขการเขียนตัวเลขของตนเองเมื่อได้รับคำแนะนำจากครู	1.18	0.60	น้อย	2.81	00.40	มาก
5. เด็กสามารถเขียนตัวเลขให้สัมพันธ์กับผลไม้ที่หยิบใส่ตะกร้าในแต่ละครั้งได้	1.18	0.60	น้อย	2.54	0.52	มาก
การเปรียบเทียบจำนวน						
1. เด็กสามารถเปรียบเทียบความแตกต่างของจำนวนผลไม้ทั้งสองกลุ่มได้	1.27	0.64	น้อย	2.63	0.50	มาก

การส่งเสริมทักษะด้านคณิตศาสตร์สำหรับเด็กปฐมวัย ก่อนและหลัง การใช้กิจกรรมเกมการศึกษาทักษะด้านคณิตศาสตร์ 5 ทักษะ	ก่อนการจัดกิจกรรมเกมการศึกษาทักษะพื้นฐานด้านคณิตศาสตร์ 5 ทักษะ			หลังการจัดกิจกรรมเกมการศึกษาทักษะพื้นฐานด้านคณิตศาสตร์ 5 ทักษะ		
	μ	σ	ระดับพฤติกรรม	μ	σ	ระดับพฤติกรรม
2. เด็กสามารถบอกจำนวนผลไม้ในแต่ละกลุ่ม เท่ากัน หรือ ไม่เท่ากันได้	1.18	0.60	น้อย	2.54	0.52	มาก
3. เด็กสามารถใช้สัญลักษณ์เลือกจำนวนผล เท่ากัน หรือ ไม่เท่ากันได้	1.18	0.60	น้อย	2.18	0.40	ปานกลาง
4. เด็กสามารถบอกจำนวนไม้ในแต่ละกลุ่ม น้อยกว่า หรือ มากกว่าได้	1.27	0.64	น้อย	2.72	0.46	มาก
5. เด็กสามารถใช้สัญลักษณ์เลือกจำนวนผลไม้ มากกว่า หรือ น้อยกว่าได้	1.27	0.64	น้อย	2.54	0.52	มาก
การเรียงลำดับจำนวน						
1.เด็กสามารถบอกอันดับของผลไม้จากน้อยไปมากได้อย่างน้อย 3 อันดับ	1.54	0.68	น้อย	2.81	0.40	มาก
2.เด็กสามารถเลือกตัวเลขตรงกับจำนวนผลไม้ที่นับได้	1.18	0.60	น้อย	2.54	.52	มาก
3.เด็กสามารถเรียงลำดับจำนวน 1–10 จากน้อยไปมากได้ถูกต้อง	1.36	0.67	น้อย	2.72	0.46	มาก
4.เด็กสามารถวางผลไม้ให้ตรงกับลำดับจำนวนที่กำหนด โดยไม่ข้ามลำดับ	1.18	0.60	น้อย	2.18	0.40	ปานกลาง
5.เด็กสามารถเรียงลำดับผลไม้ตามลำดับจำนวนจากมากไปน้อยได้ถูกต้อง	1.18	0.60	น้อย	2.63	0.50	มาก
ภาพรวม	1.55	0.11	น้อย	2.58	0.09	มาก

ตอนที่ 3 การเปรียบเทียบทักษะพื้นฐานด้านคณิตศาสตร์ก่อนและหลังการสอนโดยใช้กิจกรรมเกมการศึกษาทักษะพื้นฐานด้านคณิตศาสตร์

การเปรียบเทียบทักษะพื้นฐานด้านคณิตศาสตร์ ก่อนและหลังการสอนโดยใช้กิจกรรมเกมการศึกษาทักษะพื้นฐานด้านคณิตศาสตร์ พบว่า ผลการทดสอบความสามารถในการทำกิจกรรมเกมการศึกษาทักษะพื้นฐานด้านคณิตศาสตร์ จากคะแนนเต็ม 75 คะแนน โดยคะแนนความสามารถในการวิจัยก่อนการเรียนรู้กิจกรรมเกมการศึกษาทักษะพื้นฐานด้านคณิตศาสตร์ของเด็กปฐมวัย มีคะแนนรวม 428 คะแนน และมีค่าเฉลี่ย 38.90 ส่วนคะแนนความสามารถในการวิจัยหลังการเรียนรู้กิจกรรมเกมการศึกษาทักษะพื้นฐานด้านคณิตศาสตร์ของเด็กปฐมวัย มีคะแนนรวม 711 คะแนน และมีค่าเฉลี่ย 64.63 โดยภาพรวมเด็กปฐมวัยมีร้อยละของคะแนนพัฒนาการ 69.02 อยู่ในระดับสูง แสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 การเปรียบเทียบทักษะพื้นฐานด้านคณิตศาสตร์ ก่อนและหลังการสอนโดยใช้กิจกรรมเกมการศึกษาทักษะพื้นฐานด้านคณิตศาสตร์

	คะแนนก่อน	คะแนนหลัง	ร้อยละของคะแนนพัฒนาการ	ระดับพัฒนาการ
1	46	67	75.33	ระดับสูง
2	40	70	73.33	ระดับสูง
3	70	74	96.00	ระดับสูง
4	35	63	65.33	ระดับปานกลาง
5	36	63	66.00	ระดับปานกลาง
6	31	52	55.33	ระดับปานกลาง
7	38	70	72.00	ระดับสูง
8	30	64	62.66	ระดับปานกลาง
9	30	54	56.00	ระดับปานกลาง
10	39	71	73.33	ระดับสูง
11	33	63	64.00	ระดับปานกลาง
คะแนนรวม	428	711	69.02	ระดับสูง
ค่าเฉลี่ย	38.90	64.63		
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	11.39	6.87	11.22	

การอภิปรายผล

1. การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยและความเบี่ยงเบนมาตรฐานก่อนและหลังการจัดกิจกรรมเกมการศึกษาทักษะพื้นฐานด้านคณิตศาสตร์ของเด็กปฐมวัย พบว่า ก่อนการจัดกิจกรรมเกมการศึกษาทักษะพื้นฐานด้านคณิตศาสตร์ ภาพรวมอยู่ในระดับน้อย (μ = 1.55, σ = .11) และหลังการจัดกิจกรรมเกมการศึกษาทักษะพื้นฐานด้านคณิตศาสตร์ ภาพรวมอยู่ในระดับมาก (μ = 2.58, σ = .09) เมื่อเปรียบเทียบก่อนและหลัง ทักษะพื้นฐานด้านคณิตศาสตร์ของเด็กปฐมวัยหลังการจัดกิจกรรมเกมการศึกษามีคะแนนสูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ สุภานัน สุขหล่อ (2565)) ที่ได้ศึกษาการพัฒนาทักษะทางคณิตศาสตร์สำหรับเด็กปฐมวัย โดยใช้เกมการศึกษา เพื่อเปรียบทักษะคณิตศาสตร์สำหรับเด็กปฐมวัย ก่อนและหลังการจัดกิจกรรมเกมการศึกษา กลุ่มตัวอย่าง คือ เด็กปฐมวัย ชาย-หญิง อายุ 4-5 ปี ที่กำลังศึกษาอยู่ชั้นอนุบาล 3 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2565 ของโรงเรียนบ้านท่าข้ามสามัคคี จำนวน 9 คน ได้มาโดยวิธีการเลือกแบบเจาะ เนื่องจากเป็นห้องเรียนที่ผู้วิจัยได้รับมอบหมายให้เป็นผู้สอน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แผนการจัดกิจกรรมโดยใช้กิจกรรมเกมการศึกษา และแบบประเมินทักษะคณิตศาสตร์สำหรับเด็กปฐมวัยสถิติที่ใช้ข้อมูล ได้แก่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตฐาน ผลการวิจัยผลว่า ทักษะทางคณิตศาสตร์ของเด็กปฐมวัย ชั้นอนุบาล 3 ก่อนและหลังการจัดกิจกรรมเกมการศึกษา มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.67 คะแนน และ 8.22 คะแนน ตามลำดับ และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างคะแนนก่อนและหลังการจัดกิจกรรมเกมการศึกษา พบว่า คะแนนหลังจัดกิจกรรมเกมการศึกษาสูงกว่าก่อนจัดกิจกรรมเกมการศึกษา อย่างมีนัยยะสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 อีกทั้งยังสอดคล้องกับแนวคิดของ เจอโรม บรูเนอร์ (Jerome Bruner) ที่เชื่อว่า เด็กสามารถเรียนรู้ได้ดีจากการกระทำและการใช้สื่อหรือกิจกรรมที่เป็นรูปธรรมก่อนพัฒนาไปสู่ความคิดเชิงนามธรรม กิจกรรมเกมการศึกษาจึงเป็นสื่อสำคัญที่ช่วยส่งเสริมการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ของเด็กปฐมวัยให้เกิดความสนุกสนานและเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ผลลัพธ์ที่เป็นไปในทางบวกนี้ เกิดจากการออกแบบแผนการจัดกิจกรรมเกมการศึกษาทั้ง 10 แผน ที่ตั้งอยู่บน ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของ ฌอง เพียเจต์ (Jean Piaget) ซึ่งระบุว่าเด็กวัยนี้ (4-5 ปี) อยู่ในขั้นเตรียมการคิดปฏิบัติการ (Pre-operational Stage) เรียนรู้ได้ดีที่สุดผ่านประสาทสัมผัสและการลงมือกระทำ (Active Learning) กับวัตถุที่เป็นรูปธรรม เมื่อพิจารณารายทักษะในตารางที่ 3 จะเห็นร่องรอยการพัฒนาที่น่าสนใจ เช่น "ด้านการใช้จำนวนบอกปริมาณที่ได้จากการนับ" พฤติกรรมการนับเมล็ดแอปเปิลและพูดบอกจำนวนตัวเลข มีค่าเฉลี่ยหลังเรียนสูงถึง 2.90

เนื่องจากเกมการศึกษาเปิดโอกาสให้เด็กได้หยิบจับ นับวัตถุจริง และจับคู่กับตัวเลขซ้ำ ๆ ซึ่งช่วยเปลี่ยนมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ที่เป็นนามธรรม (Abstract) ให้กลายเป็นรูปธรรม (Concrete) ที่เข้าใจง่าย สอดคล้องกับแนวคิดการเรียนรู้จากรูปธรรมสู่นามธรรมของ เจอโรม บรูเนอร์ (Jerome Bruner) ในขั้น Enactive และ Iconic Mode

นอกจากนี้ การที่งานวิจัยนี้ศึกษาใน บริบทของโรงเรียนขนาดเล็ก (โรงเรียนวัดโพธิ์ปากพลี) ซึ่งมักประสบปัญหาขาดแคลนสื่อการเรียนรู้เชิงคณิตศาสตร์ที่เฉพาะเจาะจง การนำเกมการศึกษาที่ออกแบบมาเฉพาะพื้นที่ (เช่น การใช้ภาพผลไม้เมล็ดแอปเปิล หรือบัตรภาพสัตว์) เข้าไปเสริม จึงเป็นการอุดช่องว่างทางทรัพยากร (Resource Gap) ทำให้เด็กได้รับการกระตุ้นอย่างทั่วถึงผ่านกลุ่มเป้าหมายขนาดเล็ก (11 คน) ผลลัพธ์นี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ สุภานัน สุขหล่อ (2565) ที่พบว่าคะแนนทักษะคณิตศาสตร์ของเด็กปฐมวัยหลังจัดกิจกรรมเกมการศึกษาสูงกว่าก่อนจัดกิจกรรมอย่างมีนัยสำคัญ และสนับสนุนแนวคิดของ วินัดดา ปิยะศิลป์ (2560) ที่ว่าเด็กปฐมวัยสามารถพัฒนาความคิดรวบยอดด้านจำนวนและตัวเลขผ่านการเล่นที่สอดคล้องกับธรรมชาติได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2. การเปรียบเทียบทักษะพื้นฐานด้านคณิตศาสตร์ ก่อนและหลังการสอนโดยใช้กิจกรรมเกมการศึกษาทักษะพื้นฐานด้านคณิตศาสตร์ พบว่า โดยภาพรวมเด็กปฐมวัยมีคะแนนพัฒนาการ 69.02 อยู่ในระดับสูง แสดงว่า เด็กปฐมวัยมีคะแนนและ

ความรู้เพิ่มขึ้น คิดเป็นร้อยละ 69.02 เนื่องจากเด็กปฐมวัยได้รับการฝึกคิดฝึกปฏิบัติตามกิจกรรมเกมการศึกษาทักษะพื้นฐานด้านคณิตศาสตร์อย่างต่อเนื่องตามแผนการจัดการเรียนการสอนโดยการใช้กิจกรรมเกมการศึกษาพื้นฐานด้านคณิตศาสตร์ที่มุ่งส่งเสริมทักษะการใช้จำนวนบอกปริมาณที่ได้จากการนับ การรู้จักตัวเลขฮินดูอารบิกและตัวเลขไทย การแทนค่าตัวเลขฮินดูอารบิกด้วยการเขียน การเปรียบเทียบจำนวน และการเรียงลำดับจำนวน เพื่อส่งเสริมทักษะพื้นฐานด้านคณิตศาสตร์สำหรับเด็กปฐมวัยโดยใช้กิจกรรมเกมการศึกษา ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ลักษิกานต์ อินต๊ะแก้ว (2566) ที่ได้ศึกษาการพัฒนาทักษะทางคณิตศาสตร์สำหรับเด็กปฐมวัยโดยใช้ชุดฝึกกิจกรรม และเพื่อเปรียบเทียบทักษะทางคณิตศาสตร์สำหรับเด็กปฐมวัย ก่อนและหลังการใช้ชุดฝึก กิจกรรม กลุ่มตัวอย่าง คือ เด็กปฐมวัย ชาย - หญิง อายุ 5-6 ปี ที่กำลังศึกษาอยู่ในชั้นอนุบาล 3/3ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 ของโรงเรียนสันป่าตอง(สุวรรณราษฎร์วิทยาคาร) จำนวน 30 คน ผลการวิจัยพบว่า 1) คะแนน/ร้อยละ ของชุดฝึกกิจกรรมพัฒนาทักษะทางคณิตศาสตร์สำหรับเด็กปฐมวัย โดยใช้ชุดฝึกกิจกรรม จำนวน 15 ชุด นักเรียนจำนวน 30 คน พบว่า ภาพรวมจาก ชุดฝึกกิจกรรมพัฒนาทักษะทางคณิตศาสตร์สำหรับเด็กปฐมวัย ทั้ง 15 ชุด มีนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 80 จำนวน 30 คน คิดเป็นร้อยละ 100 และ 2) การเปรียบเทียบทักษะทางคณิตศาสตร์สำหรับเด็กปฐมวัย ก่อนและหลังการใช้ชุดฝึกกิจกรรม มีคะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 60.63 คะแนน และ 66.30 คะแนน ตามลำดับ และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างคะแนนก่อนและหลังการใช้ชุดฝึกกิจกรรมพบว่า คะแนนหลังการใช้ชุดฝึกกิจกรรมสูงกว่าก่อนการใช้ชุดฝึกกิจกรรมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 4.83 นอกจากนี้ ผลการวิจัยดังกล่าวยังสอดคล้องกับแนวคิดของ ฌอง เพียเจต์ (Jean Piaget) ที่กล่าวว่า เด็กปฐมวัยเรียนรู้ได้ดีที่สุดจากการลงมือปฏิบัติจริงและการมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมรอบตัว เด็กจะเกิดการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองผ่านกระบวนการคิด การทดลอง และการแก้ปัญหา ซึ่งกิจกรรมเกมการศึกษาช่วยให้เด็กได้เรียนรู้เรื่องจำนวน การเปรียบเทียบ และการเรียงลำดับผ่านประสบการณ์ตรง ทำให้เด็กเกิดความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ได้ดียิ่งขึ้น

การที่เด็กปฐมวัยมีคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์อยู่ในระดับสูงสะท้อนให้เห็นถึง "ผลสัมฤทธิ์ของการจัดกิจกรรมที่ต่อเนื่องและเป็นระบบ" (สอดคล้องกับแผนการจัดประสบการณ์ 10 แผน) การเรียนรู้คณิตศาสตร์สำหรับเด็กที่มีปัญหาด้านคณิตศาสตร์ในระยะแรก (Purposive Sampling ที่ระบุว่าเป็นเด็กที่มีปัญหา) ไม่สามารถบรรลุผลได้ด้วยการท่องจำ แต่เกิดจากการสะสมประสบการณ์ผ่านกระบวนการ Scaffolding (การเสริมแรงหรือการนั่งร้านทางปัญญา) ตามแนวคิดของ เลฟ ไวกอตสกี (Lev Vygotsky)

เหตุผลสำคัญคือ เกมการศึกษามีลักษณะเฉพาะที่แตกต่างจากแบบฝึกหัดทั่วไป คือ มีระบบการตรวจคำตอบด้วยตนเองในตัวเกม (Self-Correction) และมีกติกาการเล่นที่เปิดโอกาสให้เกิดการลองผิดลองถูก (Trial and Error) เมื่อเด็กจัดวางบัตรภาพหรือเขียนตัวเลขผิดพลาด แล้วได้รับคำชี้แนะเชิงบวกจากครูและเพื่อนในกลุ่มย่อย เด็กจะเกิดกระบวนการที่เรียกว่า "การปรับความสมดุลทางปัญญา" (Accommodation) ปรับเปลี่ยนโครงสร้างความคิดเดิมที่ไม่ถูกต้องให้สอดคล้องกับความจริงทางคณิตศาสตร์ ส่งผลให้คะแนนพัฒนาการหลังเรียนเพิ่มสูงขึ้นในระดับสากล

สอดคล้องกับงานวิจัยของ ลักษิกานต์ อินต๊ะแก้ว (2566) ที่ระบุว่าการใช้ชุดฝึกกิจกรรมที่ออกแบบอย่างเป็นระบบ ช่วยให้เด็กปฐมวัยผ่านเกณฑ์ร้อยละ 80 ได้ทุกคน เนื่องจากเป็นการเรียนรู้ผ่านประสบการณ์ตรง และสอดคล้องกับคำกล่าวของ ขณิษฐา บุญนาค (2562) ที่ว่าเมื่อเด็กได้เรียนรู้คณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับสิ่งรอบตัวผ่านกิจกรรมที่สนุกสนาน เด็กจะมีทักษะกระบวนการและเกิดเจตคติที่ดี ซึ่งเป็นรากฐานสำคัญในการยกระดับความสามารถในการคิดรวบยอดในระดับที่สูงขึ้นอย่างยั่งยืน

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะเชิงปฏิบัติ

จากผลการวิจัย เด็กปฐมวัยมีคะแนนหรือความรู้ทักษะพื้นฐานด้านคณิตศาสตร์เพิ่มขึ้น ดังนั้นการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กิจกรรมเกมการศึกษา ผู้สอนควรวางแผนการจัดการเรียนการสอนในแต่ละครั้ง เพื่อให้เหมาะสมกับเวลาที่กำหนด และสอดคล้องกับจุดประสงค์ที่จะสอน เพื่อที่ครูผู้สอนจะได้ทราบถึงวัตถุประสงค์ในการจัดกิจกรรมเกมการศึกษาทักษะพื้นฐานด้านคณิตศาสตร์ในแต่ละขั้น และมีเป้าหมายในการสอนมากขึ้น

ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรศึกษาวิจัยการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กิจกรรมเกมการศึกษาทักษะพื้นฐานด้านคณิตศาสตร์กับรายวิชาอื่น เพื่อศึกษาเปรียบเทียบทักษะหรือผลสัมฤทธิ์ที่เกิดขึ้นกับเด็กปฐมวัย
2. ควรมีการศึกษาการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กิจกรรมเกมการศึกษาทักษะพื้นฐานด้านคณิตศาสตร์ ที่มีต่อทักษะอื่นๆ เช่น ทักษะการคิด ทักษะการจำแนก ทักษะการจับคู่ เป็นต้น

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยด้วยความกรุณาอย่างยิ่งจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ว่าที่ร้อยตรีหญิง ดร.ขวัญใจ จริยาทัศน์กร อาจารย์ที่ปรึกษา และคณะกรรมการทุกท่านที่ได้ให้คำแนะนำตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ของการวิจัยด้วยความเอาใจใส่เป็นอย่างยิ่ง จนทำให้การวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้อย่างสมบูรณ์และทรงคุณค่า ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอกราบขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ว่าที่ร้อยตรีหญิง ดร.ขวัญใจ จริยาทัศน์กร ผู้ช่วยศาสตราจารย์ จิราภรณ์ ยกอินทร์ และอาจารย์ อัญชิษฐา ปิยะจิตติ ที่ได้กรุณาความอนุเคราะห์ เป็นผู้เชี่ยวชาญในการประเมินนวัตกรรมและตรวจสอบเครื่องมือวิจัย เหนือสิ่งอื่นใดขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ครอบครัวของผู้วิจัยที่ได้ให้กำลังใจและให้การสนับสนุนในทุกๆ ด้านอย่างดีที่สุดเสมอมา

คุณค่าและคุณประโยชน์อันพึงจะมีจากการวิจัยฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบและอุทิศแด่ผู้มีพระคุณทุกๆ ท่าน ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่า งานวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์ต่อการปรับปรุงคุณภาพการจัดการเรียนการสอนและผู้ที่สนใจบ้างไม่มากก็น้อย

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). คู่มือหลักสูตรการศึกษาปฐมวัย พุทธศักราช 2560 สำหรับเด็กอายุ 3-6 ปี. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.

ขณิษฐา บุญนาค. (2562). ทักษะพื้นฐานสำหรับเด็กปฐมวัย. ค้นเมื่อ 20 กุมภาพันธ์ 2569. https://anyflip.com/ohqky/ojklbasic

ลักษิกานต์ อินต๊ะแก้ว. (2566). การใช้ชุดฝึกกิจกรรม เพื่อพัฒนาทักษะทางคณิตศาสตร์สำหรับเด็กปฐมวัย สำหรับนักเรียนชั้นอนุบาลปีที่ 3/3 โรงเรียนสันป่าตอง อำเภอสันป่าตอง จังหวัดเชียงใหม่. รายงานการวิจัย. คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

ปนัดดา แสงทอง. (2565). ผลการใช้กิจกรรมเกมการศึกษาเพื่อพัฒนาทักษะพื้นฐานด้านคณิตศาสตร์ของเด็กปฐมวัย. รายงานการวิจัย. มหาวิทยาลัยราชธานี. https://so06.tcithaijo.org/index.php/mcjou/article/view/248477/169123

วินัดดา ปิยะศิลป์. (2560). จิตแพทย์แนะเข้าใจธรรมชาติของเด็ก. ค้นเมื่อ 20 กุมภาพันธ์ 2569. https://th.rajanukul.go.th

วิมาดา ชนะวัฒนานนท์. (2564). การพัฒนาทักษะทางคณิตศาสตร์สำหรับเด็กปฐมวัย โดยใช้กิจกรรมเกมการศึกษา. รายงานการวิจัย. มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม. https://ebook.npru.ac.th/?act=MDEwMl9ib29rX2RldGFpbC5waHA=&bid=104&bcid=168

สุภาวินี ลายบัว. (2559). การพัฒนาเกมการศึกษาเพื่อเตรียมความพร้อมทางคณิตศาสตร์ สำหรับ นักเรียนระดับชั้นอนุบาล 2 โรงเรียนสาธิตอนุบาลราชมงคล. รายงานการวิจัย. คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ปทุมธานี.

สุภานัน สุขหล่อ. (2565). การพัฒนาทักษะทางคณิตศาสตร์สำหรับเด็กปฐมวัยโดยใช้กิจกรรมเกมการศึกษา. รายงานการวิจัย. คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม.

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. (2562). รายงานผลการดำเนินงานการจัดการศึกษาโรงเรียนขนาดเล็ก. กระทรวงศึกษาธิการ.

Bruner, J. S. (1960). The process of education. Harvard University Press.

Piaget, J. (1964). Development and learning. In R. E. Ripple & V. N. Rockcastle (Eds.), Piaget rediscovered: A report of the conference on cognitive skills and curriculum development (pp. 7-20). Cornell University.

ผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิด Concrete - Pictorial - Abstract (CPA) ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง การลบที่มีการกระจาย ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1

The Effects of Learning Activities Based on the Concrete - Pictorial - Abstract (CPA) Approach on Mathematics Achievement in Subtraction with Renaming of First-Grade Students

เอมอร กุดเลา[1] อรรถศาสน์ นิมิตรพันธ์[1*] และธนพรรษ พฤกษะวัน[1]
Emon Kutlao[1], Auttasart Nimitpun[1*] and Tanapat Brikshavana[1]

[1]คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต ศูนย์การศึกษา นครนายก
[1]Faculty of Education Suan Dusit University Nakhon Nayok
[*]Corresponding Author E-mail Address : atsnmp5@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ดังนี้ 1) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง การลบที่มีการกระจาย ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ก่อนเรียนและหลังเรียน ด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิด CPA 2) เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง การลบที่มีการกระจาย ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 หลังเรียน ด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิด CPA เทียบกับเกณฑ์การบรรลุเป้าหมายของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่กำหนดไว้ กลุ่มเป้าหมายในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนสาธิตละอออุทิศ นครนายก ที่เรียนสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เรื่อง การลบที่มีการกระจาย ในภาคการศึกษาที่ 2 ปีการศึกษา 2568 จำนวน 30 คน ซึ่งได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิด CPA เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลทั้งก่อนเรียนและหลังเรียน คือ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง การลบที่มีการกระจาย ชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 เป็นแบบปรนัย ชนิดเลือกตอบ 3 ตัวเลือก จำนวน 10 ข้อ ที่มีค่าความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาในช่วง 0.67 – 1.00 วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ การหาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และหาค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง การลบที่มีการกระจาย ชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 หลังเรียนด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิด CPA ไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม ผลการวิจัยมีดังนี้ 1) นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิด CPA มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง การลบที่มีการกระจาย หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน โดยมีคะแนนเฉลี่ยสูงขึ้นจาก 6.03 คะแนน เป็น 7.80 คะแนน และ 2) นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิด CPA มีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง การลบที่มีการกระจาย หลังเรียน คิดเป็นร้อยละ 78 ของคะแนนเต็ม ซึ่งบรรลุเป้าหมายของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่กำหนดไว้

คำสำคัญ: การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ แนวคิด Concrete - Pictorial – Abstract (CPA) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ การลบที่มีการกระจาย

Abstract

This research aimed to: 1) compare the mathematics learning achievement in subtraction with renaming of first-grade students before and after instruction using the CPA approach; and 2) examine the mathematics learning achievement in subtraction with renaming of first-grade students after instruction using the CPA approach against the established learning objectives. The target group for this research consisted of 30 first-grade students from La-orutis Demonstration School, Nakhon Nayok, who were studying subtraction with renaming in the mathematics curriculum during the second semester of the 2025 academic year. These students received instruction based on the CPA approach. Data were collected both before and after instruction using a 10-item multiple-choice test with three options on the topic of subtraction with renaming for first-grade students. The test had a content validity coefficient of 0.67–1.00. Descriptive statistics were used to calculate the mean, standard deviation, and percentage of the post-instructional scores on subtraction with renaming for first-grade students. The results showed that the average score after instruction using the CPA approach was at least 70% of the total score. The research findings are as follows: 1) First-grade students who received learning activities based on the CPA approach showed significantly higher post-test scores in mathematics, specifically on subtraction with renaming, compared to pre-test scores. The average score increased from 6.03 to 7.80. 2) First-grade students who received learning activities based on the CPA approach achieved an average post-test score of 78% of the total score in mathematics, specifically on subtraction with renaming, thus meeting the set learning activity goals.

Keywords: Organizing learning activities, CPA approach, Mathematics learning achievement, Subtraction with renaming

บทนำ

คณิตศาสตร์มีบทบาทสำคัญต่อการดำรงชีวิตและการพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ของผู้เรียน การเรียนรู้คณิตศาสตร์ในระดับประถมศึกษาเป็นรากฐานสำคัญในการพัฒนาความเข้าใจเชิงจำนวน การดำเนินการทางคณิตศาสตร์ และการแก้ปัญหา ซึ่งจะเป็นพื้นฐานในการเรียนรู้คณิตศาสตร์ระดับสูง (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560) การจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ระดับประถมศึกษาในปัจจุบัน มักพบว่า นักเรียนจำนวนมากยังมีปัญหาในด้านความเข้าใจแนวคิดทางคณิตศาสตร์อย่างแท้จริง อาทิ เรื่องการลบที่มีการกระจาย (Subtraction with Renaming) ซึ่งโดยเนื้อหาเป็นเรื่องที่ค่อนข้างนามธรรมสำหรับนักเรียน การจัดการเรียนรู้แบบเดิมเน้นเพียงการบอกขั้นตอนการลบด้วยวิธีลัด (การตั้งลบ) พร้อมอธิบายด้วยคำพูดและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ ซึ่งอาจไม่เพียงพอที่จะช่วยให้นักเรียนเข้าใจโครงสร้างของจำนวน การดำเนินการทางจำนวนที่มีการกระจาย (Renaming) หรือการเชื่อมโยงความเข้าใจจากสิ่งที่เป็นรูปธรรมไปสู่นามธรรม ซึ่งเป็นภาษาสัญลักษณ์ได้อย่างชัดเจน (อัมพร ม้าคะนอง, 2558)

จากรายงานผลการประเมินของสถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (สทศ.) พบว่า คะแนนเฉลี่ยของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1–3 ในสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์อยู่ในระดับต่ำกว่าร้อยละ 50 ต่อเนื่องหลายปี โดยเฉพาะในด้านการคิดคำนวณ ซึ่งเป็นทักษะที่ต้องอาศัยความเข้าใจในกระบวนการคิดเชิงโครงสร้าง ไม่ใช่การจำขั้นตอนเพียงอย่างเดียว (สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ, 2567) และจากการสังเกตในชั้นเรียนคณิตศาสตร์ระดับประถมศึกษา ผู้วิจัยพบว่านักเรียนจำนวนมากยังมีปัญหาในการเรียนรู้เรื่อง "การลบที่มีการกระจาย" หรือที่เรียกว่า "การลบที่มีการยืม" นักเรียนมักจดจำขั้นตอนโดยไม่เข้าใจความหมายเชิงโครงสร้างของการลบอย่างแท้จริง ทำให้เกิดความสับสนและผิดพลาดบ่อยครั้ง ปัญหานี้อาจเกิดจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ยังคงเน้นการบอกความรู้ (Direct Instruction) หรือการท่องจำขั้นตอน มากกว่าการสร้างความเข้าใจผ่านประสบการณ์จริงและการลงมือปฏิบัติ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2563) จึงกล่าวได้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์เรื่อง การลบที่มีการกระจาย ของนักเรียนระดับประถมศึกษายังอยู่ในระดับที่ไม่น่าพอใจเท่าที่ควร

จากการศึกษาพบว่ามีแนวทางหนึ่งที่ได้รับความนิยมแพร่หลายในระดับสากล และได้มีการนำไปใช้จริงในหลายโรงเรียน นั่นคือ การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด CPA ซึ่งเริ่มจากการให้นักเรียน "สัมผัสของจริง" (Concrete) เชื่อมโยงสู่การสร้างประสบการณ์จากการมองเห็นภาพ/แบบรูป (Pictorial) แล้วจึงเชื่อมโยงไปสู่สัญลักษณ์/วิธีการคำนวณ (Abstract) แนวทางนี้ช่วยให้นักเรียนมีโอกาสสร้างความเข้าใจเชิงโครงสร้าง (Conceptual Understanding) ไม่ใช่เพียงแค่การจำวิธีการ ทำให้แนวคิดการจัดการเรียนรู้แบบ Concrete – Pictorial – Abstract (CPA) จึงเป็นแนวทางหนึ่งที่น่าจะเหมาะสมสำหรับการพัฒนาความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับประถมศึกษา โดยเฉพาะในเนื้อหา เรื่อง การลบที่มีการกระจาย เพราะแนวคิด CPA จะช่วยให้นักเรียนได้เรียนรู้จากกระบวนการที่สอดคล้องกับทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์ (Piaget) ที่ระบุว่า เด็กในวัยประถมต้นอยู่ในช่วงพัฒนาความคิดเชิงรูปธรรม (Concrete Operational Stage) (ทิศนา แขมมณี, 2560; Piaget, 1972) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Sadsang et al (2022) ที่ได้ศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด CPA ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 เรื่องการบวก ลบ คูณ และหารเศษส่วน พบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยแนวคิด CPA มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และมีความเข้าใจแนวคิดทางคณิตศาสตร์อย่างลึกซึ้งมากกว่ากลุ่มควบคุมอย่างชัดเจน ในทำนองเดียวกัน Putri et al (2020) พบว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิด CPA ช่วยพัฒนาความสามารถในการคิดคำนวณทางคณิตศาสตร์ และช่วยลดความวิตกกังวลทางคณิตศาสตร์ในนักเรียนประถมศึกษาได้ นอกจากนี้ ผลการวิจัยของณัฐพล หงษ์ทอง และคณะ (2567) ได้ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้แบบเปิดร่วมกับแนวคิด CPA ที่มีต่อความรู้สึกเชิงจำนวนและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การลบ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 พบว่าความรู้สึกเชิงจำนวน เรื่อง การลบ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง การลบ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จากความสำคัญดังกล่าว ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิด Concrete - Pictorial - Abstract (CPA) ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง การลบที่มีการกระจาย ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 เพื่อพัฒนาความเข้าใจเชิงแนวคิด การมองเห็นความสัมพันธ์เชิงโครงสร้างของจำนวน และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง การลบที่มีการกระจาย ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ก่อนเรียนและหลังเรียน ด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิด CPA

2. เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง การลบที่มีการกระจาย ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 หลังเรียน ด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิด CPA เทียบกับเกณฑ์การบรรลุเป้าหมายของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่กำหนดไว้

ทบทวนวรรณกรรม

งานวิจัยนี้เกี่ยวข้องกับการพัฒนาการเรียนรู้ของผู้เรียนในกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) สาระการเรียนรู้แกนกลาง สาระที่ 1 จำนวนและพีชคณิต มาตรฐาน ค 1.1 เข้าใจความหลากหลายของการแสดงจำนวน ระบบจำนวน การดำเนินการของจำนวน ผลที่เกิดขึ้นจากการดำเนินการ สมบัติของการดำเนินการ และนำไปใช้ ตัวชี้วัดชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ข้อ 4 หาค่าของตัวไม่ทราบค่าในประโยคสัญลักษณ์แสดงการบวกและประโยคสัญลักษณ์แสดงการลบของจำนวนนับไม่เกิน 100 และ 0 โดยมีสาระการเรียนรู้แกนกลางที่เกี่ยวข้องกับ ความหมายของการลบ และการหาผลลบ ซึ่งสอดคล้องกับคุณภาพผู้เรียนเมื่อจบชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ในส่วนหนึ่ง ซึ่งระบุไว้ว่า ผู้เรียนต้องมีทักษะการลบ และนำไปใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560)

แนวคิดเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เรื่อง การดำเนินการทางจำนวน

การดำเนินการทางจำนวน (Number Operations) เป็นกระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับการบวก การลบ การคูณ และการหาร ซึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญของการเรียนรู้คณิตศาสตร์ในระดับประถมศึกษา โดยเฉพาะในช่วงชั้นต้น เด็กจะเริ่มสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับจำนวน ผ่านกิจกรรมที่เชื่อมโยงกับสิ่งของหรือประสบการณ์จริง เช่น การนับวัตถุ การจัดกลุ่มหรือการแบ่งสิ่งของ ซึ่งช่วยให้เด็กเกิดความเข้าใจเชิงมโนทัศน์เกี่ยวกับความสัมพันธ์ของจำนวน (National Council of Teachers of Mathematics, 2000; Van de Walle et al., 2024)

การลบ เป็นการนำจำนวนใดจำนวนหนึ่ง หรือมากกว่าออกจากจำนวนเดิม ทำให้ผลลัพธ์มีค่าน้อยลง สัญลักษณ์ที่ใช้แสดงการลบ คือ " - " การจัดการเรียนรู้เกี่ยวกับมโนทัศน์ของการลบในครั้งแรกควรให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ความหมายจากสถานการณ์ในชีวิตจริง ใช้ของจริง ของจำลอง หรือภาพ เป็นสื่อเชื่อมโยงให้เกิดความเข้าใจ ตามด้วยการแนะนำสัญลักษณ์ คือ เครื่องหมายต่าง ๆ ในการเรียนรู้อย่างมีความหมาย ผู้เรียนควรมีความรู้ความเข้าใจในมโนทัศน์ของการลบครอบคลุมประเด็นต่อไปนี้ 1) การนำจำนวนใดจำนวนหนึ่ง หรือมากกว่าออกจากจำนวนเดิม ทำให้ผลลัพธ์มีค่าน้อยลง 2) การหาผลต่างระหว่างจำนวนสองจำนวน และ 3) การหาจำนวนมาเพิ่มจำนวนที่มีอยู่เดิมให้เท่ากับจำนวนที่ต้องการ สำหรับการหาผลลบของจำนวนที่มีหลายหลัก ความสำคัญอยู่ที่การวางพื้นฐานการหาผลลบของจำนวนที่มีสองหลักเช่นเดียวกับการหาผลบวก ดังนั้นแนวคิดในการจัดการเรียนรู้ที่สำคัญก็คือ การให้ผู้เรียนมองเห็น และเข้าใจขั้นตอนการหาคำตอบ ซึ่งมีหลายวิธี ผู้เรียนจะสังเกตรวบรวมวิธีต่าง ๆ ผนวกกับการพิจารณาสื่อรูปธรรมที่นำมาใช้ ก็จะสามารถสรุปมโนทัศน์ของเรื่องได้ทั้งในส่วนของการลบที่ไม่มีการกระจาย และการลบที่มีการกระจาย และท้ายที่สุดก็จะเลือกวิธีที่ใช้ได้สะดวก และรวดเร็วที่สุด ก็คือ วิธีการตั้งลบ ซึ่งเป็นวิธีลัดนั่นเอง (อรรถศาสน์ นิมิตรพันธ์, 2568) สำหรับการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์เรื่อง "การลบที่มีการกระจาย" ซึ่งเป็น

หัวข้อที่มีความซับซ้อนและยากกว่าการบวก จำเป็นต้องออกแบบกิจกรรมให้นักเรียนได้ลงมือ "ปฏิบัติจริง" ผ่านสิ่งของหรือแบบจำลองภาพ เช่น การแสดงด้วยลูกปัดหรือแท่งไม้ และสังเกตการกระจายของจำนวน ก่อนจะเขียนประโยคสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ ซึ่งช่วยให้นักเรียนเข้าใจหลักการการลบที่มีการกระจายได้อย่างมีความหมาย (Sadsang et al., 2022)

จากแนวคิดในการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์เกี่ยวกับการดำเนินการทางจำนวนดังกล่าว มีความสอดคล้องกับแนวคิดของ Piaget (1972) ที่กล่าวว่า เด็กในช่วงวัยประถมศึกษาตอนต้นอยู่ในขั้นพัฒนาความคิดเชิงรูปธรรม (Concrete Operational Stage) ซึ่งเด็กสามารถคิดเชิงเหตุผลเกี่ยวกับสิ่งที่มองเห็นหรือจับต้องได้ แต่ยังไม่สามารถเข้าใจแนวคิดนามธรรมได้อย่างสมบูรณ์ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ในช่วงวัยนี้จึงควรเริ่มจาก สิ่งที่เป็นรูปธรรม (Concrete) ค่อย ๆ เปลี่ยนผ่านสู่ ภาพแทน (Pictorial) และเชื่อมโยงไปสู่ สัญลักษณ์ ซึ่งมีความเป็นนามธรรม (Abstract) ซึ่งเป็นลำดับขั้นของแนวคิดการจัดการเรียนรู้แบบ Concrete – Pictorial – Abstract (CPA) (Bruner, 1966; Cheng, 2019)

แนวคิดเกี่ยวกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิด Concrete – Pictorial – Abstract (CPA)

แนวคิด CPA เป็นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์จากสิ่งที่เป็นรูปธรรมสู่สัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ที่มีความเป็นนามธรรม สะท้อนกระบวนการสร้างองค์ความรู้ของผู้เรียนตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ (Constructivism) ที่เน้นให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการสำรวจ ค้นพบ และสร้างความเข้าใจด้วยตนเอง (Bruner, 1966; Vygotsky, 1997) การเรียนรู้ในลักษณะนี้ทำให้ผู้เรียนเกิดการเชื่อมโยงระหว่างประสบการณ์จริงกับแนวคิดเชิงนามธรรมทางคณิตศาสตร์อย่างมีความหมาย และสามารถถ่ายโยงความรู้ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ได้อย่างยั่งยืน (Cheng, 2019) นอกจากนี้ แนวคิด CPA ยังเอื้อต่อการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ในช่วงวัยประถมศึกษาตอนต้น ซึ่งเป็นช่วงที่ผู้เรียนเริ่มมีการพัฒนา "ความคิดเชิงตรรกะอย่างเป็นรูปธรรม" (Concrete Logical Thinking) ตามทฤษฎีของ Piaget (1972) และสามารถเรียนรู้ได้ดีขึ้นเมื่อได้รับการชี้แนะหรือช่วยเหลือจากผู้สอนตามแนวคิด Zone of Proximal Development (ZPD) ของ Vygotsky (1997) โดยผู้สอนทำหน้าที่เป็นผู้จัดลำดับกิจกรรมการเรียนรู้และให้คำแนะนำที่เหมาะสมกับระดับความเข้าใจของผู้เรียนที่เรียกว่า การเสริมต่อการเรียนรู้ (Scaffolding) เพื่อให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาไปสู่การคิดเชิงนามธรรมได้อย่างมั่นคง

แนวคิด CPA สอดคล้องกับ ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของ Piaget (1972) ซึ่งในวัยประถมศึกษาตอนต้นผู้เรียนเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุดเมื่อได้ลงมือปฏิบัติจริงกับวัตถุหรือสถานการณ์ที่เป็นรูปธรรมก่อนเข้าสู่การคิดเชิงนามธรรม ดังนั้น การใช้กิจกรรมการเรียนรู้ที่ผู้เรียนได้จับต้อง วาดภาพ แล้วจึงเชื่อมโยงกับสัญลักษณ์จึงช่วยเสริมพัฒนาการด้านการคิดคำนวณอย่างมีความหมาย และด้วยแนวคิด CPA ที่สัมพันธ์กับแนวคิด ZPD ของ Vygotsky (1997) ซึ่งมองว่าผู้เรียนสามารถเรียนรู้ในสิ่งที่ซับซ้อนได้ดีขึ้นเมื่อได้รับการช่วยเหลือหรือแนะแนวจากครูหรือเพื่อน ผู้สอนจึงมีบทบาทในการจัดลำดับกิจกรรมให้เหมาะสมกับระดับความเข้าใจของผู้เรียน

แนวคิด CPA เป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ที่พัฒนาโดย Jerome Bruner (1966) โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจแนวคิดคณิตศาสตร์อย่างลึกซึ้งผ่านการเรียนรู้ที่ค่อยเป็นค่อยไปจากรูปธรรมไปสู่นามธรรม ซึ่งประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ขั้นรูปธรรม (Concrete Stage) ผู้เรียนได้สัมผัสและลงมือปฏิบัติด้วยวัตถุจริง เช่น แท่งนับเหรียญ หรือบล็อกตัวเลข เพื่อสร้างความเข้าใจผ่านประสบการณ์ตรง 2) ขั้นกึ่งรูปธรรม (Pictorial Stage) ผู้เรียนใช้ภาพสัญลักษณ์ หรือแผนภาพแทนวัตถุจริง เพื่อช่วยเชื่อมโยงความเข้าใจจากของจริงไปสู่การคิดเชิงสัญลักษณ์ 3) ขั้นนามธรรม (Abstract Stage) ผู้เรียนใช้สัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ เช่น ตัวเลข หรือเครื่องหมายในการคำนวณโดยไม่ต้องอาศัยสิ่งของหรือภาพประกอบ โดย Bruner (1966) อธิบายว่า การเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพเกิดจากการถ่ายโยงประสบการณ์จาก "การกระทำ" ไปสู่ "ภาพแทน" และสุดท้ายจึงสามารถเรียนรู้ในสิ่งที่เป็น "สัญลักษณ์" ซึ่งสอดคล้องกับกระบวนการทางปัญญาของผู้เรียนระดับประถมศึกษาที่ต้องมีประสบการณ์ตรงก่อนเข้าสู่การคิดเชิงนามธรรม

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิด CPA จึงมีความเหมาะสมกับการเรียนรู้คณิตศาสตร์ในระดับประถมศึกษา ซึ่งในงานวิจัยนี้เกี่ยวข้องกับ การลบที่มีการกระจาย ซึ่งต้องอาศัยความเข้าใจเชิงโครงสร้างของจำนวน การเห็นภาพเชิงปริมาณ และการเชื่อมโยงระหว่างสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์กับการกระทำจริง ผลการวิจัยของ Cheng (2019) พบว่า การใช้แนวคิด CPA ในการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ช่วยให้นักเรียนระดับประถมศึกษาเข้าใจแนวคิดการคำนวณพื้นฐานได้ดีขึ้น และลดข้อผิดพลาดในการใช้สัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ และจากผลการวิจัยของรัศมี ศิริกัมพลา และวนินทร พูนไพบูลย์พิพัฒน์ (2563) พบว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ CPA ที่ส่งเสริมมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การบวก การลบ การคูณ การหาร ควรเน้นการใช้วัตถุสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับความหมาย ความสัมพันธ์และลำดับของการดำเนินการ ได้แก่ การบวก การลบ การคูณ และการหาร แล้วเชื่อมโยงความรู้ไปสู่การสร้างภาพจำลองปัญหาที่มีข้อมูลครบถ้วน เพื่อให้นักเรียนสามารถแปลความหมายของภาพจำลองสู่สัญลักษณ์ได้อย่างถูกต้องแม่นยำ ผลการวิจัยจากแบบฝึกระหว่างเรียนและแบบวัดมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์หลังเรียน มีความสอดคล้องกันคือ นักเรียนส่วนใหญ่มีมโนทัศน์ที่ถูกต้อง สมบูรณ์ อีกทั้งผลการวิจัยของ Tay and Lee (2019) พบว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ผ่านแนวคิด CPA ส่งผลต่อการพัฒนาความเข้าใจเชิงมโนทัศน์ (Conceptual Understanding) และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน และผลการวิจัยของ สุภาภรณ์ พรหมทอง (2564) พบว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิด CPA ช่วยพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 เรื่อง การบวกและการลบ ได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

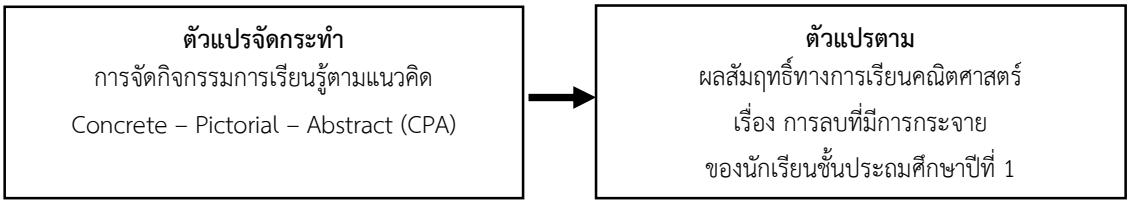
สำหรับในงานวิจัยนี้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิด Concrete – Pictorial – Abstract (CPA) เป็นกระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นตามแนวคิดของ Bruner (Cheng, 2019; Tay and Lee, 2019) โดยเน้นให้ผู้เรียนเรียนรู้จากสิ่งที่เป็นรูปธรรมไปสู่นามธรรมอย่างเป็นขั้นตอน ประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ขั้นรูปธรรม (Concrete Stage) คือ การให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติจริงกับวัตถุหรือสื่อรูปธรรม เช่น แท่งนับ ลูกปัด หรือบล็อกตัวเลข เพื่อให้เข้าใจแนวคิดการลบในสถานการณ์จริง 2) ขั้นภาพแทน (Pictorial Stage) คือ การใช้ภาพ สัญลักษณ์ หรือแบบจำลองแทนวัตถุ เพื่อช่วยให้ผู้เรียนเชื่อมโยงแนวคิดจากรูปธรรมสู่ภาพแทน และ 3) ขั้นนามธรรม (Abstract Stage) คือ การใช้สัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ เช่น ตัวเลขและเครื่องหมายลบ เพื่อแสดงกระบวนการคิดในเชิงนามธรรม

ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย

ตัวแปรจัดกระทำ ได้แก่ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิด Concrete – Pictorial – Abstract (CPA)

ตัวแปรตาม ได้แก่ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง การลบที่มีการกระจาย ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1

กรอบแนวคิดการวิจัย



ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เรียกว่า กลุ่มเป้าหมายเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนสาธิตละอออุทิศนครนายก ที่เรียนสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เรื่อง การลบที่มีการกระจาย ในภาคการศึกษาที่ 2 ปีการศึกษา 2568 จำนวน 30 คน ซึ่งได้มาจากการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Selecting) ประกอบด้วยนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1/1 จำนวน 15 คน และนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1/2 จำนวน 15 คน โดยที่โรงเรียนได้จัดห้องเรียนแบบคละความสามารถในการเรียนรู้ของนักเรียน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง และเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิด Concrete – Pictorial – Abstract (CPA) เรื่อง การลบที่มีการกระจาย สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 4 แผน มีจำนวนคาบเรียนที่ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทั้งหมด 4 คาบเรียน คาบเรียนละ 50 นาที ซึ่งผู้วิจัยเป็นผู้สร้างขึ้นเอง โดยศึกษาค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เรื่อง การลบที่มีการกระจาย ชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 และการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิด CPA ที่พัฒนามาจากแนวคิดการเรียนรู้ของ Jerome Bruner ซึ่งกล่าวถึงกระบวนการเรียนรู้ผ่าน 3 ขั้นตอน ดังนี้ 1) ขั้นรูปธรรม 2) ขั้นกึ่งรูปธรรม และ 3) ขั้นนามธรรม แล้วสร้างแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยมีการศึกษามาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด เพื่อกำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ ออกแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิด CPA เรื่อง การลบที่มีการกระจาย ชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ซึ่งประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ขั้นรูปธรรม (Concrete Stage) เป็นการให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติจริงกับวัตถุหรือสื่อรูปธรรม เช่น แท่งนับ ลูกปัด หรือบล็อกตัวเลข เพื่อให้เข้าใจแนวคิดการลบในสถานการณ์จริง 2) ขั้นภาพแทน (Pictorial Stage) เป็นการใช้ภาพ สัญลักษณ์ หรือแบบจำลองแทนวัตถุ เพื่อช่วยให้ผู้เรียนเชื่อมโยงแนวคิดจากรูปธรรมสู่ภาพแทน และ 3) ขั้นนามธรรม (Abstract Stage) เป็นการใช้สัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ เช่น ตัวเลขและเครื่องหมายลบ เพื่อแสดงกระบวนการคิดในเชิงนามธรรม จัดทำสื่อการเรียนรู้ และกำหนดวิธีวัดและประเมินผลการเรียนรู้ จากนั้นจึงนำแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิด Concrete – Pictorial – Abstract (CPA) เรื่อง การลบที่มีการกระจาย สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 เสนอต่ออาจารย์นิเทศก์ และครูพี่เลี้ยง เพื่อพิจารณาให้ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับความเหมาะสมของการจัดการเรียนรู้ สื่อการเรียนรู้ การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ของนักเรียน จำนวนคาบเรียนที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ แล้วนำข้อเสนอแนะของอาจารย์นิเทศก์ และครูพี่เลี้ยงมาใช้ในการปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ให้มีความเหมาะสม พร้อมที่จะนำไปใช้ในการทดลองกับกลุ่มเป้าหมาย

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง การลบที่มีการกระจาย ชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 เป็นแบบปรนัย ชนิดเลือกตอบ 3 ตัวเลือก จำนวน 10 ข้อ ใช้เวลาในการทดสอบ 50 นาที ซึ่งผู้วิจัยเป็นผู้สร้างขึ้นเอง ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลก่อนเรียนและหลังเรียน โดยศึกษาหลักการพื้นฐานของการวัดและประเมินผลในเชิงปริมาณ และแนวทางการสร้างเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลในส่วนของแบบทดสอบที่มีลักษณะเป็นแบบปรนัยเพื่อวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียน ศึกษาการวัดพฤติกรรมด้านพุทธิพิสัยทางคณิตศาสตร์ คุณลักษณะที่ดีของแบบทดสอบ การวิเคราะห์ข้อสอบ แล้ววิเคราะห์มาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด สาระการเรียนรู้แกนกลาง เรื่อง การลบที่มีการกระจาย ชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 และจุดประสงค์การเรียนรู้ สร้างตารางวิเคราะห์ความสอดคล้องระหว่างเนื้อหา จุดประสงค์การเรียนรู้ กับข้อสอบในแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง การลบที่มีการกระจาย ชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 1 ฉบับ เป็นแบบทดสอบที่มีลักษณะเป็นแบบปรนัย ชนิดเลือกตอบ 3 ตัวเลือก มีจำนวนข้อสอบ

ทั้งหมด 10 ข้อ มีคะแนนเต็ม 10 คะแนน ซึ่งนักเรียนแต่ละคนจะต้องเลือกคำตอบที่ถูกต้องเพียงคำตอบเดียวตามลักษณะของข้อคำถาม โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้ ถ้าตอบถูก ให้ข้อละ 1 คะแนน ถ้าตอบผิด หรือเลือกตอบมากกว่า 1 ตัวเลือก หรือไม่ตอบ ให้ข้อละ 0 คะแนน จากนั้นจึงนำแบบทดสอบ เสนอต่ออาจารย์นิเทศก์ และครูพี่เลี้ยง เพื่อพิจารณาให้ข้อเสนอแนะเบื้องต้นก่อนนำแบบทดสอบเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 คน เพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) โดยพิจารณาความสอดคล้องระหว่างเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ จุดประสงค์การเรียนรู้ และเนื้อหาของข้อสอบ โดยใช้ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) เป็นเกณฑ์การตัดสิน โดยมีระดับการให้คะแนนดังต่อไปนี้

แน่ใจว่ามีความสอดคล้องกันระหว่างเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ และจุดประสงค์การเรียนรู้กับเนื้อหาของข้อสอบ ประเมินให้	1	คะแนน
ไม่แน่ใจว่ามีความสอดคล้องกันระหว่างเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ และจุดประสงค์การเรียนรู้กับเนื้อหาของข้อสอบ ประเมินให้	0	คะแนน
แน่ใจว่าไม่มีความสอดคล้องกันระหว่างเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ และจุดประสงค์การเรียนรู้กับเนื้อหาของข้อสอบ ประเมินให้	-1	คะแนน

ดำเนินการคำนวณค่าดัชนีความสอดคล้องและแปลผล โดยข้อสอบทั้ง 10 ข้อ มีค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ 0.67 ขึ้นไป แสดงว่ามีความสอดคล้องกันระหว่างเนื้อหาทางคณิตศาสตร์และจุดประสงค์การเรียนรู้ กับเนื้อหาของข้อสอบ ผู้วิจัยนำข้อสอบมาปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ แล้วจึงนำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง การลบที่มีการกระจาย ชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ที่มีจำนวนข้อสอบทั้งหมด 10 ข้อ คะแนนเต็ม 10 คะแนน ใช้เวลาในการทดสอบ 50 นาที มาจัดรูปแบบให้สมบูรณ์เพื่อนำไปใช้เก็บรวบรวมข้อมูลกับนักเรียนที่เป็นกลุ่มเป้าหมายในการวิจัย

การดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลจากนักเรียนกลุ่มเป้าหมายด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง การลบที่มีการกระจาย ชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ซึ่งเป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลก่อนเรียน โดยใช้เวลาในการทดสอบ 50 นาที

2. ผู้วิจัยดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้กับนักเรียนกลุ่มเป้าหมายตามแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิด Concrete – Pictorial – Abstract (CPA) เรื่อง การลบที่มีการกระจาย สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 4 แผน ใช้เวลาเรียน 4 คาบเรียน คาบเรียนละ 50 นาที

3. ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลจากนักเรียนกลุ่มเป้าหมายด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง การลบที่มีการกระจาย ชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ภายหลังจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิด Concrete – Pictorial – Abstract (CPA) เรื่อง การลบที่มีการกระจาย สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 เสร็จสิ้นลง ซึ่งเป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลหลังเรียน โดยใช้เวลาในการทดสอบ 50 นาที

4. ผู้วิจัยนำผลคะแนนจากการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนมาวิเคราะห์

การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้

การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง การลบที่มีการกระจาย ชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ของนักเรียน เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลในเชิงปริมาณ โดยนำผลคะแนนที่เก็บรวบรวมได้มาทำการวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง การลบที่มีการกระจาย ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้สถิติเชิงพรรณนา และคำนวณค่า

ร้อยละของคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง การลบที่มีการกระจาย ชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 หลังเรียนของนักเรียนที่เป็นกลุ่มเป้าหมาย เทียบกับเกณฑ์การบรรลุเป้าหมายของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งกำหนดไว้ว่านักเรียนกลุ่มเป้าหมายต้องมีค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง การลบที่มีการกระจาย ชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 หลังเรียน ไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม

ผลการวิจัย

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง การลบที่มีการกระจาย ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ที่เป็นกลุ่มเป้าหมาย ก่อนเรียนและหลังเรียน โดยนำผลคะแนนที่เก็บรวบรวมได้มาทำการวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ปรากฏผลดังตารางที่ 1 ต่อไปนี้

ตารางที่ 1 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง การลบที่มีการกระจาย ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ที่เป็นกลุ่มเป้าหมาย ก่อนเรียนและหลังเรียน

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง การลบที่มีการกระจาย	จำนวนนักเรียน (คน)	คะแนนเต็ม (คะแนน)	คะแนนเฉลี่ย (คะแนน)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ก่อนเรียน	30	10	6.03	2.19
หลังเรียน	30	10	7.80	1.30

จากตารางที่ 1 พบว่า นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 มีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง การลบที่มีการกระจาย ก่อนเรียน 6.03 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 2.19 และมีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง การลบที่มีการกระจาย หลังเรียน 7.80 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.30 ดังนั้น นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 มีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง การลบที่มีการกระจาย หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง การลบที่มีการกระจาย ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ที่เป็นกลุ่มเป้าหมาย หลังเรียนเทียบกับเกณฑ์การบรรลุเป้าหมายของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยนำผลคะแนนที่เก็บรวบรวมได้มาทำการวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย และค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ย เทียบกับเกณฑ์ไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม ปรากฏผลดังตารางที่ 2 ต่อไปนี้

ตารางที่ 2 คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง การลบที่มีการกระจาย ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 หลังเรียน เทียบกับเกณฑ์ไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง การลบที่มีการกระจาย	จำนวนนักเรียน (คน)	คะแนนเฉลี่ยผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม 10 คะแนน (คะแนน)	คะแนนเฉลี่ยที่ได้ของคะแนนเต็ม 10 คะแนน (คะแนน)	ค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยที่ได้
หลังเรียน	30	7	7.80	78

จากตารางที่ 2 พบว่า นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 มีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง การลบที่มีการกระจาย หลังเรียน 7.80 คะแนน จากคะแนนเต็ม 10 คะแนน คิดเป็นค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ย 78 ซึ่งผ่านเกณฑ์การบรรลุเป้าหมายของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยต้องมีคะแนนเฉลี่ยไม่น้อยกว่า 7 คะแนน จากคะแนนเต็ม 10 คะแนน ซึ่งคิดเป็นค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ย 70 ที่กำหนด ดังนั้น นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 มีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง การลบที่มีการกระจาย หลังเรียน 7.80 คะแนน จากคะแนนเต็ม 10 คะแนน คิดเป็นคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 78 ซึ่งผ่านเกณฑ์คะแนนเฉลี่ยร้อยละ 70 ที่กำหนดไว้

การอภิปรายผล

ในการดำเนินงานวิจัย เรื่อง ผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิด Concrete - Pictorial - Abstract (CPA) ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง การลบที่มีการกระจาย ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 สามารถอภิปรายผลการวิจัยได้ดังนี้

จากผลการวิจัยที่พบว่า นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิด CPA มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง การลบที่มีการกระจาย หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน โดยมีคะแนนเฉลี่ยสูงขึ้นจาก 6.03 คะแนน เป็น 7.80 คะแนน และนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิด CPA มีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง การลบที่มีการกระจาย หลังเรียน คิดเป็นร้อยละ 78 ของคะแนนเต็ม ซึ่งบรรลุเป้าหมายของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่กำหนดไว้ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่าในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้เลือกใช้รูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ซึ่งเปิดโอกาสให้นักเรียนได้เรียนรู้ผ่านประสบการณ์ตรงจากสื่อรูปธรรม (Concrete) เช่น การใช้แท่งสิบ–หน่วยในการแสดงการ "กระจาย" หรือที่เรียกว่า "ยืม" จากนั้นจึงเชื่อมโยงไปสู่การใช้ภาพแทน (Pictorial) และค่อยๆ พัฒนาไปสู่การใช้สัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ (Abstract) อย่างเป็นลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีการเรียนรู้ของ Bruner (1966) ที่เสนอว่าการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพควรมีกระบวนการจากขั้นการกระทำ (Enactive) ไปสู่ขั้นภาพแทน (Iconic) และขั้นสัญลักษณ์ (Symbolic) และสอดคล้องกับทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของ Piaget (1972) ที่ระบุว่าเด็กในช่วงวัยประถมศึกษาตอนต้นอยู่ในขั้นปฏิบัติการรูปธรรม (Concrete Operational Stage) ซึ่งสามารถเข้าใจแนวคิดทางคณิตศาสตร์ได้ดีเมื่อมีสื่อการเรียนรู้หรือสถานการณ์ที่เป็นรูปธรรมรองรับก่อนเข้าสู่การคิดเชิงนามธรรม การจัดกิจกรรมตามแนวคิด CPA จึงมีความเหมาะสมกับพัฒนาการการเรียนรู้ของนักเรียนในชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ซึ่งผลการวิจัยดังกล่าว สอดคล้องกับงานของ Carbonneau et al (2013) ที่พบว่าการใช้สื่อรูปธรรมในการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ช่วย

เสริมสร้างความเข้าใจเชิงมโนทัศน์และเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ได้ โดยเฉพาะในระดับประถมศึกษา ทั้งนี้ การลบที่มีการกระจายเป็นเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับความเข้าใจค่าประจำหลักและโครงสร้างของจำนวนในระบบตัวเลขฐานสิบ หากนักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง จับต้องกับสิ่งที่เป็นรูปธรรมก่อน จะช่วยลดความสับสนในความหมายของการกระจาย และลดข้อผิดพลาดในการคิดคำนวณ ทั้งนี้แนวทางดังกล่าวยังสอดคล้องกับแนวทางการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนมีความเข้าใจเชิงมโนทัศน์ อธิบายวิธีคิด และเชื่อมโยงกระบวนการทางคณิตศาสตร์ได้ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560) ซึ่งสอดคล้องกับผลงานวิจัยส่วนหนึ่งของอัครพล อนุพันธ์ และคณะ (2567) ที่พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์และการนำเสนอทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 กลุ่มที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิด CPA สูงกว่ากลุ่มที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

บทสรุป

สรุปผลการวิจัย

1. นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิด CPA มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง การลบที่มีการกระจาย หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน โดยมีคะแนนเฉลี่ยสูงขึ้นจาก 6.03 คะแนน เป็น 7.80 คะแนน

2. นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิด CPA มีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง การลบที่มีการกระจาย หลังเรียน คิดเป็นร้อยละ 78 ของคะแนนเต็ม ซึ่งบรรลุเป้าหมายของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่กำหนดไว้

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ผู้สอนสามารถนำแนวคิด CPA ไปประยุกต์ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง การลบที่มีการกระจาย ของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ได้อย่างเป็นระบบ

2. ผู้สอนสามารถใช้ผลการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน เพื่อประเมินและพัฒนาการเรียนรู้คณิตศาสตร์ของนักเรียนได้อย่างเป็นรูปธรรม และสามารถนำผลที่ได้ไปใช้วางแผนปรับปรุงการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ให้เหมาะสมกับผู้เรียนแต่ละคน

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1. จากผลการวิจัยครั้งนี้พบว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิด CPA สามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง การลบที่มีการกระจาย ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ได้อย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากแนวคิดดังกล่าวเปิดโอกาสให้นักเรียนสร้างความเข้าใจจากประสบการณ์ที่มีความเป็นรูปธรรมก่อนพัฒนาไปสู่การใช้ภาพและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์อย่างเป็นลำดับ ซึ่งผู้สอนในระดับประถมศึกษาควรออกแบบและใช้สถานการณ์ในชีวิตจริงที่มีความหมายสอดคล้องกับประโยคสัญลักษณ์การลบที่ต้องการเรียนรู้ และใช้เวลาอย่างเพียงพอสำหรับนักเรียนในการเรียนรู้อย่างมีความหมายนี้ อีกทั้งคำนึงถึงการเชื่อมโยงประสบการณ์ในการเรียนรู้ในแต่ละขั้นตอน โดยเฉพาะในเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับค่าประจำหลักและการดำเนินการทางจำนวนที่มีการกระจายซึ่งเป็นแนวคิดที่เป็นนามธรรมสำหรับนักเรียนในช่วงวัยประถมศึกษาตอนต้น

2. ผู้สอนควรออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริงผ่านสื่อรูปธรรม เช่น แท่งสิบ–หน่วย หรืออุปกรณ์แทนจำนวน ก่อนเชื่อมโยงไปสู่การใช้ภาพและสัญลักษณ์ เพื่อช่วยสร้างความหมายในการเรียนรู้ และลดความคลาดเคลื่อนในการคำนวณอันเนื่องมาจากการเรียนรู้เพียงแค่การจดจำขั้นตอนการดำเนินการเท่านั้น

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรมีการศึกษาวิจัยความเหมาะสมของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิด CPA กับผู้เรียนที่มีระดับความสามารถแตกต่างกันหรือผู้เรียนเฉพาะกลุ่ม

2. ควรมีการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิด CPA ร่วมกับการใช้เทคโนโลยีดิจิทัล

3. ควรศึกษาผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิด CPA ในตัวแปรด้านอื่นเพิ่มเติม เช่น ความเข้าใจเชิงมโนทัศน์ (Conceptual Understanding) ความสามารถในการให้เหตุผลในการอธิบายวิธีคิด หรือความคงทนของความรู้ในระยะยาว ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดการพัฒนาความเข้าใจเชิงลึกทางคณิตศาสตร์

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อรรถศาสน์ นิมิตรพันธ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ธนพรรษ พฤกษะวัน อาจารย์นิเทศก์ และครูนฤมล จันทร์เปรม ครูพี่เลี้ยง ที่ได้ให้คำปรึกษาและข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ต่อการวิจัย และขอบคุณนักเรียน และโรงเรียนสาธิตละอออุทิศ นครนายก ที่อำนวยความสะดวกในฐานะของแหล่งฝึกประสบการณ์วิชาชีพและแหล่งข้อมูลในการทดลอง และเก็บรวบรวมข้อมูลของผู้วิจัย

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560). โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย: กรุงเทพฯ.

ณัฐพล หงษ์ทอง ธีรโชติ โลกธาตุ และณรงศักดิ์ รอบคอบ. (2567). ผลการจัดการเรียนรู้แบบเปิดร่วมกับแนวคิด Concrete-Pictorial-Abstract (CPA) ที่มีต่อความรู้สึกเชิงจำนวนและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การลบของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1. วารสารวิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ศึกษา. 7(2): 433-445.

ทิศนา แขมมณี. (2560). ศาสตร์การสอน: องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ (พิมพ์ครั้งที่ 21). สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย: กรุงเทพฯ.

รัศมี ศิริกัมพลา และวนินทร พูนไพบูลย์พิพัฒน์. (2563). การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ Concrete-Pictorial-Abstract (CPA) ที่ส่งเสริมมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การบวก การลบ การคูณ การหาร ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4. วารสารวิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ศึกษา. 3(2): 155-164.

สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ. (2567). ประกาศผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O-NET) ปีการศึกษา 2566. สืบค้นจาก https://www.niets.or.th/

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2560). คู่มือการใช้หลักสูตร กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560). โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย: กรุงเทพฯ.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2563). การเรียนการสอนคณิตศาสตร์โดยใช้ตัวแทนความคิดทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Representation) และการนึกภาพทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Visualization). นิตยสาร สสวท. 48(224): 22-28.

สุภาภรณ์ พรหมทอง. (2564). ผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิด Concrete–Pictorial–Abstract (CPA) ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่องการบวกและการลบ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1. วารสารครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี. 8(1): 35–47.

อรรถศาสน์ นิมิตรพันธ์. (2568). เอกสารประกอบการสอนรายวิชาจำนวนและการดำเนินการ (เอกสารอัดสำเนา). มหาวิทยาลัยสวนดุสิต: กรุงเทพฯ.

อัมพร ม้าคนอง. (2558). การสอนคณิตศาสตร์: แนวคิดและกระบวนการที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ. ศูนย์ตำราและเอกสารทางวิชาการ คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย: กรุงเทพฯ.

Bruner J. S. (1966). Toward a theory of instruction. Harvard University Press: The United States of America.

Carbonneau K. J., Marley S. C. and Selig J. P. (2013). A meta-analysis of the efficacy of teaching mathematics with concrete manipulatives. Journal of Educational Psychology. 105(2): 380–400.

Cheng W. (2019). The Formation and Evolution of National Cultural Security Issues. He-nan Social Sciences. 27: 109-113.

National Council of Teachers of Mathematics. (2000). Principles and Standards for School Mathematics. Reston. NCTM: The United States of America.

Piaget J. (1972). The origins of intelligence in children. International Universities Press: The United States of America.

Putri H. E. et al. (2020). Influence of Concrete–Pictorial–Abstract (CPA) approach on the enhancement of primary school students' mathematical reasoning ability. Mimbar Sekolah Dasar. 7(1): 119-132.

Sadsang W., Kasemsukpipat W. and Somchaipeng T. (2022). The Effects of Using Concrete Pictorial Abstract (CPA) Approach on the Mathematical Concepts of Fifth Grade Students in Addition, Subtraction, Multiplication and Division of Fractions. Stou Education Journal. 15(2): 193-207.

Van de Walle J. et al. (2024). Primary and Middle Years Mathematics: Teaching Developmentally. (2nd ed.) Pearson Australia Group: The United States of America.

Vygotsky L. S. (1997). Educational Psychology. CRC Press.: The United States of America.

ผลการใช้ชุดกิจกรรมลากเส้นสร้างสรรค์เพื่อส่งเสริมความสามารถในการเขียนของเด็กปฐมวัย
The effectiveness of using creative tracing activity sets to promote writing ability in preschool children.

จุฑามาศ นิยมเอื้อ[1*] ศุธิสา ยอดคำ[1] ณัฐิดา ศรีทอง[1] กฤษฎิ์ การจนา[1] และขวัญใจ จริยาทัศน์กร[1]
Jutamas Niyomaue[1], Suthisa Yodkham[1], Nattida Srithong[1],
Krit Kanchana[1], and Kwanjai Jariyatatkone[1]

[1] คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต ศูนย์การศึกษา นครนายก
[1] Faculty of Education, Suan Dusit University (Nakhon Nayok Off-Campus Education Center)
[*]Corresponding Author E-mail Address : jutamasx006@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบความสามารถในการเขียนของเด็กปฐมวัยก่อนและหลังการใช้ชุดกิจกรรมลากเส้นสร้างสรรค์ กลุ่มเป้าหมาย คือ เด็กปฐมวัย ชาย -หญิง อายุ 5-6 ปี ที่กำลังศึกษาอยู่ในชั้นอนุบาล 3 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2568 ของโรงเรียนบ้านเขาส่องกล้อง จำนวนน 11 คน ได้มาโดยการเลือกแบบเฉพาะเจาจง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย แผนการจัดประสบการณ์ชุดกิจกรรมลากเส้นสร้างสรรค์ จำนวน 8 แผน และแบบประเมินความสามารถในการเขียนของเด็กปฐมวัย การวิเคราะห์ข้อมูลใช้ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าดัชนีประสิทธิผล ผลการวิจัย พบว่า 1) ความสามารถในการเขียนของเด็กปฐมวัยหลังการใช้ชุดกิจกรรมลากเส้นสร้างสรรค์สูงขึ้น โดยก่อนการใช้ชุดกิจกรรมลากเส้นสร้างสรรค์ ภาพรวมอยู่ในระดับปฏิบัติได้พอใช้ (μ = 2.28, σ = .34) และหลังการใช้ชุดกิจกรรมลากเส้นสร้างสรรค์ ภาพรวมอยู่ในระดับปฏิบัติได้ดี (μ = 2.80, σ = .07) และ 2) การเปรียบเทียบความสามารถในการเขียนของเด็กปฐมวัยก่อนและหลังการใช้ชุดกิจกรรมลากเส้นสร้างสรรค์ พบว่า โดยภาพรวมเด็กปฐมวัยมีดัชนีประสิทธิผลเท่ากับ 0.7261 แสดงว่าเด็กปฐมวัยมีคะแนนความสามารถในการเขียนเพิ่มขึ้น 0.7261 คิดเป็นร้อยละ 72.61

คำสำคัญ: ชุดกิจกรรมลากเส้นสร้างสรรค์, ความสามารถในการเขียน, เด็กปฐมวัย

Abstract

This research aimed to study and compare the writing ability of preschool children before and after using creative tracing activity sets. The target group consisted of 11 male and female preschool children aged 5-6 years old, studying in Kindergarten 3, Semester 2, Academic Year 2025, at Ban Khao Song Klong School, selected using purposive sampling. The research instruments included 8 lesson plans for the creative tracing activity sets and a preschool children's writing ability assessment form. Data analysis used mean, standard deviation, and effectiveness index. The research results showed that 1) The writing ability

of preschool children improved after using the creative tracing activity sets. Before using the creative tracing activity sets, the overall level was at a satisfactory level (μ = 2.28, σ = .34), and after using the creative tracing activity sets, the overall level was at a good level (μ = 2.80, σ = .07). and 2) A comparison of preschool children's writing abilities before and after using the creative tracing activity sets revealed that, overall, the effectiveness index was 0.7261, indicating that the children's writing ability scores increased by 0.7261, or 72.61%.

Keywords: Creative tracing activity sets, Writing ability, Preschool children

บทนำ

เด็กปฐมวัย เป็นช่วงวัยที่เด็กจะมีพัฒนาการอย่างรวดเร็วทั้งด้านร่างกาย อารมณ์ สังคม สติปัญญา และการเคลื่อนไหว เด็กปฐมวัยเป็นช่วงวัยของการสร้างรากฐานสำหรับการเติบโตและการเรียนรู้ในชีวิต ดังนั้นการพัฒนาเด็กปฐมวัยจึงเป็นสิ่งสำคัญในประเทศไทยมาก มีเด็กปฐมวัยจำนวนมากที่ขาดการดูแลและการกระตุ้นพัฒนาการอย่างเหมาะสม เพื่อเป็นการวางรากฐานชีวิตที่แข็งแรงให้กับเด็กปฐมวัย ในเรื่องการคิดวิเคราะห์ การคิดสร้างสรรค์ การคิดผลิตภาพและการคิดรับผิดชอบในการพัฒนาเด็กปฐมวัยให้มีคุณลักษณะดังกล่าว ควรพัฒนาให้เด็กสร้างความรู้ด้วยตนเองจากการลงมือกระทำเรียนรู้ผ่านการเล่น ได้ปฏิบัติจริง และนำความรู้ไปสร้างสรรค์เป็นชิ้นงาน ซึ่งการจัดประสบการณ์การเรียนรู้ผ่านกิจกรรมกลุ่มเป็นวิธีการหนึ่งที่จะช่วยพัฒนาเด็กปฐมวัย อย่างไรก็ตามการพัฒนาเด็กปฐมวัยจะต้องสอดคล้องกับจุดมุ่งหมายของหลักสูตรการศึกษาปฐมวัยพุทธศักราช 2560 ซึ่งเด็กปฐมวัยทุกคนจะต้องได้รับการพัฒนาอย่างเป็นองค์รวม โดยพัฒนาอย่างรอบด้านอย่างสมดุล (กันตวรรณ มีสมสาร และกัญจนา ศิลปะกิจยาน, 2561, 177)

การเขียนเป็นการถ่ายทอดความคิดความรู้สึกและความเข้าใจของตนเองออกมาเป็นตัวอักษร เพื่อสื่อความหมายให้ผู้อื่นเข้าใจทั้งยังเป็นเครื่องมือในการพัฒนาความคิด และสติปัญญา การเขียนจึงเป็นทักษะการแสดงออกทางภาษาที่สำคัญในการสอบและการเรียนทุกวิชา การเขียนเป็นทักษะที่มีความยากและต้องอาศัยพื้นฐานความรู้ความสามารถจึงจะเขียนตัวอักษรได้การเขียนยังเป็นทักษะที่สลับซับซ้อนกว่าทักษะอย่างอื่น จะเห็นได้ว่าเด็กสามารถเขียนได้จะต้องสามารถฟัง พูด และอ่านได้มาก่อนในตอนเริ่มแรกเด็กจะต้องหัดเขียนเส้นต่าง ๆ ก่อนหลายอย่างประกอบกัน กล่าวคือ ต้องใช้ความสามารถทางสมอง สายตา และกล้ามเนื้อมือให้ประสานสัมพันธ์กัน เพื่อแสดงออกในรูปของลายลักษณ์อักษรเพื่อให้เด็กคนอื่นเข้าใจ ดังนั้นการฝึกเขียนให้กับเด็กปฐมวัย ครูผู้สอนต้องเข้าใจพัฒนาการและความพร้อมของเด็กแต่ละคน นอกจากนี้ครูจะต้องเข้าใจหลักการสอนเขียน เทคนิคและวิธีการจัดองค์ประกอบที่สามารถสนองตอบการเรียนรู้ของเด็กเป็นอย่างดีเพื่อเด็กได้ฝึกและเรียนรู้ได้เต็มศักยภาพที่มีอยู่ในตัวเด็ก การเขียนเป็นทักษะที่มีความยากมากกว่าทักษะการฟัง พูดและอ่าน เพราะการเขียนที่ดีต้องอาศัยความสามารถหลายอย่างประกอบกัน กล่าวคือ ผู้เขียนจะต้องใช้ความสามารถทางด้านสมอง สายตา และกล้ามเนื้อมือให้ประสานสัมพันธ์กันแล้วแสดงออกในรูปของระบบสื่อสารที่มนุษย์คิดขึ้นสำหรับใช้ติดต่อกัน ภาษาเขียนจึงช่วยพัฒนาความคิดสติปัญญาและทัศนคติ (ลำพึง มามี, 2567, 33) การเขียนเป็นทักษะการใช้มือที่ซับซ้อนต้องอาศัยพัฒนาการและองค์ประกอบหลายอย่าง ทั้งพัฒนาการของกล้ามเนื้อมัดเล็ก การทำงานสัมพันธ์กันของตาและมือ ความสามารถในการผสมผสานข้อมูลทางสายตาและการเคลื่อนไหว ดังนั้น สิ่งที่พ่อแม่หรือครูจะทำได้คือ ส่งเสริมสนับสนุนพัฒนาการในขั้นพื้นฐานหรือการเริ่มต้น อันหมายถึง การพัฒนากล้ามเนื้อมัดเล็กของเด็กให้มีความแข็งแรง คล่องแคล่ว และทำงานประสานกันเป็นอย่างดีกับสายตา การ

ที่เด็กได้พัฒนาการเคลื่อนไหวใช้กล้ามเนื้อมัดเล็ก การฝึกประสาทสัมผัส และการฝึกคิดโดยมีสิ่งเร้าทั้งที่ เป็นตัวบุคคลและกิจกรรมหรือประสบการณ์ที่ช่วยกระตุ้นให้เด็กเกิดพัฒนาการทุกด้าน ซึ่งถ้าหากเด็กไม่ได้รับการพัฒนากล้ามเนื้อมือไปในทางที่ถูกต้อง รวมทั้งไม่เคยเรียนรู้ที่จะช่วยเหลือตัวเองแล้ว จะส่งผลให้เกิดปัญหาในด้านการเขียน และถ้าหากเด็กถูกเร่งรัดให้หัดเขียนโดยที่ยังไม่มีความพร้อมจะเป็นผลเสียกับสุขภาพจิตของเด็ก และการเขียนอย่างมาก เนื่องจากจะทำให้พัฒนาการเขียนได้ช้า ตัวหนังสืออ่านยาก ไม่สวยงาม เบื่อและไม่ชอบการเขียน ที่สำคัญจะทำให้เด็กขาดความภาคภูมิใจในตนเองและรู้สึกคับข้องใจที่ไม่สามารถเขียนได้ (ทองใบ สวัสดิ์ผล, 2561, 2) นอกจากนั้นจะส่งผลไปถึงการเรียนหนังสือ การทำกิจกรรมอื่นๆ เด็กทำงานด้วยตนเองไม่เป็นต้องอาศัยผู้อื่นคอยให้ความช่วยเหลือ หรือพ่อแม่ ผู้ปกครองทำให้ตลอดเวลา เด็กจะเจริญเติบโตในทางที่ผิดจากความเป็นมาและความสำคัญที่กล่าวมาข้างต้น การเขียนถือเป็นสิ่งที่สำคัญสำหรับเด็กปฐมวัยอย่างยิ่ง เพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการสื่อสาร

จากการสังเกตพัฒนาการด้านภาษาและการเขียนของเด็กปฐมวัยในชั้นเรียน พบว่า เด็กกลุ่มหนึ่งยังมีความบกพร่องด้านทักษะการเขียนในหลายลักษณะ เช่น การเขียนกลับลำดับคำ การเขียนตัวอักษรหรือตัวสะกดติดกันเป็นคำเดียว และการเขียนตัวอักษรกลับด้าน ซึ่งล้วนเป็นข้อผิดพลาดที่สะท้อนถึงการควบคุม การประสานงานระหว่างตา–มือ และความเข้าใจในโครงสร้างภาษาไทยที่ยังพัฒนาไม่สมบูรณ์ ปัญหาเหล่านี้ส่งผลให้การเขียนของเด็กขาดความถูกต้อง ไม่สอดคล้องตามมาตรฐานพัฒนาการด้านภาษาและการสื่อสารตามช่วงวัย จึงจำเป็นต้องมีการจัดกิจกรรมหรือสื่อการเรียนรู้ที่ช่วยแก้ไขข้อบกพร่องดังกล่าว และส่งเสริมให้เด็กสามารถพัฒนาทักษะการเขียนได้อย่างถูกต้อง มีลำดับขั้น และสอดคล้องกับพัฒนาการทางภาษาที่พึงประสงค์ คณะผู้วิจัยจึงมีความสนใจศึกษาความาสารถด้านการเขียน และเพื่อเปรียบเทียบศึกษาความาสารถด้านการเขียนก่อนและหลังใช้ชุดกิจกรรมลากเส้นสร้างสรรค์ นอกจากนี้เด็กปฐมวัยจะได้รับการเสริมสร้างพัฒนาการด้านการเขียนอย่างเป็นธรรมชาติและมีความหมาย อันจะเป็นการวางรากฐานความพร้อมด้านการเขียนเพื่อพัฒนาตนเองไปสู่ทักษะที่พึงประสงค์ พร้อมรับมือกับความเปลี่ยนแปลงที่จะเกิดขึ้นในศตวรรษที่ 21 เป็นพลเมืองที่มีคุณภาพของชาติต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาความสามารถในการเขียนของเด็กปฐมวัยก่อนและหลังการใช้ชุดกิจกรรมลากเส้นสร้างสรรค์
2. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการเขียนของเด็กปฐมวัยก่อนและหลังการใช้ชุดกิจกรรมลากเส้นสร้างสรรค์

ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

ความสามารถในการเขียนของเด็กปฐมวัย หมายถึง ความสามารถของเด็กปฐมวัยที่สามารถขีดเขียนถ่ายทอดความคิด ความรู้สึก และความหมายต่างๆ ออกมาเป็นเส้น เป็นลายลักษณ์อักษร ซึ่งจะมีการพัฒนาไปตามวัย โดยไม่จำเป็นต้องถูกต้องตามหลักการเขียน ในระยะแรกจะเน้นที่การสื่อสารความหมายผ่านลายเส้น ซึ่งประเมินได้จากเกณฑ์ในการประเมิน 4 ขั้น ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นโดยอาศัยแนวคิดของ อุไรวรรณ มาตมุงคุณ (2554, 4) ดังนี้

1. ขั้นขีดเขี่ยแทนเขียน เป็นระยะเริ่มต้นของพัฒนาการด้านการเขียน ซึ่งมักพบในเด็กปฐมวัยตอนต้น เด็กจะใช้การลากเส้น ขีดเส้น วาดเป็นวง หรือทำรอยต่าง ๆ บนกระดาษโดยยังไม่สามารถสร้างรูปแบบที่เป็นตัวอักษรจริงได้ อย่างไรก็ตาม การขีดเขี่ยดังกล่าวมิใช่พฤติกรรมที่ไร้ความหมาย แต่เป็นกระบวนการเรียนรู้ที่สะท้อนถึงความเข้าใจเบื้องต้นว่า "สัญลักษณ์บนกระดาษสามารถสื่อสารความหมายได้"

2. ขั้นเขียนตามรอยหรือแบบ เป็นระยะที่เด็กเริ่มได้รับการฝึกฝนอย่างมีทิศทาง โดยมีตัวอย่างหรือเส้นประให้ลากตาม เด็กจะเขียนตามรอยเส้น รูปร่าง หรือตัวอักษรที่กำหนด ซึ่งช่วยส่งเสริมการควบคุมกล้ามเนื้อมัดเล็กให้แม่นยำมากขึ้น รวมถึงการเรียนรู้ทิศทางการเขียนที่ถูกต้อง เช่น การเขียนจากซ้ายไปขวา หรือจากบนลงล่าง

3. ขั้นเขียนโดยคัดลอกเลียนแบบ เป็นระยะที่เด็กสามารถมองเห็นตัวอย่าง เช่น ตัวอักษร คำ หรือประโยค แล้วถ่ายทอดออกมาใกล้เคียงต้นแบบได้ แม้ยังอาจมีความคลาดเคลื่อนด้านรูปทรง ขนาด หรือการเว้นระยะ แต่สะท้อนถึงความสามารถในการสังเกต การจดจำรูปแบบ และการประสานงานระหว่างตาและมือที่พัฒนาขึ้นอย่างชัดเจน

4. ขั้นเขียนโดยไม่มีแบบและกฎเกณฑ์ เป็นระยะที่เด็กเริ่มเขียนอย่างอิสระโดยไม่ต้องอาศัยตัวอย่างตรงหน้า การเขียนในช่วงนี้อาจมีลักษณะสะกดคำตามเสียง (Invented spelling) เขียนกลับด้าน หรือจัดวางตัวอักษรไม่เป็นระเบียบตามมาตรฐานทางภาษา อย่างไรก็ตาม ลักษณะดังกล่าวสะท้อนถึงกระบวนการคิด วิเคราะห์เสียงภาษา และความพยายามเชื่อมโยงเสียงกับสัญลักษณ์ด้วยตนเอง

ชุดกิจกรรมลากเส้นสร้างสรรค์ หมายถึง สื่อการเรียนการสอนที่ใช้ในการจัดประสบการณ์เรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถในการเขียนของเด็กปฐมวัย โดยให้เด็กลากเส้นพื้นฐาน เช่น เส้นตรง เส้นโค้ง เส้นหยัก เส้นซิกแซก และเส้นรูปแบบต่าง ๆ โดยกิจกรรมลากเส้นสร้างสรรค์ มีลักษณะเป็นเส้นประหรือช่องทางให้เด็กลากตาม ประกอบด้วยกิจกรรมเรื่องกลิ้งหินด้วยพู่กัน เรื่องขีดเขียนตามใจฉัน เรื่องตกแต่งทรงผมตามจินตนาการ เรื่อง แมงกะพรุนสร้างสรรค์ เรื่องเส้นแสนสนุก เรื่องลากเส้นตามรอยปะ เรื่องทอยลูกเต๋าและวาดเส้นผมตามรอยที่ได้ เรื่องคัดลายมือ

วิธีการดำเนินงานวิจัย

1. ประชากรและกลุ่มเป้าหมาย

กลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้เป็นเด็กปฐมวัย ชาย -หญิง อายุ 5-6 ปี ที่กำลังศึกษาอยู่ในชั้นอนุบาล 3 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2568 ของโรงเรียนบ้านเขาส่องกล้อง จำนวนน 11 คน ได้มาโดยการเลือกแบบเฉพาะเจาจง

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยและการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

2.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย

2.1.1 แผนการจัดประสบการณ์ชุดกิจกรรมลากเส้นสร้างสรรค์ จำนวน 8 แผน

2.1.2 แบบประเมินความสามารถในการเขียนของเด็กปฐมวัย

2.2 การสร้างเครื่องมือและหาคุณภาพเครื่องมือ

2.2.1 แผนการจัดประสบการณ์ชุดกิจกรรมลากเส้นสร้างสรรค์ คณะผู้วิจัยออกแบบแผนการจัดกิจกรรมตามลำดับขั้นตอนดังนี้

1) ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี บทความ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการส่งเสริมความสามารถในการเขียนของเด็กปฐมวัย

2) กำหนดเนื้อหาให้สอดคล้องและครอบคลุมจุดมุ่งหมายของการใช้ชุดกิจกรรมลากเส้นสร้างสรรค์ โดยคำนึงถึงความสามารถของเด็กปฐมวัยระดับชั้นอนุบาล 3 และดำเนินการสร้างแผนการจัดประสบการณ์ชุดกิจกรรมลากเส้นสร้างสรรค์เพื่อส่งเสริมความสามารถด้านการเขียนของเด็กปฐมวัย จำนวน 8 แผน

3) นำแผนการส่งเสริมความสามารถด้านการเขียนของเด็กปฐมวัยโดยใช้ชุดกิจกรรมลากเส้นสร้างสรรค์ที่สร้างขึ้นไปให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความสอดคล้องของวัตถุประสงค์ สาระการเรียนรู้ แบบฝึก และสื่อ 3 ท่าน ได้แก่ อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ที่ปรึกษาวิจัย และอาจารย์ประจำหลักสูตร ผลการพิจารณา พบว่า อยู่ในระดับดี

4) ปรับปรุงแก้ไขแผนการจัดประสบการณ์ชุดกิจกรรมลากเส้นสร้างสรรค์ให้เหมาะสมตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ จากนั้นนำแผนการจัดกิจกรรมที่ปรับปรุงแล้วไปใช้กับกลุ่มเป้าหมายต่อไป

2.2.2 แบบประเมินความสามารถในการเขียนของเด็กปฐมวัย มีการสร้างตามลำดับขั้นตอนดังนี้

1) ศึกษาทฤษฎี หลักการ แนวคิด จากเอกสาร ตำรา หนังสือ เว็บไซต์และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการส่งเสริมความสามารถในการเขียนสำหรับเด็กปฐมวัยของเด็กอายุ 5-6 ปี เพื่อเป็นแนวทางในการสร้างแบบประเมินพร้อมกำหนด ขอบเขตและเนื้อหาให้ครอบคลุมจุดมุ่งหมาย

2) สร้างแบบประเมิน โดยแบบประเมินมีลักษณะบบมาตราส่วนประมาณค่า 3 ระดับ เกี่ยวกับความสามารถในการเขียนประกอบด้วย 3 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 ข้อมูลพื้นฐานของเด็กปฐมวัย ส่วนที่ 2 ความสามารถในการเขียนของเด็กปฐมวัย และส่วนที่3 ข้อเสนอแนะ จากนั้นนำเสนอแบบประเมินต่ออาจารย์ที่ปรึกษางาวิจัย เพื่อขอรับคำแนะนำและตรวจสอบความถูกต้องเหมาะสมและนำมาปรับปรุงแก้ไข

3) นำแบบประเมินที่ได้ปรับปรุงแก้ไขเรียบร้อยแล้วไปให้ผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน เพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา และนำมาหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item Objective Congruence: IOC) จะประเมินด้วยคะแนน 3 ระดับ คือ +1 แทน เห็นด้วย, 0 แทน ไม่แน่ใจ,-1 แทน ไม่เห็นด้วย และคัดเลือกเฉพาะข้อคำถามที่มีค่าความตรงตั้งแต่ 0.50 ขึ้น ซึ่งถือว่ามีความเที่ยงตรงตามเนื้อหา สามารถนำไปใช้ได้ โดยแบบประเมินนี้มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่าง 0.67-1.00

4) ปรับแก้ไขแบบประเมินตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ นำเสนออาจารย์ที่ปรึกษา เพื่อตรวจสอบอีกครั้งแล้วนำมาแก้ไขให้สมบูรณ์ก่อนนำไปใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล สำหรับเด็กอายุ 5-6ปี ต่อไปแผนการจัดกิจกรรมลากเส้นสร้างสรรค์

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ คณะผู้วิจัยมีลำดับขั้นตอนดังนี้

3.1 กำหนดประชากรในการทำกิจกรรม คือ เด็กปฐมวัย อายุ 5-6 ปี ที่กำลังศึกษาในระดับชั้นอนุบาล 3 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2568 จำนวน 11 คน

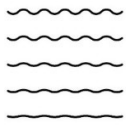
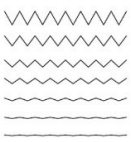
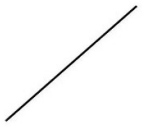
3.2 ประเมินความสามารถในการเขียนของเด็กปฐมวัยเป็นรายบุคคล ก่อนการใช้ชุดกิจกรรมลากเส้นสร้างสรรค์ (Pretest)

3.3 ทำการสอนตามแผนการจัดประสบการณ์ชุดกิจกรรมลากเส้นสร้างสรรค์กับกลุ่มเป้าหมาย คือ เด็กปฐมวัยอายุ 5-6 ปี ที่กำลังศึกษาในระดับชั้นอนุบาล 3 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2568 ที่โรงเรียนบ้านเขาส่องกล้อง

3.4 ประเมินความสามารถในการเขียนของเด็กปฐมวัย หลังการใช้ชุดกิจกรรมลากเส้นสร้างสรรค์ (Posttest) รวมทั้งจดบันทึกและบันทึกภาพหลังการทำกิจกรรม เพื่อสังเกตความสามารถในการเขียนสำหรับเด็กปฐมวัยที่มีการพัฒนามากขึ้นหรือน้อยลง เป็นรายบุคคล

ครั้งที่	แผนการส่งเสริมความสามารถในการเขียนของเด็กปฐมวัยโดยใช้ชุดกิจกรรมลากเส้นสร้างสรรค์
1	ทดสอบก่อนเรียน (Pretest)
2	กิจกรรมการสอนเรื่อง กลิ้งหินด้วยพู่กัน
3	กิจกรรมการสอนเรื่อง ขีดเขียนตามใจฉัน
4	กิจกรรมการสอนเรื่อง ตกแต่งทรงผมตามจินตนาการ
5	กิจกรรมการสอนเรื่อง แมงกะพรุนสร้างสรรค์
6	กิจกรรมการสอนเรื่อง เส้นแสนสนุก
7	กิจกรรมการสอนเรื่อง ลากเส้นตามรอยปะ
8	กิจกรรมการสอนเรื่อง ทอยลูกเต๋าและวาดเส้นผมตามรอยที่ได้
9	กิจกรรมการสอนเรื่อง คัดลายมือ
10	ทดสอบหลังเรียน (Posttest) / บันทึกหลังการสอน

ลักษณะเส้นในชุดกิจกรรมลากเส้นสร้างสรรค์

ลำดับที่	รูป	ลักษณะของเส้น
1. เส้นโค้ง		มี 3 ลักษณะ คือ - เส้นโค้งของวงกลม ให้ความรู้สึก อ่อนโยน อ่อนช้อย นุ่มนวล - เส้นโค้งอิสระ ถ้าเส้นโค้งลากขึ้นสูง ปล่อยน้ำหนักที่ปลายจะแสดงความเจริญเติบโตก้าวหน้า - เส้นโค้งคด หรือก้นหอย ให้ความรู้สึกมีพลังหมุนอย่างรุนแรงการคลี่คลายขยายตัวออกไปไม่มีที่สิ้นสุด
2. เส้นหยัก		ให้ความรู้สึกเคลื่อนไหวต่อเนื่องไม่สิ้นสุด
3. เส้นฟันปลา หรือซิกแซก		ให้ความรู้สึกไม่ราบรื่น เคลื่อนไหวอย่างรุนแรง ตื่นเต้น
4. เส้นตรง		เป็นเส้นที่ ไม่โค้ง ไม่หักงอ พุ่งไปในทิศทางเดียวอย่างสม่ำเสมอ
5. เส้นเฉียง		เป็นเส้นที่ เอียงทำมุม ไม่ใช่แนวตั้งตรง ๆ และไม่ใช่แนวนอนตรง ๆ ดูคล้ายเส้นที่กำลัง"ลาดเอียง" ขึ้นหรือลง

3.5 เมื่อดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลแล้ว ตรวจสอบความสมบูรณ์ของแบบประเมินความสามารถในการเขียนของเด็กปฐมวัย หลังจากนั้นทำการลงรหัสและจัดระบบข้อมูลเพื่อการวิเคราะห์ข้อมูลต่อไป

4. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้ มีดังนี้

4.1 วิเคราะห์ความสามารถในการเขียนของเด็กปฐมวัย โดยใช้ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

4.2 วิเคราะห์การเปรียบเทียบความสามารถในการเขียนของเด็กปฐมวัยก่อนและหลังการใช้ชุดกิจกรรมลากเส้นสร้างสรรค์ โดยใช้ค่าดัชนีประสิทธิผล (Effectiveness index: E.I.) มีสูตรในการคำนวณ ดังนี้ (เผชิญ กิจระการ และสมนึก ภัทธิยธนี, 2544, น. 31)

$$E.I. = \frac{\text{ผลรวมคะแนนหลังเรียนของทุกคน} - \text{ผลรวมของคะแนนก่อนเรียนของทุกคน}}{(\text{จำนวนนักเรียน} \times \text{คะแนนเต็ม}) - \text{ผลรวมของคะแนนก่อนเรียนของทุกคน}}$$

คณะผู้วิจัยกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนและการแปลผลระดับความสามารถในการเขียนของเด็กปฐมวัย ดังนี้

เกณฑ์การให้คะแนน		เกณฑ์การแปลความหมายของคะแนน	
แบบมาตราส่วนประมาณค่า 3 ระดับ		บ่งเป็น 3 ช่วงชั้น เท่าๆ กัน	
คะแนน	ระดับการปฏิบัติ	ช่วงคะแนน	ระดับการปฏิบัติ
3	ปฏิบัติได้ดี	2.34 - 3.00	ปฏิบัติได้ดี
2	ปฏิบัติได้พอใช้	1.67 – 2.33	ปฏิบัติได้พอใช้
1	ปรับปรุง	1.00 – 1.66	ปรับปรุง

ผลการวิจัย

1. ข้อมูลพื้นฐานของเด็กปฐมวัย พบว่า เด็กปฐมวัยส่วนใหญ่เป็นเพศหญิงจำนวน 6 คน คิดเป็นร้อยละ 54.55 และเพศชายจำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 45.45 และ อายุ 5 ปี จำนวน 7 คน คิดเป็นร้อยละ 63.63 และ อายุ 6 ปี จำนวน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 36.36

2. ความสามารถในการเขียนของเด็กปฐมวัย พบว่า เด็กปฐมวัยมีความสามารถในการเขียนก่อนการใช้ชุดกิจกรรมลากเส้นสร้างสรรค์ ภาพรวมอยู่ในระดับปฏิบัติได้พอใช้ (μ = 2.28, σ = .34) โดยอันดับแรก คือ ขั้นขีดเขี่ยแทนเขียน รองลงมา ขั้นเขียนโดยไม่มีแบบและกฎเกณฑ์ ขั้นเขียนตามรอยหรือแบบ และขั้นเขียนโดยคัดลอกเลียนแบบ ตามลำดับ ส่วนความสามารถในการเขียนหลังการใช้ชุดกิจกรรมลากเส้นสร้างสรรค์ ภาพรวมอยู่ในระดับปฏิบัติได้ดี (μ = 2.80, σ = .07) โดยมีอันดับแรก คือ ขั้นเขียนโดยไม่มีแบบและกฎเกณฑ์ รองลงมา ขั้นเขียนโดยคัดลอกเลียนแบบ ขั้นขีดเขี่ยแทนเขียน และขั้นเขียนตามรอยหรือแบบ ตามลำดับ รายละเอียดดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานความสามารถในการเขียนของเด็กปฐมวัยก่อนและหลังการใช้ชุดกิจกรรมลากเส้นสร้างสรรค์

ความสามารถในการเขียนของเด็กปฐมวัย	ก่อนการใช้ชุดกิจกรรม			หลังการใช้ชุดกิจกรรม		
	μ	σ	ระดับการปฏิบัติ	μ	σ	ระดับการปฏิบัติ
1. ขั้นขีดเขี่ยแทนเขียน	**2.47**	**.27**	**ดี**	**2.81**	**.18**	**ดี**
1.1 เด็กสามารถลากสีบนกระดาษโดยใช้พู่กันกลิ้งก้อนหินอย่างต่อเนื่องในขั้นขีดเขี่ยแทนเขียน	2.45	.52	ดี	2.91	.30	ดี
1.2 เด็กสามารถเขียนอย่างอิสระจากการกลิ้งก้อนหินลากสี	2.91	.30	ดี	2.73	.46	ดี
1.3 เด็กสามารถขีดเขียนอย่างอิสระตามความสนใจของตนเองจากกิจกรรมนี้	2.45	.52	ดี	2.82	.40	ดี
1.4 เด็กสามารถใช้ดินสอขีดเขียนลากเส้น ช่วยควบคุมกล้ามเนื้อมือผ่านการเคลื่อนไหว	2.18	.60	พอใช้	2.73	.46	ดี
1.5 เด็กสามารถฝึกการสร้างลายเส้นในทิศทางต่างๆ ระหว่างการขีดเขียนจากกิจกรรมนี้	2.36	.50	ดี	2.91	.30	ดี
2. ขั้นเขียนตามรอยหรือแบบ	**2.20**	**.57**	**พอใช้**	**2.69**	**.30**	**ดี**
2.1 เด็กสามารถเขียนได้โดยคัดลอกจากต้นแบบได้	2.36	.67	ดี	2.64	.50	ดี
2.2 เด็กสามารถใช้มือและตาประสานสัมพันธ์กันได้	2.00	.89	พอใช้	2.73	.46	ดี
2.3 เด็กสามารถควบคุมทิศทางของเส้นได้	2.18	.75	พอใช้	2.73	.46	ดี
2.4 เด็กสามารถควบคุมแรงในการเขียนอย่างเหมาะสมได้	2.36	.67	ดี	2.55	.52	ดี
2.5 เด็กสามารถคัดลอกต้นแบบอย่างต่อเนื่องตลอดกิจกรรมได้	2.09	.70	พอใช้	2.82	.40	ดี
3. ขั้นเขียนโดยคัดลอกเลียนแบบ	**2.18**	**.55**	**พอใช้**	**2.82**	**.20**	**ดี**
3.1 เด็กสามารถเขียนได้โดยคัดลอกจากต้นแบบได้	2.27	.78	พอใช้	2.82	.40	ดี
3.2 เด็กสามารถใช้มือและตาประสานสัมพันธ์กันได้	2.18	.87	พอใช้	2.82	.40	ดี
3.3 เด็กสามารถควบคุมทิศทางของเส้นได้	2.18	.75	พอใช้	2.82	.40	ดี
3.4 เด็กสามารถควบคุมแรงในการเขียนอย่างเหมาะสมได้	2.36	.50	ดี	2.82	.40	ดี
3.5 เด็กสามารถคัดลอกต้นแบบอย่างต่อเนื่องตลอดกิจกรรมได้	1.91	.53	พอใช้	2.82	.40	ดี
4. ขั้นเขียนโดยไม่มีแบบและกฎเกณฑ์	**2.29**	**.43**	**พอใช้**	**2.89**	**.13**	**ดี**
4.1 เด็กสามารถขีดเขียนเส้นได้อย่างอิสระโดยไม่มีกฎเกณฑ์	2.36	.50	ดี	2.82	.40	ดี
4.2 เด็กสามารถทดลองขีดเขียนรูปแบบของเส้นตามความคิดและจินตนาการของตนเอง	2.00	.77	พอใช้	2.91	.30	ดี
4.3 เด็กสามารถมั่นใจในการขีดเขียนเส้นอย่างอิสระ	2.27	.64	พอใช้	2.91	.30	ดี
4.4 เด็กสามารถเลือกใช้สีและเส้นตามความต้องการของตนเอง	2.27	.64	พอใช้	2.91	.30	ดี
4.5 เด็กสามารถมีสมาธิและความตั้งใจในการทำกิจกรรม	2.55	.68	ดี	2.91	.30	ดี
ภาพรวม	**2.28**	**.34**	**พอใช้**	**2.80**	**.07**	**ดี**

3. ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการเขียนของเด็กปฐมวัยก่อนและหลังการใช้ชุดกิจกรรมลากเส้นสร้างสรรค์

3.1 คะแนนความสามารถในการเขียนก่อนและหลังการใช้ชุดกิจกรรมลากเส้นสร้างสรรค์ พบว่า จากคะแนนเต็ม 60 คะแนน เด็กปฐมวัยมีคะแนนความสามารถในการเขียนก่อนการใช้ชุดกิจกรรมลากเส้นสร้างสรรค์ รวม 503 คะแนน มีค่าเฉลี่ย 45.73 และมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 6.90 ส่วนคะแนนความสามารถในการเขียนหลังการใช้ชุดกิจกรรมลากเส้นสร้างสรรค์ มีคะแนนรวม 617 มีค่าเฉลี่ย 56.09 และมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.57 รายละเอียดดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 คะแนนความสามารถในการเขียนของเด็กปฐมวัยก่อนและหลังการใช้ชุดกิจกรรมลากเส้นสร้างสรรค์

คนที่	คะแนนก่อนการใช้ชุดกิจกรรม	คะแนนหลังการใช้ชุดกิจกรรม
1	52	57
2	47	55
3	52	56
4	50	57
5	51	56
6	48	58
7	46	59
8	35	54
9	31	56
10	48	55
11	43	54
คะแนนรวม	503	617
ค่าเฉลี่ย	45.73	56.09
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	6.90	1.57

3.2 การเปรียบเทียบความสามารถในการเขียนของเด็กปฐมวัยก่อนและหลังการใช้ชุดกิจกรรมลากเส้นสร้างสรรค์ พบว่า โดยภาพรวมเด็กปฐมวัยมีดัชนีประสิทธิผลเท่ากับ 0.7261 แสดงว่าเด็กปฐมวัยมีคะแนนความสามารถในการเขียนเพิ่มขึ้น 0.7261 คิดเป็นร้อยละ 72.61 รายละเอียดดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 การเปรียบเทียบความสามารถในการเขียนของเด็กปฐมวัยก่อนและหลังการใช้ชุดกิจกรรมลากเส้นสร้างสรรค์

ผลคูณของจำนวนนักเรียน	ผลรวมของคะแนนหลังเรียน	ผลรวมของคะแนนก่อนเรียน	E.I.
11x60=660	617	503	0.7261

อภิปรายผล

1. ความสามารถในการเขียนของเด็กปฐมวัย พบว่า เด็กปฐมวัยมีความสามารถในการเขียนก่อนการใช้ชุดกิจกรรมลากเส้นสร้างสรรค์ ภาพรวมอยู่ในระดับปฏิบัติได้พอใช้ (μ = 2.28, σ = .34) โดยอันดับแรก คือ ขั้นขีดเขี่ยแทนเขียน รองลงมา ขั้นเขียนโดยไม่มีแบบและกฎเกณฑ์ ขั้นเขียนตามรอยหรือแบบ และขั้นเขียนโดยคัดลอกเลียนแบบ ตามลำดับ ส่วนความสามารถในการเขียนหลังการใช้ชุดกิจกรรมลากเส้นสร้างสรรค์ ภาพรวมอยู่ในระดับปฏิบัติได้ดี (μ = 2.80, σ = .07) โดยมีอันดับแรก คือ ขั้นเขียนโดยไม่มีแบบและกฎเกณฑ์ รองลงมา ขั้นเขียนโดยคัดลอกเลียนแบบ ขั้นขีดเขี่ยแทนเขียน และขั้นเขียนตามรอยหรือแบบ ตามลำดับ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะ ชุดกิจกรรมลากเส้นสร้างสรรค์ เป็นกิจกรรมที่ช่วยพัฒนาความสามารถในการเขียนอย่างเป็นลำดับขั้น ตั้งแต่การขีดเขียนพื้นฐานไปสู่การเขียนตามแบบและการเขียนอย่างอิสระ อีกทั้งยังช่วยฝึกกล้ามเนื้อมัดเล็ก การประสานสัมพันธ์ระหว่างมือกับตา และการควบคุมทิศทางของเส้น ส่งผลให้เด็กมีความคล่องแคล่ว มั่นใจ และสามารถสร้างสรรค์ผลงานได้ดีขึ้น เมื่อพิจารณารายด้าน พบว่า เด็กมีพัฒนาการเพิ่มขึ้นทุกด้าน ได้แก่ ขั้นขีดเขี่ยแทนเขียน ขั้นเขียนตามรอยหรือแบบ ขั้นเขียนโดยคัดลอกเลียนแบบ และขั้นเขียนโดยไม่มีแบบและกฎเกณฑ์ โดยหลังการจัดกิจกรรมเด็กส่วนใหญ่อยู่ในระดับปฏิบัติได้ดี สะท้อนให้เห็นว่า ชุดกิจกรรมลากเส้นสร้างสรรค์ สามารถพัฒนาความสามารถในการเขียนได้เหมาะสมกับวัย สอดคล้องกับงานวิจัยของ ลำพึง มามี (2567) พบว่า ทักษะการเขียนของเด็กปฐมวัย ก่อนและหลังการจัดกิจกรรมโดยใช้แบบฝึกลากเส้นพื้นฐาน 13 เส้น มีคะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 8.04 คะแนน และ 18.81 คะแนน ตามลำดับ และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างคะแนนก่อนและหลังการจัดกิจกรรมโดยใช้แบบฝึกลากเส้นพื้นฐาน 13 เส้น บว่า คะแนนการทดสอบทักษะการเขียนของเด็กปฐมวัย หลังการจัดกิจกรรมโดยใช้แบบฝึกลากเส้นพื้นฐาน 13 เส้น สูงกว่าก่อนการจัดกิจกรรมโดยใช้แบบฝึกลากเส้นพื้นฐาน 13 เส้น และสอดคล้องกับงานวิจัยของ บุญเรือน มรกต (2567) พบว่า 1) ประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมฝึกลีลามือร่วมกับรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบเรียนปนเล่นที่สร้างขึ้น มีคุณภาพอยู่ในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 4.77 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.34 และ 2) เด็กปฐมวัยที่เรียนโดยใช้ชุดกิจกรรมฝึกลีลามือร่วมกับรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบเรียนปนเล่น คะแนนก่อนเรียน ค่าเฉลี่ย เท่ากับ 14.20 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 1.79 และหลังเรียน ค่าเฉลี่ย เท่ากับ 21.13 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 1.41 แสดงว่า หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการเขียนของเด็กปฐมวัยก่อนและหลังการใช้ชุดกิจกรรมลากเส้นสร้างสรรค์ พบว่า คะแนนความสามารถในการเขียนก่อนและหลังการใช้ชุดกิจกรรมลากเส้นสร้างสรรค์ จากคะแนนเต็ม 60 คะแนน เด็กปฐมวัยมีคะแนนความสามารถในการเขียนก่อนการใช้ชุดกิจกรรมลากเส้นสร้างสรรค์ รวม 503 คะแนน มีค่าเฉลี่ย 45.73 และมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 6.90 ส่วนคะแนนความสามารถในการเขียนหลังการใช้ชุดกิจกรรมลากเส้นสร้างสรรค์ มีคะแนนรวม 617 มีค่าเฉลี่ย 56.09 และมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.57 และการเปรียบเทียบความสามารถในการเขียนของเด็กปฐมวัยก่อนและหลังการใช้ชุดกิจกรรมลากเส้นสร้างสรรค์พบว่า โดยภาพรวมเด็กปฐมวัยมีดัชนีประสิทธิผลเท่ากับ 0.7261 แสดงว่าเด็กปฐมวัยมีคะแนนความสามารถในการเขียนเพิ่มขึ้น 0.7261 คิดเป็นร้อยละ 72.61 ทั้งนี้อาจเป็นเพราะ เด็กปฐมวัยได้ลงมือปฏิบัติจริง ได้เรียนรู้ผ่านการเล่นจากชุดกิจกรรมลากเส้นสร้างสรรค์ ได้แก่ กิจกรรมกลิ้งหินด้วยพู่กัน กิจกรรมขีดเขียนตามใจฉัน กิจกรรมตกแต่งทรงผมตามจินตนาการ กิจกรรมแมงกะพรุนสร้างสรรค์ กิจกรรมเส้นแสนสนุก กิจกรรมลากเส้นตามรอยปะ กิจกรรมทอยลูกเต๋าและวาดเส้นผมตามรอยที่ได้ และกิจกรรมคัดลายมือ ซึ่งกิจกรรมดังกล่าว เด็กๆ จะได้เรียนรู้ลักษณะของเส้นโค้ง เส้นหยัก เส้นฟันปลาหรือซิกแซก เส้นตรง และเส้นเฉียง ทำให้เด็กได้เรียนรู้สิ่งใหม่แบบลงมือกระทำด้วยตัวเอง ทำให้เด็กสนุกสนานและอยากเรียนรู้มากขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ พัฒน์นรี จันทราภิรมย์ (2562) พบว่า ทักษะ

การเขียนของเด็กปฐมวัยหลังการใช้สื่อการสอนชุดฝึกลีลามือ อยู่ในระดับสูงขึ้นทุกด้าน โดยกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม มีคะแนนแตกต่างกันโดยกลุ่มทดลองมีคะแนนสูงกว่ากลุ่มควบคุมหลังการใช้ชุดฝึกลีลามือ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และสอดคล้องกับงานวิจัยของ ลูกน้ำ นามวรรค และเบญจรัตน์ ราชฉวาง (2566) พบว่า 1) ประสิทธิภาพชุดฝึกลีลามือเท่ากับ 77.17/94.74 เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ 75/75 2) ความสามารถด้านการเขียนจากการใช้ชุดฝึกลีลามือ โดยรวมอยู่ในระดับดี และ 3) ความสามารถด้านการเขียนของเด็กปฐมวัยจากการใช้ชุดฝึกลีลามือ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

บทสรุป

1. ข้อมูลพื้นฐานของเด็กปฐมวัย พบว่า เด็กปฐมวัยส่วนใหญ่เป็นเพศหญิงจำนวน 6 คน คิดเป็นร้อยละ 54.55 และเพศชายจำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 45.45 และ อายุ 5 ปี จำนวน 7 คน คิดเป็นร้อยละ 63.63 และ อายุ 6 ปี จำนวน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 36.36

2. ความสามารถในการเขียนของเด็กปฐมวัย พบว่า เด็กปฐมวัยมีความสามารถในการเขียนก่อนการใช้ชุดกิจกรรมลากเส้นสร้างสรรค์ ภาพรวมอยู่ในระดับปฏิบัติได้พอใช้ (μ = 2.28, σ = .34) โดยอันดับแรก คือ ขั้นขีดเขี่ยแทนเขียน รองลงมา ขั้นเขียนโดยไม่มีแบบและกฎเกณฑ์ ขั้นเขียนตามรอยหรือแบบ และขั้นเขียนโดยคัดลอกเลียนแบบ ตามลำดับ ส่วนความสามารถในการเขียนหลังการใช้ชุดกิจกรรมลากเส้นสร้างสรรค์ ภาพรวมอยู่ในระดับปฏิบัติได้ดี (μ = 2.80, σ = .07) โดยมีอันดับแรก คือ ขั้นเขียนโดยไม่มีแบบและกฎเกณฑ์ รองลงมา ขั้นเขียนโดยคัดลอกเลียนแบบ ขั้นขีดเขี่ยแทนเขียน และขั้นเขียนตามรอยหรือแบบ ตามลำดับ

3. ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการเขียนของเด็กปฐมวัยก่อนและหลังการใช้ชุดกิจกรรมลากเส้นสร้างสรรค์ พบว่า คะแนนความสามารถในการเขียนก่อนและหลังการใช้ชุดกิจกรรมลากเส้นสร้างสรรค์ จากคะแนนเต็ม 60 คะแนน เด็กปฐมวัยมีคะแนนความสามารถในการเขียนก่อนการใช้ชุดกิจกรรมลากเส้นสร้างสรรค์ รวม 503 คะแนน มีค่าเฉลี่ย 45.73 และมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 6.90 ส่วนคะแนนความสามารถในการเขียนหลังการใช้ชุดกิจกรรมลากเส้นสร้างสรรค์ มีคะแนนรวม 617 มีค่าเฉลี่ย 56.09 และมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.57 และการเปรียบเทียบความสามารถในการเขียนของเด็กปฐมวัยก่อนและหลังการใช้ชุดกิจกรรมลากเส้นสร้างสรรค์พบว่า โดยภาพรวมเด็กปฐมวัยมีดัชนีประสิทธิผลเท่ากับ 0.7261 แสดงว่าเด็กปฐมวัยมีคะแนนความสามารถในการเขียนเพิ่มขึ้น 0.7261 คิดเป็นร้อยละ 72.61

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

จากผลการวิจัยครั้งนี้ พบว่า ผลของการใช้ชุดกิจกรรมลากเส้นสร้างสรรค์ส่งเสริมความสามารถในการเขียนของเด็กปฐมวัย ภาพรวมอยู่ในระดับปฏิบัติได้ดี สามารถนำผลการวิจัยไปใช้ใน การพัฒนาการจัดการสอน การเขียนแผนการจัดกิจกรรม และการประเมินความสามารถในการเขียนสำหรับเด็กปฐมวัย และนำการใช้ชุดกิจกรรมลากเส้นสร้างสรรค์ไปใช้ในการจัดกิจกรรรมให้กับเด็กปฐมวัยเพื่อให้เด็กปฐมวัยเกิดการพัฒนาทักษะทางภาษาครบทั้ง 4 ด้าน

2. ควรติดตามผลการพัฒนาความสามารถด้านการเขียนของเด็กเป็นระยะ เพื่อศึกษาความต่อเนื่องของผลลัพธ์ที่เกิดจากการใช้แบบฝึกการเขียน

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรศึกษาผลของการใช้ชุดกิจกรรมลากเส้นสร้างสรรค์กับกลุ่มเด็กปฐมวัยในบริบทที่หลากหลาย เพื่อให้ ได้ข้อมูลที่ครอบคลุมและสามารถนำผลไปประยุกต์ใช้ได้ในวงกว้าง

2. ควรนำรูปแบบกิจกรรมการเขียนที่แตกต่างกันมาเปรียบเทียบ เพื่อศึกษาประสิทธิผลของกิจกรรมแต่ละรูปแบบต่อการพัฒนาความสามารถด้านการเขียนของเด็กปฐมวัย

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาและความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจากบุคคลหลายฝ่าย ผู้วิจัยขอกราบขอบพระขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ว่าที่ร้อยตรีหญิง ดร.ขวัญใจ จริยาทัศน์กร อาจารย์ที่ปรึกษางานวิจัย ซึ่งได้กรุณาให้คำแนะนำ คำปรึกษา และตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องของงานวิจัยฉบับนี้ด้วยความเอาใจใส่อย่างดียิ่ง จนทำให้งานวิจัยฉบับนี้มีความสมบูรณ์และถูกต้องตามหลักวิชาการ ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์คณะครุศาสตร์ทุกท่าน ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทความรู้ ให้คำแนะนำทางวิชาการ และเป็นแบบอย่างที่ดีในการประกอบวิชาชีพครู ซึ่งเป็นรากฐานสำคัญในการจัดทำงานวิจัยฉบับนี้

ขอขอบพระคุณสถานศึกษาและผู้ที่เกี่ยวข้องทุกฝ่าย ที่ให้ความอนุเคราะห์และอำนวยความสะดวกในการเก็บรวบรวมข้อมูล รวมทั้งผู้ให้ข้อมูลทุกท่านที่ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดียิ่ง จนทำให้งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

กันตวรรณ มีสมสาร และกัญจนา ศิลปะกิจยาน. (2561). การพัฒนาเด็กปฐมวัยในยุค 4.0 วารสารวไลอลงกรณ์ปริทัศน์ (มนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์). 8(1). น.171-178.

ทองใบ สวัสดิ์ผล. (2561). การจัดประสบการณ์เพื่อพัฒนากล้ามเนื้อมัดเล็กที่ส่งผลต่อการเขียนของเด็กปฐมวัยระดับชั้นอนุบาล 3. วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิจัยและประเมินผลการศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.

บุญเรือน มรกต. (2567). การพัฒนาชุดกิจกรรมฝึกลีลามือร่วมกับรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบเรียนปนเล่นเพื่อส่งเสริมทักษะการเขียนของเด็กปฐมวัย. วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาหลักสูตรและการสอนคณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี.

เผชิญ กิจระการ และสมนึก ภัทธิยธนี. (2544). ดัชนีประสิทธิผล (Effectiveness index : E.I.). วารสารการวัดผลการศึกษา มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. 7(2): 30-36.

พัฒน์นรี จันทราภิรมย์. (2562). การพัฒนาทักษะการเขียนของเด็กปฐมวัยโดยการใช้สื่อการสอนชุดฝึกลีลามือ. วารสารวิชาการนวัตกรรมสื่อสารสังคม. 7(1): 63–73.

ลำพึง มามี. (2567). การพัฒนาทักษะการเขียนของเด็กปฐมวัย โดยใช้แบบฝึกลากเส้นพื้นฐาน 13 เส้น. วารสารปัญญาลิขิต. 3(3): 32-41.

ลูกน้ำ นามวรรค และเบญจรัตน์ ราชฉวาง. (2566). การศึกษาความสามารถด้านการเขียนของเด็กปฐมวัยชั้นอนุบาลปีที่ 2 โรงเรียนอนุบาลโชคชัยชัยพฤกษ์ จากการใช้ชุดฝึกลีลามือ. การประชุมวิชาการระดับชาติการวิจัยประยุกต์ ครั้งที่ 5 "มิติใหม่ของโลกภายหลังจากการแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสโคโรนา 2019: ความท้าทายและโอกาส" มหาวิทยาลัยนอร์ทกรุงเทพ ประจำปี 2566 24 มีนาคม 2566, 272-280

อุไรวรรณ มาตมุงคุณ. (2554). พัฒนาการด้านการเขียนของเด็กปฐมวัยที่ได้รับการจัดกิจกรรมศิลปะจากงานกระดาษ. วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการศึกษาปฐมวัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

ความสัมพันธ์ระหว่างผลลัพธ์การเรียนรู้ สมรรถนะในการปฏิบัติงานสหกิจศึกษา และความสามารถในการได้รับการจ้างงาน

The relationships among learning outcomes, cooperative education work competency, and employability

พัสกร สิงห์โต[1*] และกนกเนตร เปรมปรี[1]
Patsakorn Singto[1*] and Kanoknate Prempree[1]

[1]คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ กรุงเทพมหานคร
[1]Faculty of Business Administration, Rajamangala University of Technology Rattanakosin, Bangkok,10100, Thailand
[*]Corresponding Author E-mail Address : patsakorn.s@rmutr.ac.th

บทคัดย่อ

การจัดการศึกษาแบบมุ่งเน้นผลลัพธ์การเรียนรู้ของผู้เรียนและส่งเสริมการเรียนรู้แบบฝึกประสบการณ์ในสถานการณ์จริงโดยการจัดการเรียนแบบสหกิจศึกษาเพื่อผลิตบัณฑิตที่มีสมรรถนะสอดคล้องกับความต้องการของตลาดแรงงาน ถือเป็นสิ่งที่สถาบันอุดมศึกษาควรให้ความสำคัญและติดตามผลสำเร็จของการจัดการศึกษาในรูปแบบสหกิจศึกษา งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) ศึกษาความสัมพันธ์ของผลลัพธ์การเรียนรู้กับสมรรถนะในการปฏิบัติงานสหกิจศึกษา (2) ศึกษาความสัมพันธ์ของผลลัพธ์การเรียนรู้กับความสามารถในการได้รับการจ้างงาน และ (3) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสมรรถนะในการปฏิบัติงานสหกิจศึกษากับความสามารถในการได้รับการจ้างงาน กลุ่มประชากรคือ นักศึกษาคณะบริหารธุรกิจที่ปฏิบัติงานสหกิจศึกษา ปีการศึกษา พ.ศ. 2567 และ 2568 เก็บรวบรวมข้อมูลทุติยภูมิจากฐานข้อมูลของหน่วยงานสหกิจศึกษา จำนวนข้อมูลที่ศึกษา 156 ข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูลด้วยการวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณ และการวิเคราะห์ถดถอยโลจิสติก ผลการศึกษา พบว่าผลลัพธ์การเรียนรู้ด้านความรู้ (β = .348) และลักษณะบุคคล (β = .307) มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับสมรรถนะในการปฏิบัติงานสหกิจศึกษาอย่างมีนัยสำคัญ ($p < .05$) โดยที่ความรู้มีอิทธิพลต่อสมรรถนะในการปฏิบัติงานสูงกว่าลักษณะบุคคล นอกจากนี้ ทักษะเป็นผลลัพธ์การเรียนรู้ที่มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับความสามารถในการได้รับการจ้างงาน (β= 1.885, $p < .05$) รวมถึงสมรรถนะในการปฏิบัติงานสหกิจศึกษามีความสัมพันธ์เชิงบวกกับความสามารถในการได้รับการจ้างงาน (β = 0.925, $p < .05$) ผลการศึกษาแสดงถึงความสำคัญของการบูรณาการความรู้ ทักษะ และลักษณะบุคคล เพื่อเพิ่มสมรรถนะในการปฏิบัติงานและเพิ่มโอกาสในการได้รับการจ้างงานในตลาดแรงงาน

คำสำคัญ: ผลลัพธ์การเรียนรู้ สมรรถนะในการปฏิบัติงานสหกิจศึกษา ความสามารถในการได้รับการจ้างงาน

Abstract

Outcome-based education, which emphasizes students' learning outcomes and promotes experiential learning in real-world contexts through cooperative education, is essential for producing graduates whose competencies align with labor market demands. Higher education institutions should therefore prioritize and continuously evaluate the effectiveness of cooperative education programs. Therefore, this study aimed to (1) examine the relationship between learning outcomes and cooperative education work competency, (2) investigate the relationship between learning outcomes and employability, and (3) explore the relationship between cooperative education work competency and employability. Population consisted of business administration students who participated in cooperative education programs during the academic years 2024 and 2025. Secondary data were collected from the cooperative education database, yielding a total of 156 observations. Data were analyzed using multiple regression analysis and logistic regression analysis. The findings revealed that learning outcomes in terms of knowledge (β = .348) and character (β = .307) had significant positive relationships with cooperation education work competency ($p < .05$), with knowledge exerting a stronger influence than character. Additionally, skills were found to have a positive relationship with employability (β = 1.885, $p < .05$). Furthermore, cooperation education work competency demonstrated a positive relationship with employability (β = 0.925, $p < .05$). These results highlight the importance of integrating knowledge, skills, and work to enhance cooperative education work competency and improve graduates' employability in a competitive labor market.

Keywords: Learning Outcomes, Cooperative Education Work Competency, Employability

บทนำ

การพัฒนากำลังคนของประเทศภายใต้การเปลี่ยนแปลงของเศรษฐกิจและเทคโนโลยีอย่างรวดเร็ว ภาครัฐได้ให้ความสำคัญกับการยกระดับคุณภาพบัณฑิตให้มีสมรรถนะสอดคล้องกับความต้องการของสถานประกอบการและตลาดแรงงาน โดยเฉพาะนโยบายด้านการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม ที่มุ่งเน้นการผลิตกำลังคนที่มีความรู้ (Knowledge; K) ทักษะ (Skills; S) จริยธรรม (Ethics; E) และลักษณะบุคคล (Character; C) ซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญในการประเมินความพร้อมของบัณฑิตสู่สถานการณ์การทำงานจริง ภายใต้นโยบายดังกล่าว กระทรวงอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม ได้ผลักดันแนวทางการจัดการเรียนการสอนแบบมุ่งผลลัพธ์การเรียนรู้ (Outcome-Based Education: OBE) เน้นการออกแบบหลักสูตรให้ผู้เรียนบรรลุผลลัพธ์ที่กำหนดไว้อย่างชัดเจน โดยเชื่อมโยงกับสมรรถนะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 ควบคู่ไปกับการส่งเสริมการเรียนรู้ในรูปแบบสหกิจศึกษาและการศึกษาเชิงบูรณาการกับการทำงาน (Cooperative and Work-Integrated Education: CWIE) ที่เปิดโอกาสให้นักศึกษาได้เรียนรู้จากประสบการณ์จริงในสถานประกอบการ อันจะช่วยเสริมสร้างสมรรถนะการปฏิบัติงาน และเพิ่มความสามารถในการได้รับการจ้างงาน หลังสำเร็จการศึกษา สถาบันอุดมศึกษาและหลักสูตรได้มีการออกแบบและพัฒนารายวิชา รวมถึงกิจกรรมการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นการพัฒนาความรู้ ทักษะ จริยธรรมและ

คุณลักษณะของผู้เรียนอย่างเป็นระบบก่อนเข้าสู่การปฏิบัติงานสหกิจศึกษา โดยเฉพาะการเตรียมความพร้อมด้านทักษะวิชาชีพ ทักษะการสื่อสาร การทำงานเป็นทีม และการแก้ไขปัญหา ล้วนเป็นองค์ประกอบสำคัญที่มีความสัมพันธ์โดยตรงกับความสามารถในการปฏิบัติงานจริง และเพื่อส่งเสริมความสำเร็จของระบบการศึกษาแบบ CWIE จากการศึกษาของสภานโยบายการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (2565) รายงานปัจจัยแห่งความสำเร็จของหลักสูตรสหกิจศึกษาและการศึกษาเชิงบูรณาการกับการทำงานประกอบด้วย 5 ปัจจัย ได้แก่ (1) ด้านนโยบายที่ยืดหยุ่นเพื่อลดข้อจำกัดในการดำเนินงาน (2) ด้านงบประมาณที่จัดสรรอย่างเพียงพอ (3) ด้านเทคโนโลยีที่ทันสมัยเพื่อช่วยในการดำเนินงาน (4) ด้านหลักสูตรที่ตอบสนองความต้องการของผู้มีส่วนได้เสีย การวัดและประเมินเป็นไปตามมาตรฐาน และ (5) ด้านผู้มีส่วนได้เสีย ที่มีความรู้ความเข้าใจถึงประโยชน์และทัศนคติที่ดีต่อหลักสูตร สำหรับประเด็นศักยภาพของนักศึกษาสหกิจ กมลวรรณ และณัฐพงศ์ (2566) ได้ศึกษาศักยภาพของนักศึกษาสหกิจศึกษาในมุมมองของสถานประกอบการ พบว่าทักษะทางสังคมและทักษะทางด้านความรู้ความสามารถในวิชาชีพอยู่ในระดับมาก แสดงถึงสถานประกอบการเห็นถึงศักยภาพของนักศึกษาสหกิจศึกษา และในการศึกษาเปรียบเทียบมุมมองของสถานประกอบการกับอาจารย์นิเทศ พบว่าสถานประกอบการและอาจารย์นิเทศ มีความเห็นตรงกันว่านักศึกษามีการพัฒนาสมรรถนะตนเองด้านทักษะชิงเทคนิค (Hard Skills) สูงกว่าทักษะทางด้านอารมณ์และสังคม (Soft Skills) (กมลวรรณ และณัฐพงศ์, 2567)

ในขณะที่สถานศึกษาระดับอุดมศึกษาดำเนินนโยบายและการจัดการเรียนการสอนในรูปแบบสหกิจศึกษาและการศึกษาเชิงบูรณาการกับการทำงานอย่างต่อเนื่อง รวมถึงงานวิจัยในอดีตที่ศึกษาเกี่ยวกับผลสำเร็จของการจัดการศึกษาแบบสหกิจศึกษา แต่ยังขาดการศึกษาที่ชัดเจนที่วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบของ KSEC กับสมรรถนะในการปฏิบัติงานของนักศึกษาสหกิจศึกษา รวมถึงผลลัพธ์ด้านโอกาสในการได้งานทำภายหลังสำเร็จการศึกษา จากช่องว่างของการวิจัยดังกล่าว งานวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาความสัมพันธ์ของ KSEC ที่มีต่อสมรรถนะในการปฏิบัติงานและโอกาสการได้งานทำ เพื่อสะท้อนประสิทธิผลของแนวทางการจัดการศึกษาและการพัฒนาหลักสูตรในระดับอุดมศึกษา อันจะนำไปสู่ข้อเสนอแนวปฏิบัติในการพัฒนากำลังคนให้สอดคล้องกับความต้องการของตลาดแรงงานในอนาคตต่อไป โดยมีวัตถุประสงค์ในการศึกษา คือ (1) ตรวจสอบความสัมพันธ์ของผลลัพธ์การเรียนรู้กับสมรรถนะในการปฏิบัติงานสหกิจศึกษา (2) ศึกษาความสัมพันธ์ของผลลัพธ์การเรียนรู้ที่มีต่อความสามารถในการได้รับการจ้างงาน และ (3) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสมรรถนะในการปฏิบัติงานสหกิจศึกษากับความสามารถในการได้รับการจ้างงาน ผลการศึกษาคาดว่าให้ประโยชน์เชิงทฤษฎีในการสร้างองค์ความรู้เชิงเปรียบเทียบรายมิติของผลลัพธ์การเรียนรู้ที่มีต่อสมรรถนะในการปฏิบัติงานและความสามารถในการได้รับการจ้างงาน และประโยชน์ในทางปฏิบัติที่หลักสูตรสามารถนำไปใช้ในการออกแบบหลักสูตรโดยการเพิ่มรายวิชาหรือปรับผลลัพธ์การเรียนรู้ด้านที่มีผลกระทบต่อสมรรถนะในการปฏิบัติงานและความสามารถในการได้รับการจ้างงาน เพื่อให้หลักสูตรตอบสนองต่อความต้องการของตลาดแรงงานได้จริง นอกจากนี้คาดว่าผลการศึกษาจะให้ประโยชน์ต่อนักศึกษาที่สามารถเข้าใจได้ว่าต้องเพิ่มหรือพัฒนาการเรียนรู้ด้านใดที่จะส่งผลต่อสมรรถนะในการปฏิบัติงานสหกิจศึกษาและโอกาสการได้งานทำสูงขึ้น

การทบทวนวรรณกรรม

สหกิจศึกษา

สหกิจศึกษา (Cooperative Education) เป็นรูปแบบการจัดการศึกษาที่สถาบันอุดมศึกษาดำเนินการร่วมกับสถานประกอบการ เพื่อเพิ่มศักยภาพและสมรรถนะด้านต่าง ๆ ให้แก่นักศึกษา โดยมีสำนักงานปลัดกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม เป็นผู้กำหนดนโยบายและให้การสนับสนุน ต่อมาได้ปรับปรุงแนวคิดการศึกษาเชิงบูรณาการ

กับการทำงานในรูปแบบอื่น ๆ เพื่อให้สถาบันอุดมศึกษาเลือกใช้รูปแบบการจัดการศึกษาได้ตามบริบทของสาขาวิชา เช่น การเรียนในหลักสูตรสลับให้ทำงานในสถานประกอบการ (Sandwich Course) โดยหลักสูตรทำความร่วมมือกับสถานประกอบการ (Joint Industry University Course) ปัจจุบันเปลี่ยนชื่อเป็นสหกิจศึกษาและการศึกษาเชิงบูรณาการกับการทำงาน (Cooperative and Work Integrated Education: CWIE) เพื่อให้สถาบันอุดมศึกษาผลิตกำลังคนในสาขาวิชาที่สอดคล้องกับความต้องการของตลาดแรงงานและการพัฒนาประเทศ ในลักษณะที่สถานศึกษาและผู้ใช้บัณฑิตร่วมกันผลิตบัณฑิตที่มีสมรรถนะพร้อมทำงานจริงอย่างเป็นระบบ กล่าวคือ นักศึกษาจะได้รับความรู้ที่เรียนจากสถาบันอุดมศึกษาควบคู่กับการไปปฏิบัติงานจริงในสถานประกอบการ (Work-based Learning) ทำให้นักศึกษามีคุณลักษณะที่ตรงกับความต้องการตลาดแรงงาน และพร้อมสู่สถานการณ์ในการทำงานจริง (เครือข่ายพัฒนาสหกิจศึกษาภาคใต้ตอนบน, 2561; กมลวรรณ และณัฐพงศ์, 2567)

ผลลัพธ์การเรียนรู้

การเรียนการสอนแบบมุ่งผลลัพธ์การเรียนรู้ (OBE) เป็นแนวคิดทางการศึกษาที่มุ่งเน้นผลลัพธ์การเรียนรู้ของผู้เรียนเป็นสำคัญ โดยกำหนดอย่างชัดเจนว่าผู้เรียนควรมีความรู้ ทักษะ และเจตคติใดเมื่อสิ้นสุดการเรียนรู้ แล้วจึงออกแบบหลักสูตร กระบวนการเรียนการสอน และการประเมินผลให้สอดคล้องกับผลลัพธ์ดังกล่าว ภายใต้ความยืดหยุ่นด้านวิธีการเรียนรู้และระยะเวลา โดยผู้สอนมีบทบาทเป็นผู้อำนวยความสะดวกเพื่อสนับสนุนให้ผู้เรียนบรรลุเป้าหมาย แนวคิดนี้สะท้อนการเปลี่ยนผ่านจากการจัดการเรียนรู้แบบเน้นผู้สอนเป็นศูนย์กลางไปสู่ผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง และให้ความสำคัญกับการพัฒนาสมรรถนะที่สามารถนำไปใช้ได้ในสถานการณ์จริง นอกจากนี้ OBE ยังมีความสำคัญในการยกระดับคุณภาพการศึกษา ทำให้การจัดการเรียนรู้มีเป้าหมายและเกณฑ์การประเมินที่ชัดเจน ส่งเสริมการเรียนรู้ด้วยตนเอง การประกันคุณภาพ และการเตรียมความพร้อมของผู้เรียนต่อการประกอบอาชีพในอนาคต (สมชาย และคณะ, 2566) ในขณะเดียวกัน การออกแบบหลักสูตรต้องสอดคล้องกับกฎกระทรวง มาตรฐานคุณวุฒิระดับอุดมศึกษา พ.ศ. 2565 ที่สถาบันอุดมศึกษาต้องบริหารจัดการหลักสูตรและออกแบบกระบวนการเรียนรู้เพื่อให้เกิดผลสัมฤทธิ์ในผลลัพธ์การเรียนรู้ทั้งด้านความรู้ ด้านทักษะ ด้านจริยธรรม และด้านลักษณะบุคคล (กฎกระทรวง มาตรฐานคุณวุฒิระดับอุดมศึกษา พ.ศ. 2565) ผลลัพธ์การเรียนรู้ตามมาตรฐานคุณวุฒิระดับอุดมศึกษา หมายถึง "ผลที่เกิดขึ้นแก่ผู้เรียนผ่านกระบวนการเรียนรู้ที่ได้จากการศึกษา ฝึกอบรม หรือประสบการณ์ที่เกิดขึ้นจากการฝึกปฏิบัติ หรือการเรียนรู้จริงในที่ทำงานระหว่างการศึกษา ประกอบด้วย 4 ด้าน คือ (1) ความรู้ (K) หมายถึง สิ่งที่สั่งสมมาจากการศึกษาเล่าเรียน การค้นคว้าหรือประสบการณ์ที่เกิดจากหลักสูตร ซึ่งเป็นสิ่งที่จำเป็นและเพียงพอต่อการนำไปปฏิบัติหรือต่อยอดความรู้ในการประกอบอาชีพ ดำรงชีวิต อยู่ร่วมกันในสังคม และพัฒนาอย่างยั่งยืนสำหรับการดำรงชีวิตในยุคดิจิทัล (2) ทักษะ (S) หมายถึง ความสามารถที่เกิดจากการเรียนรู้ ฝึกฝนปฏิบัติให้เกิดความแคล่วคล่อง ว่องไว และชำนาญ เพื่อพัฒนางาน พัฒนาวิชาชีพหรือวิชาการ พัฒนาตนและพัฒนาสังคมสำหรับการดำรงชีวิตในยุคดิจิทัล (3) จริยธรรม (E) หมายถึง พฤติกรรมหรือการกระทำระดับบุคคลที่สะท้อนถึงความเป็นผู้มีคุณธรรม ศีลธรรม และจรรยาบรรณ เพื่อประโยชน์ส่วนรวมและส่วนตนทั้งต่อหน้าและลับหลังผู้อื่น (4) ลักษณะบุคคล (C) หมายถึง บุคลิกภาพ ลักษณะนิสัย และค่านิยมที่สะท้อนคุณลักษณะเฉพาะศาสตร์ วิชาชีพ และสถาบัน โดยพัฒนาผ่านการเรียนรู้ และการฝึกประสบการณ์จากหลักสูตร ให้มีความเหมาะสมกับแต่ละระดับมาตรฐานคุณวุฒิระดับอุดมศึกษา" (ประกาศคณะกรรมการมาตรฐานการอุดมศึกษา เรื่อง รายละเอียดผลลัพธ์การเรียนรู้ตามมาตรฐานคุณวุฒิระดับอุดมศึกษา พ.ศ. 2565) จากวรรณกรรมที่กล่าวข้างต้น งานวิจัยนี้ให้ความหมายของผลลัพธ์การเรียนรู้ว่าหมายถึง ความรู้ ทักษะ จริยธรรม และลักษณะบุคคลตามแนวคิด OBE และตามมาตรฐานคุณวุฒิระดับอุดมศึกษา พ.ศ. 2565

สมรรถนะในการปฏิบัติงาน

สมรรถนะ (Competency) ตามความหมายของ McClelland (1973) หมายถึงคุณลักษณะเชิงลึกของบุคคลที่บูรณาการองค์ประกอบด้านความรู้ ทักษะ ความสามารถ และคุณลักษณะภายใน เช่น ค่านิยม เจตคติ บุคลิกภาพ และแรงจูงใจนำไปสู่ผลการปฏิบัติงานที่มีประสิทธิผล และชี้ให้เห็นว่าสมรรถนะเป็นการแสดงออกเชิงพฤติกรรมที่สะท้อนผ่านการปฏิบัติงานจริง การแสดงออกถึงศักยภาพในการประยุกต์ใช้ความรู้ ทักษะ และคุณลักษณะบุคคลในสถานการณ์ต่าง ๆ เชื่อมโยงไปสู่ผลลัพธ์ของงาน ซึ่งสมรรถนะเป็นสิ่งที่สามารถพัฒนาและปรับปรุงได้ผ่านการเรียนรู้และประสบการณ์ โดยกรอบแนวคิดของสมรรถนะประกอบด้วยส่วนที่สามารถสังเกตเห็นได้และส่วนที่ไม่สามารถสังเกตเห็นได้ สมรรถนะส่วนที่สังเกตเห็นได้แก่ ความรู้ ทักษะ และพฤติกรรมที่บุคคลแสดงออกและสะท้อนในผลการปฏิบัติงาน ขณะที่ส่วนที่ไม่สามารถสังเกตเห็นจะอยู่ภายใน เช่น แรงจูงใจ ค่านิยม เหตุผลและกลไกที่ผลักดันให้เกิดพฤติกรรม (McClelland, 1973) สมรรถนะสามารถจำแนกได้หลายประเภท เช่น สมรรถนะเชิงเทคนิค สมรรถนะทางการบริหาร สมรรถนะในการคิดเชิงนามธรรม (Chouhan and Srivastava, 2014) งานวิจัยที่ศึกษาเพื่อระบุสมรรถนะที่จำเป็นในการปฏิบัติงานสำหรับอาชีพพยาบาลชีวอนามัยในการปฏิบัติงานได้อย่างมีประสิทธิผล ของ Kano et al. (2017) ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าสมรรถนะที่จำเป็นประกอบด้วย 7 องค์ประกอบ คือ สมรรถนะด้านการพัฒนาตนเอง ด้านการดำรงไว้ซึ่งมาตรฐานการพยาบาลอาชีวอนามัย ด้านการวางแผนเชิงกลยุทธ์และการปฏิบัติงาน ด้านการประสานงาน ด้านการสนับสนุนการพัฒนาของผู้รับบริการ ด้านการทำงานเป็นทีม และด้านความคิดสร้างสรรค์ สำหรับงานวิจัยที่เป็นศึกษาผลกระทบของการฝึกปฏิบัติที่มีต่อสมรรถนะของ Rumahorbo et al., (2018) พบว่าการฝึกปฏิบัติของนักศึกษาพยาบาลโดยใช้คนไข้ที่เป็นหุ่นจำลองส่งผลให้นักศึกษามีความรู้ แรงจูงใจ และสมรรถนะทางคลินิกเพิ่มสูงขึ้น จากวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง งานวิจัยนี้จึงให้ความหมายของสมรรถนะในการปฏิบัติงานสหกิจศึกษา (Cooperative Education Work Competency; Co-op Work Competency) ว่าหมายถึง ความรู้ ทักษะ จริยธรรม และลักษณะบุคคลที่บูรณาการร่วมกันเพื่อนำไปใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ และสะท้อนผ่านผลการปฏิบัติงานจริง

ความสามารถในการได้รับการจ้างงาน

ความสามารถในการได้รับการจ้างงาน (Employability) หมายถึงศักยภาพของบุคคลในการได้งาน รักษางาน และพัฒนาในเส้นทางอาชีพ โดยเป็นผลจากการบูรณาการของความรู้ ทักษะ และลักษณะส่วนบุคคลที่ช่วยให้สามารถตอบสนองความต้องการของนายจ้างและปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงของตลาดแรงงานได้ (Shanfari et al., 2024; Sahudin, et al., 2022) ปัจจัยที่ส่งผลต่อโอกาสในการได้รับการจ้างงานประกอบด้วย (1) ปัจจัยด้านวิชาการ เช่น ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสอดคล้องของหลักสูตรกับความต้องการของอุตสาหกรรม (2) ปัจจัยด้านทักษะ ซึ่งครอบคลุมทั้ง Hard Skills และ Soft Skills เช่น การสื่อสาร การทำงานเป็นทีม การคิดวิเคราะห์ และการแก้ปัญหา (3) ปัจจัยด้านลักษณะบุคคล เช่น บุคลิกภาพ แรงจูงใจ ความมั่นใจ และความสามารถในการปรับตัว และ (4) ปัจจัยด้านประสบการณ์ ความพร้อมในการทำงานและบริบท เช่น ประสบการณ์ฝึกงาน กิจกรรมนอกหลักสูตร ความร่วมมือกับภาคอุตสาหกรรม และสภาพตลาดแรงงาน (Chen, et al., 2023; Hartini et al., 2025) มีงานวิจัยที่บ่งชี้ว่าปัจจัยด้าน Soft Skills และประสบการณ์จริงมีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งในการเพิ่มโอกาสในการได้รับการจ้างงานและความสำเร็จในอาชีพ ในขณะที่ปัจจัยเชิงบริบท เช่น ความต้องการของตลาดแรงงานและการเปลี่ยนแปลงทางเศรษฐกิจมีอิทธิพลต่อโอกาสในการได้รับการจ้างงานของบัณฑิตอย่างมีนัยสำคัญ (Shanfari et al., 2024; Sahudin, et al., 2022) สำหรับงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาในบริบทของการจัดการศึกษาแบบสหกิจศึกษา โดยให้ความหมายของความสามารถในการได้รับการจ้างงาน (Employability)_ว่าหมายถึง ศักยภาพของบุคคลในการได้งาน โดยการประเมินศักยภาพว่าจะได้รับการจ้างงานหรือไม่ได้รับการจ้างงานเมื่อสิ้นสุดการปฏิบัติงานสหกิจศึกษา

กรอบแนวคิดการวิจัย

งานวิจัยนี้นำแนวคิดการจัดการศึกษาแบบมุ่งผลลัพธ์การเรียนรู้ร่วมกับแนวคิดสมรรถนะการปฏิบัติงานและความสามารถในการได้รับการจ้างงานมาใช้สร้างกรอบแนวคิด โดยเชื่อมโยงระหว่างสิ่งที่ผู้เรียนได้รับจากการศึกษากับความสามารถในการทำงานจริงและความสามารถในการได้รับการจ้างงาน ในบริบทของการจัดการศึกษาระดับอุดมศึกษาในรูปแบบสหกิจศึกษา โดยมีวัตถุประสงค์การวิจัยประกอบด้วย (1) ตรวจสอบความสัมพันธ์ของผลลัพธ์การเรียนรู้กับสมรรถนะในการปฏิบัติงานสหกิจศึกษา (2) ศึกษาความสัมพันธ์ของผลลัพธ์การเรียนรู้กับความสามารถในการได้รับการจ้างงาน และ (3) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสมรรถนะในการปฏิบัติงานสหกิจศึกษากับความสามารถในการได้รับการจ้างงาน โดยมีกรอบแนวคิด แสดงดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

การพัฒนาสมมติฐานการวิจัย

ผลลัพธ์การเรียนรู้กับสมรรถนะในการปฏิบัติงานสหกิจศึกษา

ผลลัพธ์การเรียนรู้เป็นตัวชี้วัดสำคัญของความสามารถที่ผู้เรียนพัฒนาได้จากกระบวนการศึกษา โดยเฉพาะในระบบ OBE ที่เน้นการออกแบบการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับสมรรถนะที่จำเป็นในวิชาชีพ ในขณะเดียวกัน สมรรถนะเป็นคุณลักษณะเชิงลึกของบุคคลที่ประกอบด้วยความรู้ ทักษะ และคุณลักษณะภายใน ซึ่งมีความสัมพันธ์กับการแสดงพฤติกรรมที่นำไปสู่ผลการปฏิบัติงานที่มีประสิทธิผล (McClelland, 1973) โดยองค์ประกอบดังกล่าวสอดคล้องกับกรอบ KSEC ที่ถือเป็นปัจจัยพื้นฐานของศักยภาพบุคคล จากงานวิจัยของ Vlachopoulos and Tsitiridou (2026) พบว่าการออกแบบผลลัพธ์การเรียนรู้ที่ชัดเจนและเชื่อมโยงกับบริบทการทำงานจริง โดยผ่านความร่วมมือระหว่างสถาบันการศึกษาและสถานประกอบการจะช่วยพัฒนาทักษะและคุณลักษณะที่ตลาดแรงงานต้องการ ในขณะที่ Jackson and Li (2024) และ Succi and Canovi

(2020) ระบุว่า ทักษะที่ได้จากการเรียนรู้ เช่น การคิดวิเคราะห์ การสื่อสาร และการทำงานเป็นทีม มีความสัมพันธ์โดยตรงกับความสามารถในการปฏิบัติงานจริง นอกจากนี้ Osmani et al. (2019) ยังชี้ให้เห็นว่า การจัดการเรียนรู้ที่เน้นประสบการณ์ (experiential learning) เช่น สหกิจศึกษา มีบทบาทสำคัญในการแปลงผลลัพธ์การเรียนรู้ไปสู่สมรรถนะเชิงปฏิบัติ ผลลัพธ์การเรียนรู้จึงเป็นปัจจัยที่คาดว่าส่งผลต่อสมรรถนะที่แสดงออกมาในรูปของพฤติกรรมการทำงานและส่งผลให้ผลการปฏิบัติงานสูงขึ้น ดังนั้น จึงคาดว่าผลลัพธ์การเรียนรู้เป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อสมรรถนะในการปฏิบัติงานสหกิจศึกษา นำมาสู่สมมติฐานที่หนึ่ง

H1: ผลลัพธ์การเรียนรู้มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับสมรรถนะในการปฏิบัติงานสหกิจศึกษา

ผลลัพธ์การเรียนรู้กับความสามารถในการได้รับการจ้างงาน

ความรู้ทางวิชาการและวิชาชีพเป็นพื้นฐานสำคัญในการปฏิบัติงานและสร้างความได้เปรียบในการแข่งขัน ในขณะเดียวกัน ทักษะเชิงเทคนิคและทักษะทั่วไป เช่น การสื่อสาร การทำงานเป็นทีม และการแก้ปัญหา เป็นปัจจัยหลักที่นายจ้างใช้ในการพิจารณาคัดเลือกบุคลากร (Hosain et al., 2023; Sahudin et al., 2022) ผลลัพธ์การเรียนรู้จึงถือเป็นปัจจัยพื้นฐานที่กำหนดศักยภาพของบัณฑิตในการเข้าสู่ตลาดแรงงาน จากงานวิจัยของ Jackson & Wilton (2016) เสนอว่าผลลัพธ์การเรียนรู้ที่สอดคล้องกับความต้องการของนายจ้างจะช่วยเพิ่มโอกาสการได้รับการจ้างงานอย่างมีนัยสำคัญ ในขณะที่ Tomlinson (2017) พบว่านายจ้างให้ความสำคัญกับทักษะที่สามารถนำไปใช้ได้จริงมากกว่าความรู้เชิงทฤษฎีเพียงอย่างเดียว ซึ่งสะท้อนถึงความสำคัญของผลลัพธ์การเรียนรู้ในมิติของทักษะ และ Succi & Canovi (2020) ยืนยันว่าทักษะด้าน soft skills ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของผลลัพธ์การเรียนรู้มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับโอกาสการได้รับการจ้างงาน นอกจากนี้ ประสบการณ์ เช่น การฝึกงานและประสบการณ์ทำงานจริง มีบทบาทสำคัญในการเสริมสร้างความพร้อมในการทำงานและเพิ่มความมั่นใจของบัณฑิต (Shanfari et al., 2024) รวมถึงคุณลักษณะบุคคล เช่น บุคลิกภาพ แรงจูงใจ และความสามารถในการปรับตัว ช่วยส่งเสริมประสิทธิภาพในการทำงานและความสำเร็จในอาชีพ (Hartini et al., 2025) ดังนั้น ผลลัพธ์การเรียนรู้จึงเป็นปัจจัยที่คาดว่าส่งผลต่อความสามารถในการได้รับการจ้างงาน การพัฒนาองค์ประกอบทั้งสื่อย่างสมดุลจะช่วยเพิ่มโอกาสในการได้งาน การคงอยู่ในงาน และการเติบโตในเส้นทางอาชีพในตลาดแรงงานที่มีการแข่งขันสูง (Chen et al., 2025) ดังนั้นจึงคาดว่าผลลัพธ์การเรียนรู้ส่งผลต่อความสามารถในการได้รับการจ้างงาน นำมาสู่สมมติฐานที่สอง

H2: ผลลัพธ์การเรียนรู้มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับความสามารถในการได้รับการจ้างงาน

สมรรถนะในการปฏิบัติงานกับความสามารถในการได้รับการจ้างงาน

สมรรถนะในการปฏิบัติงานเป็นศักยภาพองค์รวมที่สะท้อนความสามารถในการประยุกต์ความรู้ ทักษะ และปรับตัวในสถานการณ์การทำงานจริง (McClelland, 1973) และเป็นปัจจัยที่นายจ้างใช้พิจารณาคัดเลือกบุคคลากรเข้าทำงาน กล่าวได้ว่า สมรรถนะแปลงศักยภาพภายในของบุคคลให้กลายเป็นพฤติกรรมการทำงานที่มีประสิทธิผล บุคคลที่มีสมรรถนะสูงจะสามารถประยุกต์ใช้ความรู้และทักษะได้อย่างเหมาะสม มีพฤติกรรมการทำงานที่สอดคล้องกับความต้องการขององค์กร และสามารถปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงได้ดี ส่งผลให้มีโอกาสในการได้งานและประสบความสำเร็จในอาชีพสูงขึ้น งานวิจัยของ Ruth et al. (2014) พบว่าบัณฑิตที่มีสมรรถนะด้านการทำงาน เช่น การแก้ปัญหา การทำงานเป็นทีม และการปรับตัว มีแนวโน้มสูงที่จะได้รับการจ้างงานและประสบความสำเร็จในอาชีพ ในขณะที่ Jackson & Tomlinson (2020) ชี้ให้เห็นว่าสมรรถนะเชิงปฏิบัติที่ได้รับจากประสบการณ์จริง เช่น สหกิจศึกษา มีอิทธิพลโดยตรงต่อความสามารถในการแข่งขันในตลาดแรงงาน นอกจากนี้ Romgens et al. (2020) สรุปว่าสมรรถนะเป็นตัวแปรสำคัญที่เชื่อมโยงระหว่างการศึกษาเรียนรู้และผลลัพธ์ด้านการมีงานทำ ดังนั้น จึงคาดว่าสมรรถนะในการปฏิบัติงานสหกิจศึกษาส่งผลต่อความสามารถในการได้รับการจ้างงาน นำมาสู่สมมติฐานที่สาม

H3: สมรรถนะในการปฏิบัติงานสหกิจศึกษามีความสัมพันธ์เชิงบวกกับความสามารถในการได้รับการจ้างงาน

วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงปริมาณ

ประชากร คือนักศึกษาคณะบริหารธุรกิจ สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศทางธุรกิจ การบัญชี การจัดการ การตลาด ภาษาอังกฤษธุรกิจ และภาษาจีนธุรกิจ ที่ปฏิบัติงานสหกิจศึกษาในสถานประกอบการ ปีการศึกษา พ.ศ. 2567 และ 2568

การเก็บรวบรวมข้อมูล โดยนำข้อมูลทุติยภูมิจากฐานข้อมูลของหน่วยงานสหกิจศึกษา คณะบริหารธุรกิจ จำนวน 156 ข้อมูล มาใช้ในการวิเคราะห์

การวัดค่าตัวแปรที่ศึกษา จากข้อมูลทุติยภูมิในฐานข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์ เป็นข้อมูลที่หัวหน้างานหรือพนักงานที่ปรึกษาของนักศึกษาสหกิจศึกษาเป็นผู้ประเมินนักศึกษา ประกอบด้วยผลลัพธ์การเรียนรู้ 4 ด้าน และสมรรถนะในการปฏิบัติงานสหกิจศึกษา แบบประเมินเป็นแบบมาตราส่วนลิเคิร์ท (Likert Scale) 4 ระดับ สำหรับความสามารถในการได้รับการจ้างงาน แบบประเมินเป็นแบบมาตรวัดนามบัญญัติ 2 กลุ่ม คือ รับเข้าทำงานและไม่รับเข้าทำงาน

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลประกอบด้วย การวิเคราะห์สหสัมพันธ์ (Correlation) การวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณ (Multiple regression) และการวิเคราะห์ถดถอยโลจิสติก (Logistic regression)

ผลการวิจัย

จำนวนข้อมูลทั้งหมด 156 ข้อมูล นำมาวิเคราะห์เพื่อตอบสมมติฐานการวิจัย มีผลการวิเคราะห์ ดังนี้

การวิเคราะห์สหสัมพันธ์เพียร์สัน

ผลการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรรายคู่ แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์สหสัมพันธ์เพียร์สัน

ตัวแปร	ความรู้	ทักษะ	จริยธรรม	ลักษณะบุคคล	สมรรถนะฯ
ความรู้	1				
ทักษะ	.748**	1			
จริยธรรม	.353**	.412**	1		
ลักษณะบุคคล	.708**	.734**	.598**	1	
สมรรถนะในการปฏิบัติงานสหกิจศึกษา	.591**	.517**	.355**	.589**	1

N = 156, ** ระดับนัยสำคัญ <.01

การวิเคราะห์สหสัมพันธ์เพียร์สัน (Pearson's Correlation) ระหว่างตัวแปรผลลัพธ์การเรียนรู้ 4 ด้าน ได้แก่ ความรู้ ทักษะ จริยธรรม และลักษณะบุคคล กับสมรรถนะในการปฏิบัติงานสหกิจศึกษา พบว่า ตัวแปรทั้งหมดมีความสัมพันธ์เชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p < .01$ จากการพิจารณาความสัมพันธ์รายคู่ระหว่างตัวแปรผลลัพธ์การเรียนรู้ 4 ด้าน กับตัวแปรสมรรถนะในการปฏิบัติงาน พบว่าความรู้มีความสัมพันธ์เชิงบวกในระดับปานกลางค่อนข้างสูง ($r = .591$, $p < .01$) ลักษณะบุคคลมีความสัมพันธ์เชิงบวกในระดับปานกลางค่อนข้างสูง ($r = .589$, $p < .01$) ทักษะมีความสัมพันธ์เชิงบวกในระดับปานกลาง ($r = .517$, $p < .01$) และจริยธรรมมีความสัมพันธ์เชิงบวกในระดับปานกลางค่อนข้างต่ำ ($r = .355$, $p < .01$)

เมื่อพิจารณาขนาดของความสัมพันธ์ของผลลัพธ์การเรียนรู้ 4 ด้าน กับสมรรถนะในการปฏิบัติงาน พบว่าตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กับสมรรถนะการปฏิบัติงานสูงที่สุดคือ ความรู้ (r = .591) รองลงมา คือลักษณะบุคคล (r = .589) และทักษะ (r = .517) ตามลำดับ ในขณะที่ จริยธรรม (r = .355) มีความสัมพันธ์กับสมรรถนะการปฏิบัติงานสหกิจศึกษาต่ำที่สุด

การทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างผลลัพธ์การเรียนรู้กับสมรรถนะในการปฏิบัติงานสหกิจศึกษา

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรผลลัพธ์การเรียนรู้กับสมรรถนะในการปฏิบัติงานสหกิจศึกษา ผลการวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณ แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างผลลัพธ์การเรียนรู้กับสมรรถนะในการปฏิบัติงานสหกิจศึกษา

ตัวแปรอิสระ	Unstandardized		Standardized	t	p-value
	b	Std. Error	β		
ค่าคงที่	.585	.428		1.367	.174
ความรู้	.392*	.114	.348	3.435	.001
ทักษะ	.016	.123	.014	.135	.893
จริยธรรม	.075	.137	.043	.547	.585
ลักษณะบุคคล	.418*	.153	.307	2.728	.007
R^2 = .409, Adjust R^2 = .393, Model Sig. < .001					

*ระดับนัยสำคัญ .05

แบบจำลองที่ใช้ทดสอบสมมติฐานมีค่า Adjust R^2 เท่ากับ .393 แสดงถึงผลลัพธ์การเรียนรู้จากการปฏิบัติงานสหกิจตามมาตรฐานอุดมศึกษา 4 ด้าน สามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงสมรรถนะในการปฏิบัติงานสหกิจศึกษาได้ 39.3% ผลการทดสอบ พบว่าความรู้และลักษณะบุคคลมีความสัมพันธ์กับสมรรถนะในการปฏิบัติงานสหกิจศึกษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p < .05) โดยความรู้ (β = .348) มีอิทธิพลต่อสมรรถนะในการปฏิบัติงานสูงกว่าลักษณะบุคคล (β = .307) แสดงถึงการสนับสนุนแนวคิดว่าความรู้เป็น Core competency และลักษณะบุคคล เช่น ความรับผิดชอบ การทำงานเป็นทีม มีบทบาทสำคัญต่อผลการปฏิบัติงานเช่นกัน ในขณะที่ ทักษะและจริยธรรม ไม่พบว่ามีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญ ทั้งนี้ อาจเนื่องมาจากการปฏิบัติงานสหกิจศึกษาเน้นไปที่ผลลัพธ์ของงานที่ไม่ได้ใช้ทักษะขั้นสูง และเน้นที่พฤติกรรมการทำงานมากกว่ามิติทางจริยธรรมโดยตรง ประกอบกับจริยธรรมอาจเป็นปัจจัยที่ไม่สามารถแสดงออกและประเมินได้อย่างชัดเจน จึงไม่สามารถอธิบายความแตกต่างของสมรรถนะได้อย่างมีนัยสำคัญในบริบทของกลุ่มตัวอย่างนี้

จากผลการทดสอบสมมติฐานที่ 1 สรุปว่ายอมรับสมมติฐานบางส่วน โดยมิติด้านความรู้และลักษณะบุคคลมีความสัมพันธ์เชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญกับสมรรถนะในการปฏิบัติงานสหกิจศึกษา ในขณะที่มิติด้านทักษะและจริยธรรมไม่พบความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญ

การทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างผลลัพธ์การเรียนรู้กับความสามารถในการได้รับการจ้างงาน

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรผลลัพธ์การเรียนรู้กับความสามารถในการได้รับการจ้างงาน ผลการวิเคราะห์ถดถอยโลจิสติก แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างผลลัพธ์การเรียนรู้กับความสามารถในการได้รับการจ้างงาน

ตัวแปรอิสระ	β	Exp(B)	Std. Error	Wald	p-value
ค่าคงที่	-5.806	.003	2.191	7.026	.008
ความรู้	.128	1.137	.592	.047	.828
ทักษะ	1.885*	6.587	.663	8.087	.004
ลักษณะบุคคล	.906	2.474	.710	1.626	.202
จริยธรรม	-0.537	.584	.637	.711	.399
Nagelkerke R^2=.339					
Omnibus Test χ^2 = 38.45, p < .001					
Hosmer-Lemeshow χ^2 = 6.925, p = .545					
Overall Accuracy 83.3%					

*ระดับนัยสำคัญ .05

แบบจำลองที่ใช้ทดสอบสมมติฐาน มีค่า Nagelkerke R^2 เท่ากับ .339 แสดงถึงตัวแปรอิสระ-ผลลัพธ์การเรียนรู้ 4 ด้าน สามารถร่วมกันอธิบายความแปรปรวนของตัวแปรตาม-ความสามารถในการได้รับการจ้างงานได้ร้อยละ 33.9 ถือว่าความสามารถในการอธิบายอยู่ในระดับปานกลาง และ Omnibus Test of Model Coefficients มีค่า χ^2 = 38.45, p < .001 แสดงว่าโมเดลมีความเหมาะสมในการอธิบายข้อมูลอย่างมีนัยสำคัญ ในด้านของความสอดคล้องของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ผลการทดสอบ Hosmer–Lemeshow พบว่าค่า χ^2 = 6.925, p = .545 แสดงให้เห็นว่าโมเดลมีความสอดคล้องกับข้อมูลจริงในระดับที่ดี สำหรับความสามารถในการจำแนกกลุ่ม (classification performance) พบว่าโมเดลมีความถูกต้องโดยรวม (Overall Accuracy) เท่ากับร้อยละ 83.3 แสดงถึงโมเดลมีประสิทธิภาพในการพยากรณจำแนกกลุ่มตัวอย่างอยู่ในระดับดี

เมื่อพิจารณารายตัวแปร พบว่า ผลลัพธ์การเรียนรู้ด้านทักษะเป็นปัจจัยเดียวที่มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับความสามารถในการได้รับการจ้างงานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (β= 1.885, p < .05) โดยมีค่า Exp(B) เท่ากับ 6.587 แสดงให้เห็นว่า เมื่อทักษะเพิ่มขึ้น 1 หน่วย จะส่งผลให้ความสามารถในการได้รับการจ้างงานเพิ่มขึ้น 6.587 เท่า ในขณะที่ด้านความรู้ ลักษณะบุคคล และจริยธรรม ไม่พบว่ามีความสัมพันธ์กับความสามารถในการได้รับการจ้างงานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

จากผลการทดสอบสมมติฐานที่ 2 สรุปว่า ยอมรับสมมติฐานบางส่วน โดยผลลัพธ์การเรียนรู้ด้านทักษะมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับความสามารถในการได้รับการจ้างงานอย่างมีนัยสำคัญ ในขณะที่ด้านความรู้ ลักษณะบุคคล และจริยธรรมไม่พบความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญ

การทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างสมรรถนะในการปฏิบัติงานสหกิจศึกษากับความสามารถในการได้รับการจ้างงาน

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสมรรถนะในการปฏิบัติงานสหกิจศึกษากับความสามารถในการได้รับการจ้างงาน ผลการวิเคราะห์ถดถอยโลจิสติก แสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างสมรรถนะในการปฏิบัติงานสหกิจศึกษากับความสามารถในการได้รับการจ้างงาน

ตัวแปรอิสระ	β	Exp(B)	Std. Error	Wald	p-value
ค่าคงที่	-2.063	.127	1.013	4.147	.001
สมรรถนะในการปฏิบัติงานสหกิจศึกษา	.925	2.522	.273	11.449	.042
Nagelkerke R^2=.120					
Omnibus Test χ^2 = 12.528, p =.000					
Hosmer-Lemeshow χ^2 = 4.188, p = .041					
Overall Accuracy 81.4%					

แบบจำลองที่ใช้ทดสอบสมมติฐาน มีค่า Nagelkerke R^2 เท่ากับ .120 แสดงถึงสมรรถนะในการปฏิบัติงานสหกิจศึกษาสามารถอธิบายความแปรปรวนของความสามารถในการได้รับการจ้างงานได้ในระดับค่อนข้างจำกัดที่ร้อยละ 12 และ Omnibus Test of Model Coefficients มีค่า χ^2 = 12.528, p < .001 แสดงว่าโมเดลสามารถอธิบายข้อมูลอย่างมีนัยสำคัญ การพิจารณาความสอดคล้องของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ผลการทดสอบ Hosmer–Lemeshow พบว่าค่า χ^2 = 4.188, p < .05 แสดงว่าโมเดลมีความไม่สอดคล้องกับข้อมูล สำหรับความสามารถในการจำแนกกลุ่ม (classification performance) พบว่าโมเดลมีความถูกต้องโดยรวม (Overall Accuracy) เท่ากับร้อยละ 81.4 แสดงถึงโมเดลมีประสิทธิภาพในการพยากรณ์จำแนกกลุ่มตัวอย่างอยู่ในระดับดี อย่างไรก็ตาม แม้โมเดลจะมีนัยสำคัญโดยรวมและมีความแม่นยำในการจำแนกกลุ่มอยู่ในระดับดี แต่ผลการทดสอบ Hosmer–Lemeshow แสดงให้เห็นว่าโมเดลอาจยังไม่สอดคล้องกับข้อมูลอย่างสมบูรณ์

จากผลการวิเคราะห์ พบว่าสมรรถนะในการปฏิบัติงานสหกิจศึกษามีความสัมพันธ์เชิงบวกกับความสามารถในการได้รับการจ้างงานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (β = 0.925, p < .05) และค่า Exp(B) = 2.522 แสดงให้เห็นว่าเมื่อสมรรถนะในการปฏิบัติงานเพิ่มขึ้น 1 หน่วย จะส่งผลให้โอกาสในการได้รับการจ้างงานเพิ่มขึ้น 2.52 เท่า จึงสรุปว่า ยอมรับสมมติฐานที่ 3

การอภิปรายผล

ผลการศึกษาครั้งนี้ พบว่าผลลัพธ์การเรียนรู้ด้านความรู้และลักษณะบุคคลส่งเสริมให้เกิดสมรรถนะในการปฏิบัติงานที่ดี สอดคล้องกับแนวคิดเรื่องสมรรถนะของ McClelland (1973) ที่อธิบายว่าสมรรถนะ หมายถึงคุณลักษณะเชิงลึกของบุคคลที่บูรณาการความรู้ ทักษะและลักษณะบุคคลร่วมกันและส่งผลให้เกิดพฤติกรรมการทำงานที่มีประสิทธิผล แนวคิดนี้อธิบายผลการวิจัยได้ว่าความรู้เป็นพื้นฐานสำคัญในการทำงาน ในขณะเดียวกัน บุคคลจะสามารถนำความรู้นั้นไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพจำเป็นต้องอาศัยคุณลักษณะภายในร่วมด้วย เช่น แรงจูงใจ ความรับผิดชอบ บุคลิกภาพ ความยืดหยุ่น และความสามารถในการปรับตัว เช่นเดียวกับ Hartini et al. (2025) ที่พบว่าลักษณะบุคคลมีส่วนส่งเสริมประสิทธิภาพการทำงาน

และความสำเร็จในอาชีพ ด้วยเหตุนี้ ผลลัพธ์การเรียนรู้ด้านความรู้ ลักษณะบุคคลจึงมีบทบาทสำคัญในฐานะองค์ประกอบพื้นฐานที่เอื้อให้เกิดการพัฒนาสมรรถนะในการปฏิบัติงานให้สูงขึ้น นอกจากนี้ ผลการศึกษาแสดงถึงผลลัพธ์การเรียนรู้ด้านทักษะและสมรรถนะในการปฏิบัติงานเป็นปัจจัยมีบทบาทสำคัญต่อความสามารถในการได้รับการจ้างงาน โดยพบว่าทักษะเป็นปัจจัยที่ส่งผลโดยตรงต่อความสามารถในการได้รับการจ้างงานโดยตรง สอดคล้องกับ Jackson & Wilton (2016) ที่กล่าวว่าบัณฑิตจะมีโอกาสได้รับการจ้างงานสูงขึ้นเมื่อสิ่งที่เรียนรู้สามารถเปลี่ยนเป็นความสามารถที่นายจ้างคาดหวังได้จริง และสนับสนุนผลการศึกษาของ Tomlinson (2017) ที่ระบุว่านายจ้างให้ความสำคัญกับทักษะที่สามารถประยุกต์ใช้ได้จริงมากกว่าความรู้เชิงทฤษฎีเพียงอย่างเดียว เช่นเดียวกับ Succi and Canovi (2020) ที่ยืนยันว่า soft skills เช่น การสื่อสาร การทำงานเป็นทีม และการปรับตัว มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับโอกาสในการได้รับการจ้างงาน รวมทั้ง Hosain et al. (2023) และ Sahudin et al. (2022) ที่ระบุว่าทั้งทักษะเชิงเทคนิคและทักษะทั่วไปเป็นเกณฑ์สำคัญในการคัดเลือกบุคลากรของนายจ้าง ดังนั้น ผลการวิจัยครั้งนี้จึงยืนยันว่าทักษะเชื่อมโยงกับความสามารถในการได้รับการจ้างงานโดยตรง เนื่องจากเป็นองค์ประกอบที่นายจ้างสามารถสังเกต ประเมิน และตัดสินได้อย่างชัดเจน แสดงให้เห็นว่าการเรียนรู้ในระดับอุดมศึกษาควรพัฒนาไปสู่การสร้างศักยภาพที่พร้อมใช้ในการทำงานจริง ผลการศึกษานี้ยังอธิบายถึงสมรรถนะในการปฏิบัติงานเป็นกลไกสำคัญที่แปลงผลลัพธ์การเรียนรู้ให้กลายเป็นความได้เปรียบในการได้รับโอกาสจ้างงาน ซึ่งสอดคล้องกับข้อค้นพบของ Ruth et al. (2014) ที่ระบุว่าบัณฑิตที่มีสมรรถนะด้านการแก้ปัญหา การทำงานเป็นทีม และการปรับตัว มีแนวโน้มที่จะได้รับการจ้างงานและประสบความสำเร็จในอาชีพสูงกว่า และ Jackson and Tomlinson (2020) ที่อธิบายว่าสมรรถนะเชิงปฏิบัติซึ่งพัฒนาจากประสบการณ์จริง เช่น สหกิจศึกษามีอิทธิพลโดยตรงต่อความสามารถในการแข่งขันในตลาดแรงงาน และสนับสนุนข้อสรุปของ Romgens et al. (2020) ที่พิจารณาว่าสมรรถนะเป็นตัวแปรเชื่อมโยงระหว่างการศึกษากับผลลัพธ์ด้านการมีงานทำอย่างชัดเจน ดังนั้น ผลการวิจัยครั้งนี้จึงช่วยยืนยันในเชิงประจักษ์ว่าความรู้ ทักษะ และลักษณะบุคคลส่งผลต่อความสามารถในการได้รับการจ้างงานเมื่อองค์ประกอบเหล่านี้ได้รับการบูรณาการและแสดงออกผ่านพฤติกรรมการทำงานจริงในรูปของสมรรถนะ

เมื่อพิจารณาตามนโยบายส่งเสริมการเรียนรู้ในรูปแบบสหกิจศึกษาและการศึกษาเชิงบูรณาการกับการทำงาน ผลการวิจัยครั้งนี้สนับสนุนความสำคัญของสหกิจศึกษาซึ่งเป็นการเชื่อมโยงระหว่างการเรียนรู้ในชั้นเรียนกับสถานการณ์การทำงานจริง โดยช่วยให้ผลลัพธ์การเรียนรู้พัฒนาไปสู่ความสามารถเชิงปฏิบัติที่นายจ้างต้องการ สอดคล้องกับ Shanfari et al. (2024) ที่พบว่าการฝึกงานและประสบการณ์การทำงานจริงช่วยเสริมสร้างความมั่นใจ ความพร้อมในการทำงาน และโอกาสในการได้รับการจ้างงาน และการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพเกิดขึ้นเมื่อผู้เรียนเผชิญสถานการณ์จริง ได้ทดลองปฏิบัติและสะท้อนคิดจากประสบการณ์ของตนเอง จากผลการศึกษาครั้งนี้ สามารถนำไปใช้ประโยชน์เชิงวิชาการในมุมมองของการพัฒนาบัณฑิตเพื่อการมีงานทำ ควรพัฒนาอย่างสมดุลทั้งด้านความรู้ ทักษะ จริยธรรม และลักษณะบุคคล เนื่องจากแต่ละองค์ประกอบมีบทบาทแตกต่างกัน กล่าวคือ ความรู้ช่วยสร้างพื้นฐานเชิงวิชาการและความเข้าใจในงาน ทักษะช่วยให้สามารถปฏิบัติงานได้จริง ลักษณะบุคคลช่วยกำกับพฤติกรรมและการปรับตัวในบริบทองค์กร และจริยธรรมช่วยให้การปฏิบัติงานเป็นไปอย่างรับผิดชอบและน่าเชื่อถือ เมื่อนำองค์ประกอบเหล่านี้มาบูรณาการร่วมกันจะก่อให้เกิดสมรรถนะในการปฏิบัติงานที่มีประสิทธิผล และนำไปสู่ความสามารถในการได้รับการจ้างงานที่สูงขึ้น ซึ่งต้องเกิดจากกระบวนการพัฒนาผู้เรียนอย่างเป็นองค์รวมร่วมกันระหว่างสถาบันอุดมศึกษาและสถานประกอบการ ในทางปฏิบัติ สถาบันอุดมศึกษาสามารถนำผลการวิจัยนี้ไปใช้ในการออกแบบหลักสูตรและผลลัพธ์การเรียนรู้ให้สอดคล้องกับความต้องการของนายจ้างมากยิ่งขึ้น โดยเฉพาะการกำหนดผลลัพธ์การเรียนรู้ด้านทักษะและสมรรถนะที่สามารถวัดและประเมินได้จากการปฏิบัติจริง นอกจากนี้ควรส่งเสริมการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาและสถานการณ์จริง เพื่อให้ผู้เรียนได้พัฒนาความรู้ ทักษะ และลักษณะบุคคลไปพร้อมกัน

บทสรุป

การยกระดับคุณภาพบัณฑิตให้มีสมรรถนะสอดคล้องกับความต้องการของสถานประกอบการและตลาดแรงงาน โดยจัดการศึกษาแบบสหกิจศึกษาและการศึกษาแบบบูรณาการกับการทำงาน มุ่งเน้นการผลิตกำลังคนที่มีความรู้ ทักษะ จริยธรรม และลักษณะบุคคล ถือเป็นองค์ประกอบสำคัญในการประเมินความพร้อมของบัณฑิตในการเข้าสู่สถานการณ์การทำงานจริง และเพื่อตรวจสอบว่าการเรียนรู้ในรูปแบบสหกิจศึกษาให้ผลลัพธ์สอดคล้องกับเป้าประสงค์ในการจัดการศึกษาเพียงใด งานวิจัยนี้จึงศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างผลลัพธ์การเรียนรู้ สมรรถนะในการปฏิบัติงานสหกิจศึกษา และความสามารถในการได้รับการจ้างงาน ประชากรที่ศึกษาคือ นักศึกษาคณะบริหารธุรกิจที่ปฏิบัติงานสหกิจศึกษาในปีการศึกษา พ.ศ. 2567 และ 2568 ข้อมูลที่นำมาศึกษาเป็นข้อมูลทุติยภูมิจากฐานข้อมูลของหน่วยงานสหกิจศึกษา จำนวน 156 ข้อมูล สถิติที่ใช้วิเคราะห์ ประกอบด้วย การวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณ และการวิเคราะห์ถดถอยโลจิสติก ผลการศึกษา พบว่าผลลัพธ์การเรียนรู้ด้านความรู้และลักษณะบุคคลเป็นองค์ประกอบที่ส่งผลให้เกิดสมรรถนะในการปฏิบัติงานสูงขึ้น และผลลัพธ์การเรียนรู้ด้านทักษะเป็นปัจจัยที่ช่วยเพิ่มโอกาสในการได้งานทำมากขึ้น ในขณะเดียวกัน การบูรณาการความรู้ ทักษะ จริยธรรมและลักษณะบุคคลเข้าด้วยกันและแสดงออกเป็นพฤติกรรมการปฏิบัติงานหรือสมรรถนะในการปฏิบัติงานที่มีประสิทธิผลช่วยส่งเสริมโอกาสในการได้งานทำเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตาม จากผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างสมรรถนะในการปฏิบัติงานสหกิจศึกษากับความสามารถในการได้รับการจ้างงาน แบบจำลองมีอำนาจการอธิบายค่อนข้างต่ำ แสดงว่ายังมีปัจจัยอื่นที่อาจส่งผลต่อความสามารถในการได้รับการจ้างงานและยังไม่ได้นำมาศึกษา งานวิจัยในอนาคตอาจค้นหาปัจจัยอื่นที่ส่งผลต่อความสามารถในการได้รับการจ้างงานเพิ่มเติม โดยทำการศึกษาแบบวิจัยเชิงคุณภาพ เก็บข้อมูลจากการสัมภาษณ์เชิงลึกจากสถานประกอบการเพื่อนำมาศึกษาต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ ผู้ให้ทุนสนับสนุนการวิจัยในครั้งนี้ และขอขอบคุณหน่วยงานสหกิจศึกษา คณะบริหารธุรกิจ ผู้สนับสนุนข้อมูลเพื่อทำการวิจัยจนสำเร็จสมบูรณ์

เอกสารอ้างอิง

กฎกระทรวงมาตรฐานคุณวุฒิระดับอุดมศึกษา พ.ศ. 2565. (2565, 31 มีนาคม). ราชกิจจานุเบกษา. เล่ม 139 ตอนที่ 20 ก: หน้า 28–31.

กมลวรรณ แสงทอง และณัฐพงศ์ ทองเทพ. (2566). ศักยภาพของนักศึกษาสหกิจศึกษาในมุมมองของสถานประกอบการต่อการพัฒนางานสหกิจศึกษาและการศึกษาเชิงบูรณาการกับการทำงาน: กรณีศึกษา มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตภูเก็ต. วารสารสารสนเทศและการเรียนรู้. 34(3): 46–61.

กมลวรรณ แสงทอง และณัฐพงศ์ ทองเทพ. (2567). ความสัมพันธ์ของปัจจัยแห่งความสำเร็จของหลักสูตรสหกิจศึกษาและการศึกษาเชิงบูรณาการกับการทำงาน (CWIE) ที่มีต่อความพร้อมในการทำงานของนักศึกษา มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตภูเก็ต. วารสารวิชาการ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย มนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์. 44(2).

คณะกรรมการมาตรฐานการอุดมศึกษา. (2565, 9 กันยายน). ประกาศคณะกรรมการมาตรฐานการอุดมศึกษา เรื่อง รายละเอียดผลลัพธ์การเรียนรู้ตามมาตรฐานคุณวุฒิระดับอุดมศึกษา พ.ศ. 2565. ราชกิจจานุเบกษา. เล่ม 139 ตอนพิเศษ 212 ง: หน้า 35–36.

เครือข่ายพัฒนาสหกิจศึกษาภาคใต้ตอนบน. (2561). คู่มือการจัดการเรียนการสอนเชิงบูรณาการกับการทำงาน (ฉบับสมบูรณ์). สงขลา: เครือข่ายพัฒนาสหกิจศึกษาภาคใต้ตอนบน โดยการสนับสนุนของสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา (สกอ.).

สมชาย เทพแสง กันต์ธมณิญา นฤโฆษกิตติกรีติ และอัจฉริยา เทพแสง. (2566). การศึกษาที่เน้นผลลัพธ์ Outcome-based education (OBE): กุญแจสำคัญในการจัดการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นนักเรียนเป็นหลัก. วารสารสหวิทยาการวิจัยและนวัตกรรมการศึกษา. 2(1): 39–52.

สภานโยบายการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรมแห่งชาติ. (2565). กรอบนโยบายและยุทธศาสตร์การอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม พ.ศ. 2566–2570. กรุงเทพฯ: สำนักงานสภานโยบายการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรมแห่งชาติ.

Chen, X., Alias, B. S., & Nor, M. Y. B. M. (2025). A study on the influencing factors of students' employability: A systematic literature review. Journal of Information Systems Engineering and Management. 10(22s).

Chouhan, V. S., & Srivastava, S. (2014). Understanding competencies and competency modeling: A literature survey. IOSR Journal of Business and Management. 16(1): 14–22.

Hartini, Q. A. P., Wiyanto, W., Sudarmin, S., & Sumarni, W. (2025). Factors that influence the employability skills of vocational school students: A systematic review. F1000Research. 14: 586.

Hosain, M. S., Mustafi, M. A. A., & Parvin, T. (2023). Factors affecting the employability of private university graduates: An exploratory study on Bangladeshi employers. PSU Research Review: An International Journa., 7(3): 163–183.

Jackson, D., & Li, I. (2024). Perceived skill outcomes among coursework and research graduates and evolution over time. Journal of Further and Higher Education, 48(4), 449–466. https://doi.org/10.1080/0309877X.2024.2346742

Jackson, D., & Tomlinson, M. (2020). Investigating the relationship between career planning, proactivity and employability perceptions among higher education students in uncertain labour market conditions. Higher Education. 80: 435–455. https://doi.org/10.1007/s10734-019-00490-5

Jackson, D., & Wilton, N. (2016). Developing career management competencies among undergraduates and the role of work-integrated learning. Teaching in Higher Education. 21(3): 266–286. https://doi.org/10.1080/13562517.2015.1136281

Kono, K., Goto, Y., Hatanaka, J., & Yoshikawa, E. (2017). Competencies required for occupational health nurses. Journal of Occupational Health. 59(6): 562–571.

McClelland, D. C. (1973). Testing for competence rather than for "intelligence." American Psychologist. 28(1): 1–14.

Osmani, M., Weerakkody, V., Hindi, N., & Eldabi, T. (2019). Graduates employability skills: A review of literature against market demand. Journal of Education for Business. 94(7): 423–432. https://doi.org/10.1080/08832323.2018.1545629

Rumahorbo, H., Sofyana, H., Ali, K. (2018). The Effectiveness Of Human Patient Simulator On Knowledge, Motivation, and Clinical Competence Of The Student's Nursing About Diabetic Ketoacidosis Management. OJN, 08(08): 567-579. https://doi.org/10.4236/ojn.2018.88042

Romgens, I., Scoupe, R., & Beausaert, S. (2020). Unraveling the concept of employability: Bringing together research on employability in higher education and the workplace. Studies in Higher Education. 45(12): 2588–2603. https://doi.org/10.1080/03075079.2019.1623770

Ruth, B. D., Kay, J., & Wilton, N. (2014). Employability is in the eye of the beholder: Employer decision-making in the recruitment of work placement students. Higher Education, Skills and Work-based Learning. 4(3): 242–255. https://doi.org/10.1108/HESWBL-07-2014-0027

Sahudin, S., Maideen, N. C., Wahab, R. A., & Shuib, N. A. (2022). Literature review on the factors affecting employability of engineering graduates. ASEAN Journal of Engineering Education. 6(1).

Shanfari, S. A. Al, Elmi, M. J., Kian, M. W., & Karim, A. M. (2024). Study on the factors affecting employability among private university graduates: Global viewpoint. International Journal of Academic Research in Accounting, Finance and Management Sciences. 14(4): 395–406.

Succi, C., & Canovi, M. (2020). Soft skills to enhance graduate employability: Comparing students and employers' perceptions. Studies in Higher Education. 45(9): 1834–1847. https://doi.org/10.1080/03075079.2019.1585420

Tomlinson, M. (2017). Forms of graduate capital and their relationship to graduate employability. Education + Training. 59(4): 338–352. https://doi.org/10.1108/ET-05-2016-0090

Vlachopoulos, D., & Tsitiridou, O. (2026). Preparing university graduates for the labour market through employability skills development and university–industry collaboration: A systematic review. Education Sciences. 16(3): 426. https://doi.org/10.3390/educsci16030426

การส่งเสริมความสามารถในการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็กของเด็กปฐมวัย ผ่านกิจกรรมศิลปะสร้างสรรค์

Promoting Fine Motor Skills in Early Childhood Children through Creative Art Activities

นูรนาดา รักษ์ธรรม[1*] ฮัสน๊ะ ดือเร๊ะ[2] หัสบีมี มะยูโซะ[3] นิสรินทร์ ซำซูดิง[4] และ ขวัญใจ จริยาทัศน์กร[5]

Nuranada Raktham[1] Hasnah Dereh[2] Hasbimee Mayusoh[3] Nisrin Samsuding[4] and Kwanjai Jariyatatkone[5]

[1]คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต จังหวัดนครนายก

[1]Education, Faculty of Education, Suan Dusit University Nakhon Nayok

**Corresponding Author E-mail Address: nurnada.2104@gmail.com*

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบความสามารถในการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็กของเด็กปฐมวัยก่อนและหลังการจัดกิจกรรมศิลปะสร้างสรรค์ กลุ่มเป้าหมาย คือ เด็กปฐมวัย อายุ 4-5 ปี ที่กำลังศึกษาอยู่ในชั้นอนุบาลปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 2/2568 จำนวน 16 คน โดยเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง เครื่องมือที่ใช้ คือ แผนการจัดกิจกรรมศิลปะสร้างสรรค์ 8 แผน และแบบประเมินความสามารถในการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็ก 3 ด้าน ประกอบด้วย การประสานสัมพันธ์ระหว่างตากับมือ ความสามารถในการควบคุม และความคล่องแคล่ว การวิเคราะห์ข้อมูลใช้ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ ผลการวิจัยพบว่า 1) ความสามารถในการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็กของเด็กปฐมวัยก่อนและหลังการจัดกิจกรรมศิลปะสร้างสรรค์ พบว่า เด็กปฐมวัยมีความสามารถในการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็กเพิ่มขึ้น โดยก่อนการจัดกิจกรรม ภาพรวมอยู่ในระดับปฏิบัติได้น้อย (μ = 1.06, σ = .06) และหลังการจัดกิจกรรม ภาพรวมอยู่ในระดับปฏิบัติได้ดีมาก (μ = 2.83, σ = .13) และ 2) การเปรียบเทียบความสามารถในการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็กของเด็กปฐมวัยก่อนและหลังการจัดกิจกรรมศิลปะสร้างสรรค์ พบว่า พัฒนาการความสามารถในการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็กของเด็กปฐมวัยมีคะแนนเฉลี่ยก่อนการใช้ชุดกิจกรรมเท่ากับ 15.93 และหลังการใช้ชุดกิจกรรมเท่ากับ 42.25 จากคะแนนเต็ม 45 คะแนน โดยมีคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ร้อยละ 90.54 อยู่ในระดับสูงมาก

คำสำคัญ: ความสามารถในการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็ก, เด็กปฐมวัย, กิจกรรมศิลปะสร้างสรรค์

Abstract

This research aimed to study and compare the fine motor skills of early childhood children before and after creative art activities. The target group consisted of 16 preschool children aged 4-5 years old, enrolled in Kindergarten 2, Semester 2/2025, selected using purposive sampling. The instruments used were eight creative art activity plans and a fine motor skill assessment form comprising three areas: hand-eye coordination, control, and dexterity. Data analysis employed mean, standard deviation, and Relative gain score. The research findings showed that 1) A study on the fine motor skills of early childhood children before and after creative art activities found that the children's fine motor skills improved. Before the activities, the overall performance level was low (μ = 1.06, σ = .06), and after the activities, the overall performance level was very good (μ = 2.83, σ = .13). and 2) A comparison of the fine motor skills of early childhood children before and after creative art activities revealed that the average score for fine motor skills development before the activities was 15.93, and after the activities was 42.25, out of a maximum score of 45. The Relative gain score was 90.54%, indicating a very high level of improvement.

Keywords: Fine motor skills, Early childhood children, Creative art activities

บทนำ

การศึกษาปฐมวัยเป็นการพัฒนาเด็กตั้งแต่แรกเกิดถึง 6 ปีบริบูรณ์ อย่างเป็นองค์รวมบนพื้นฐานการอบรมเลี้ยงดูและการส่งเสริมกระบวนการเรียนรู้ที่สนองต่อธรรมชาติและพัฒนาการตามวัยของเด็กแต่ละคนให้เต็มตามศักยภาพ ภายใต้บริบทสังคมและวัฒนธรรมที่เด็กอาศัยอยู่ด้วยความรัก ความเอื้ออาทร และความเข้าใจของทุกคน เพื่อสร้างรากฐานคุณภาพชีวิตให้เด็กพัฒนาไปสู่ความเป็น มนุษย์ที่สมบูรณ์ เกิดคุณค่าต่อตนเอง ครอบครัว ชุมชน สังคมและประเทศชาติ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560, 2) การพัฒนาเด็กปฐมวัยควรพัฒนาอย่างเป็นองค์รวม ครอบคลุมพัฒนาการครบทุกด้านทั้งด้านร่างกาย อารมณ์ จิตใจ สังคม และสติปัญญา โดยคำนึงถึงวิธีการที่เหมาะสมตามลำดับขั้นพัฒนาการและวัยของเด็ก บริบททางสังคมและวัฒนธรรมครอบครัวและชุมชน ที่เด็กอาศัยอยู่ มีการจัดกิจกรรมให้เด็กมีส่วนร่วม ลงมือกระทำ เพื่อให้เด็กมีเจตคติที่ดีต่อประสบการณ์เกิดทักษะพื้นฐานในการเรียนรู้อย่างต่อเนื่องตลอดชีวิต (ยุพาพรรณ ชูชาติ และ คณะ, 284)

ความสามารถในการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็กมีความสำคัญและจำเป็นต่อการดำรงชีวิตประจำวันสำหรับเด็กปฐมวัย โดยกล้ามเนื้อมัดเล็กเป็นอวัยวะหนึ่งในการประกอบกิจวัตรประจำวันด้วยตนเอง เช่น การใส่-ถอด กระดุม รูดซิป การแปรงฟัน ผูกเชือกรองเท้า งานศิลปะ รวมทั้งการขีดเขียน ถ้าเด็กใช้กล้ามเนื้อเล็ก ได้คล่องแคล่ว จะช่วยส่งเสริมพัฒนาการด้านต่าง ๆ การใช้กล้ามเนื้อมัดเล็กของเด็กปฐมวัยควรส่งเสริมให้ใช้กล้ามเนื้อสายตาร่วมกับมือ เพราะการประสานงานของกล้ามเนื้อเล็กของเด็กปฐมวัยยังไม่พร้อมเท่าที่ควรการเล่นและการจัดกิจกรรมศิลปะต่าง ๆ จะเป็นเครื่องมือที่ช่วยให้เด็กได้พัฒนาความพร้อมทางมือและตามากที่สุดเด็กจะเรียนรู้อย่างสนุกสนาน เด็กจะใช้มือในการหยิบจับวัสดุต่าง ๆ ทำให้เข้าใจวิธีการใช้นิ้วจับดินสอได้อย่างถูกวิธี การพัฒนากล้ามเนื้อเล็กให้แข็งแรง เด็กก็พร้อมที่จะลากลีลามือซึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญของการเขียน เพราะความคล่องแคล่วของกล้ามเนื้อนิ้วมือมีความสัมพันธ์อย่างมาก กับการเขียนของเด็ก ซึ่งกิจกรรมหรืออุปกรณ์ที่ช่วยส่งเสริมการใช้

กล้ามเนื้อมือกับสายตา (Eye Hand Coordination) ให้ประสานสัมพันธ์กัน ได้แก่ ร้อยลูกปัด ร้อยเชือก ร้อยดอกไม้ เย็บกระดุม รูดซิป เรียงสี เรียงไม้หนีบ ตอกตะปู เป็นต้น (ปรารถนา กุศลโกมล และ สุรสา จันทนา, 2565, 157)

การจัดประสบการณ์สำหรับเด็กปฐมวัย เป็นการจัดกิจกรรมในลักษณะบูรณาการผ่าน การเล่น การลงมือกระทำจากประสบการณ์ตรงอย่างหลากหลาย เกิดความรู้ ทักษะ คุณธรรม จริยธรรม รวมทั้งเกิดการพัฒนาทั้งด้านร่างกาย อารมณ์ จิตใจ สังคม และสติปัญญา แนวทางในการจัดประสบการณ์ควรจัดให้สอดคล้องกับแบบการเรียนรู้ของเด็ก เด็กได้ลงมือกระทำผ่านประสาทสัมผัสทั้งห้า ได้เคลื่อนไหว สำรวจ สังเกต สืบค้น ทดลอง เล่น และคิดแก้ปัญหาด้วยตนเอง มีปฏิสัมพันธ์กับผู้อื่น สื่อและแหล่งเรียนรู้ต่างๆ (ยุพาพรรณ ชูชาติ และ คณะ, 284) ดังนั้น การจัดกิจกรรมศิลปะสร้างสรรค์สำหรับเด็กปฐมวัยมีความจำเป็นที่จะต้องจัด ให้เหมาะสมกับเด็กเพื่อช่วยกระตุ้นให้เกิดพัฒนาการอย่างเต็มศักยภาพ โดยคำนึงถึงตัวเด็กเป็นสำคัญ ส่งเสริมให้ เด็กได้แสดงออกทางความคิด จินตนาการ และกิจกรรมที่จัดควรเปิดโอกาสให้เด็กเป็นผู้ริเริ่ม มีการยืดหยุ่นได้ตามความต้องการและความสนใจของเด็ก และที่สำคัญกิจกรรมที่จัดควรเน้นให้มีสื่อของจริง ให้เด็กมีโอกาสสังเกต สำรวจ ค้นคว้า ทดลอง แก้ปัญหาด้วยตนเอง ซึ่งกิจกรรมศิลปะสร้างสรรค์เป็นเหมือนกับกิจกรรมทั่วไป แตกต่างตรงที่กิจกรรมสร้างสรรค์นั้นเป็นกิจกรรมที่ไม่มีการบังคับให้เด็กทำ แต่เป็นกิจกรรมเสรีที่เด็กทุกคนสามารถจะทำได้เมื่อตนเองเกิดความต้องการพอใจและสนใจ โดยใช้ศิลปะหรือวิธีการต่าง ๆ เป็นเครื่องมือในการจัดกิจกรรม เช่น การวาดภาพ ระบายสี พิมพ์ภาพ ปั้น ฉีก ตัด ปะ การประดิษฐ์ ฯลฯ ซึ่งการจัดกิจกรรมศิลปะสร้างสรรค์ ส่งเสริมพัฒนาการของเด็กได้เป็นอย่างดี ช่วยเสริมสร้างประสบการณ์ทางศิลปะ เด็กได้ลงมือปฏิบัติจริง เด็กได้สัมผัสกับสื่อวัสดุต่างผ่านประสาทสัมผัสทั้งห้า เด็กได้รู้จัก แสวงหาความรู้ด้วยตนเอง ส่งเสริมจินตนาการความคิดสร้างสรรค์ ช่วยฝึกการแก้ปัญหา ผ่อนคลาย อารมณ์ ทำให้จิตใจสงบ อ่อนโยน มีสมาธิในการทำงาน (ปรารถนา กุศลโกมล และ สุรสา จันทนา, 2565, 157) จากที่กล่าวมา การจัดกิจกรรมศิลปะสร้างสรรค์เพื่อพัฒนากล้ามเนื้อมัดเล็กของเด็กปฐมวัย มีความสำคัญมากในการเตรียมความพร้อมกล้ามเนื้อมือให้กับเด็กปฐมวัย ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะพัฒนาความสามารถในการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็กของเด็กปฐมวัยโดยใช้กิจกรรมศิลปะสร้างสรรค์ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการส่งเสริมความสามารถในการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็กต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาความสามารถในการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็กของเด็กปฐมวัยก่อนและหลังการจัดกิจกรรมศิลปะสร้างสรรค์
2. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็กของเด็กปฐมวัยก่อนและหลังการจัดกิจกรรมศิลปะสร้างสรรค์

วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

การพัฒนาเด็กปฐมวัยบนพื้นฐานการจัดประสบการณ์ที่สอดคล้องกับธรรมชาติและระดับขั้นพัฒนาการตามวัย ถือเป็นหมุดหมายสำคัญของหลักสูตรการศึกษาปฐมวัย (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560; ยุพาพรรณ ชูชาติ และคณะ, 2560) ซึ่งมุ่งเน้นการเปิดโอกาสให้เด็กมีส่วนร่วมและลงมือปฏิบัติจริงเพื่อให้เกิดการเรียนรู้เชิงรุก (Active Learning) จากการทบทวนวรรณกรรมเชิงประจักษ์ พบจุดร่วมทางวิชาการที่สำคัญว่า "ความสามารถในการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็ก" เป็นหนึ่งในดัชนีชี้วัดความพร้อมทางกายภาพและสรีรวิทยาที่มีความสำคัญจำเป็นอย่างยิ่งต่อการดำเนินกิจวัตรประจำวันและการเรียนรู้ขั้นสูงของเด็กปฐมวัย (ปรารถนา กุศลโกมล และสุรสา จันทนา, 2565) โดยเมื่อทำการสังเคราะห์มิติความสามารถของกล้ามเนื้อมัดเล็กที่ทำงานประสานสัมพันธ์กับการใช้สายตา สามารถจำแนกออกเป็น 3 ด้านหลักที่เกื้อหนุนซึ่งกันและกัน ได้แก่

1.ด้านการประสานสัมพันธ์ระหว่างตากับมือ (Hand-Eye Coordination): เป็นความสามารถในการทำงานประสานสอดคล้องอย่างราบรื่นระหว่างระบบประสาทตากับอวัยวะปลายมือในกิจกรรมที่ต้องใช้ความละเอียดอ่อน

2.ด้านความสามารถในการควบคุม (Motor Control): เป็นความสามารถในการกำกับทิศทาง การผ่อนหนักผ่อนเบา และการบริหารแรงกดของนิ้วมือและฝ่ามือในการหยิบจับวัสดุอุปกรณ์ได้อย่างเหมาะสม

3.ด้านความคล่องแคล่ว (Dexterity): ความสะท้อนถึงความรวดเร็ว ความลื่นไหล และความมีประสิทธิภาพในการเคลื่อนไหวทำกิจกรรมจนเสร็จสิ้นโดยไม่หยุดชะงัก

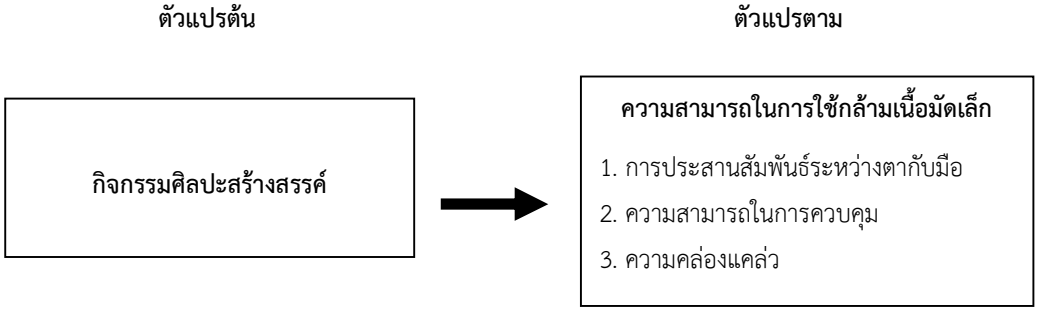
ในการขับเคลื่อนเพื่อพัฒนาทักษะทั้ง 3 ด้านนี้ "กิจกรรมศิลปะสร้างสรรค์" เป็นนวัตกรรมและเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพ เนื่องจากเป็นกิจกรรมที่มีความยืดหยุ่นสูงและตอบสนองต่อจินตนาการของเด็กอย่าง สามารถขับเคลื่อนพัฒนาการได้ 3 ประการ คือ

1.การเรียนรู้ผ่านประสบการณ์ตรงและการใช้ประสาทสัมผัสทั้งห้า:เด็กจะสร้างความรู้และทักษะจากการหยิบจับและแก้ปัญหาร่วมกับวัสดุของจริง (Active Experiential Learning)

2.กระบวนการทำซ้ำเชิงสร้างสรรค์ (Creative Repetition): ช่วยให้กล้ามเนื้อมือได้รับการฝึกฝนควบคุมทิศทางอย่างต่อเนื่องผ่านรูปแบบกิจกรรมที่แปรเปลี่ยนไปอย่างหลากหลาย (เช่น การพิมพ์ภาพ การปั้นดินเบา การฉีกปะ และการมัดย้อม) ทำให้เกิดสมาธิและลดความเบื่อหน่ายของเด็ก

3.การผ่อนคลายและการกำกับตนเอง (Self-Regulation): ศิลปะช่วยลดความกดดัน ทำให้จิตใจสงบและจดจ่อกับการทำงานจนสำเร็จลุล่วง

กรอบแนวคิดการวิจัย



รูปที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

วิธีการดำเนินวิจัย

1. ประชากรและกลุ่มเป้าหมาย

ประชากรในงานวิจัยนี้ คือ เด็กปฐมวัย อายุ 4-5 ปี ที่กำลังศึกษาอยู่ในชั้นอนุบาลปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 2/2568 จำนวน 16 คน โดยเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง

2. เครื่องมือในการวิจัย

2.1 แผนการจัดกิจกรรมศิลปะสร้างสรรค์ จำนวน 8 แผน

2.2 แบบประเมินความสามารถในการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็กของเด็กปฐมวัย 3 ด้าน คือ ด้านการประสานสัมพันธ์ตากับมือ ด้านความสามารถในการควบคุม และด้านความคล่องแคล่ว ก่อนเรียนและหลังเรียน จำนวน 15 ข้อ

3. การสร้างและการหาคุณภาพเครื่องมือ

ในการศึกษาค้นคว้า ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามลำดับขั้นตอนในการสร้างเครื่องมือ มีรายละเอียดต่อไปนี้

3.1 การสร้างแผนการจัดกิจกรรมศิลปะสร้างสรรค์ เพื่อส่งเสริมความสามารถในการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็กของเด็กปฐมวัยชั้นอนุบาลปีที่ 2 ดำเนินการสร้างตามขั้นตอนดังนี้

3.1.1 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวกับการจัดกิจกรรมศิลปะสร้างสรรค์เพื่อส่งเสริมความสามารถในการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็กของเด็กปฐมวัย หลักสูตรและคู่มือหลักสูตรการศึกษาปฐมวัย พุทธศักราช 2560

3.1.2 เขียนแผนการจัดกิจกรรมศิลปะสร้างสรรค์เพื่อส่งเสริมความสามารถในการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็กของเด็กปฐมวัยชั้นอนุบาลปีที่ 2 จำนวน 8 แผน ซึ่งแต่ละกิจกรรมนั้นจะช่วยส่งเสริมความสามารถในการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็กของเด็กปฐมวัยชั้นอนุบาลปีที่ 2 โดยกำหนดรูปแบบดังนี้ 1) เนื้อหา 2) วัตถุประสงค์ 3) ขั้นตอนในการดำเนินกิจกรรม ประกอบด้วย ขั้นนำ ขั้นดำเนินกิจกรรม ขั้นสรุปและขั้นบันทึกผล 4) การวัดและการประเมินผล 5) สื่อและอุปกรณ์

3.1.3 นำแผนการจัดกิจกรรมศิลปะสร้างสรรค์เพื่อส่งเสริมความสามารถในการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็กของเด็กปฐมวัยชั้นอนุบาลปีที่ 2 จำนวน 8 แผน เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญเพื่อตรวจพิจารณาและปรับปรุงแก้ไขให้เหมาะสม ได้ค่าความเหมาะสมดี

3.1.4 ปรับปรุงแก้ไขแผนการจัดกิจกรรมตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ และจัดทำฉบับสมบูรณ์

3.1.5 นำแผนการจัดกิจกรรมไปกับเด็กปฐมวัยชั้นอนุบาลปีที่ 2 อายุ 4-5 ปี โรงเรียนบ้านเขาส่องกล้อง จังหวัดนครนายก

3.2 การสร้างแบบประเมินความสามารถในการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็กของเด็กปฐมวัย

ในการวิจัยครั้งแบบประเมินการพัฒนาความสามารถในการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็กของเด็กปฐมวัยที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น มีรายละเอียดดังนี้

3.2.1 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างการพัฒนาความสามารถในการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็กของเด็กปฐมวัย เพื่อเป็นแนวทางในการสร้างแบบประเมินความการพัฒนาความสามารถในการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็กของเด็กปฐมวัยผ่านกิจกรรมศิลปะสร้างสรรค์

3.2.2 กำหนดเกณฑ์ในการให้คะแนน เนื้อหาที่จะวัด และเลือกรูปแบบเครื่องมือที่จะวัด

3.2.3 สร้างแบบประเมินการพัฒนาความสามารถในการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็กของเด็กปฐมวัย มีลักษณะเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) ประกอบด้วย 1) การประสานสัมพันธ์ระหว่างตากับมือ จำนวน 5 ข้อ 2) ความสามารถในการควบคุม จำนวน 5 ข้อ และ 3) ความคล่องแคล่ว จำนวน 5 ข้อ รวมทั้งหมด 15 ข้อ

ผู้วิจัยกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนและการแปลผลระดับความสามารถในการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็กของเด็กปฐมวัย ดังนี้

ตารางที่ 1 เกณฑ์การให้คะแนนและการแปลผลของคะแนน

เกณฑ์การให้คะแนน แบบมาตราส่วนประมาณค่า 3 ระดับ		เกณฑ์การแปลความหมายของคะแนน แบ่งเป็น 3 ช่วงชั้น เท่าๆ กัน	
คะแนน	ระดับการปฏิบัติ	ช่วงคะแนน	ระดับการปฏิบัติ
3	ปฏิบัติได้ดีมาก	2.34 - 3.00	ปฏิบัติได้ดีมาก
2	ปฏิบัติได้ปานกลาง	1.67 – 2.33	ปฏิบัติได้ปานกลาง
1	ปฏิบัติได้น้อย	1.00 – 1.66	ปฏิบัติได้น้อย

3.2.4 นำแบบแบบประเมินการพัฒนาความสามารถในการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็กของเด็กปฐมวัย เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ เพื่อตรวจพิจารณาและปรับปรุงแก้ไขให้เหมาะสม จำนวน 3 ท่าน ได้ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างจุดประสงค์กับแบบประเมินความสามารถในการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็ก เท่ากับ 0.66-1.00

3.2.5 ปรับแก้ไขแบบประเมินตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ นำเสนออาจารย์ที่ปรึกษา เพื่อตรวจสอบ อีกครั้งแล้วนำมาแก้ไขให้สมบูรณ์ก่อนนำไปใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล สำหรับเด็กอายุ 4-5 ปี ต่อไป

4. การเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยเก็บข้อมูลด้วยแบบประเมินความสามารถในการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็กของเด็กปฐมวัย ผู้วิจัยมีลำดับขั้นตอนดังนี้

4.1 ประเมินความสามารถในการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็กของเด็กปฐมวัยเป็นรายบุคคล ก่อนการจัดกิจกรรมศิลปะสร้างสรรค์ (Pretest)

4.2 ทำการสอนตามแผนการจัดกิจกรรมศิลปะสร้างสรรค์กับกลุ่มเป้าหมาย คือ เด็กปฐมวัย อายุ 4-5 ปี ที่กำลังศึกษาในระดับชั้นอนุบาลปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2568 ที่โรงเรียนบ้านเขาส่องกล้อง จังหวัดนครนายก จำนวน 16 คน

4.3 ประเมินความสามารถในการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็กของเด็กปฐมวัยเป็นรายบุคคล หลังการจัดกิจกรรมศิลปะสร้างสรรค์ (Posttest) รวมทั้งจดบันทึกและบันทึกภาพหลังการทำกิจกรรม

ตารางที่ 2 แผนการจัดกิจกรรมศิลปะสร้างสรรค์

ครั้งที่	แผนการจัดกิจกรรมศิลปะสร้างสรรค์
1	ทดสอบก่อนเรียน (Pretest)
2	แผนการจัดกิจกรรม พิมพ์ภาพด้วยนิ้วมือ
3	แผนการจัดกิจกรรม พิมพ์ภาพด้วยผลไม้
4	แผนการจัดกิจกรรม ปั้นดินเบา 2 มิติ
5	แผนการจัดกิจกรรม ปั้นดินเบา 3 มิติ
6	แผนการจัดกิจกรรม ฉีกปะผลไม้
7	แผนการจัดกิจกรรม ขยำกระดาษเป็นรูปผลไม้
8	แผนการจัดกิจกรรม ทิชชูมัดย้อม
9	แผนการจัดกิจกรรม ระบายสีภาพผลไม้
10	ทดสอบหลังเรียน (Posttest) / บันทึกหลังการสอน

5. การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้

การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้เพื่อการประเมินความสามารถในการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็กโดยการจัดกิจกรรมศิลปะของเด็กปฐมวัยชั้นอนุบาลปีที่ 2 ณ โรงเรียนบ้านเขาส่องกล้อง จังหวัดนครนายก ซึ่งคณะผู้วิจัยมีการดำเนินการ ดังนี้

5.1 วิเคราะห์ความสามารถในการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็กของปฐมวัยก่อนและหลังการจัดกิจกรรมศิลปะสร้างสรรค์ โดยค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

5.2 วิเคราะห์เปรียบเทียบความสามารถในการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็กของปฐมวัยก่อนและหลังการจัดกิจกรรมศิลปะสร้างสรรค์ ด้วยคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ (Relative gain score) (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2557, น. 12-13) โดยมีสูตรในการคำนวณดังนี้

$$GS\ (\%) = \frac{(Y-X)}{(F-X)} \times 100$$

เมื่อ GS (%) = คะแนนร้อยละของพัฒนาการของผู้เรียน (Development Score or Gain Score) (คิดเป็นร้อยละ)

X = คะแนนวัดครั้งก่อน

Y = คะแนนวัดครั้งหลัง

F = คะแนนเต็ม

การแปลความหมายของคะแนนพัฒนาการ ผู้วิจัยใช้เกณฑ์การแบ่งเป็น 4 ช่วงชั้น ดังนี้ (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2557, น. 13)

ตารางที่ 3 การแปลความหมายของคะแนนพัฒนาการ

ช่วงคะแนน	ระดับพัฒนาการ
75.01 - 100.00	พัฒนาการระดับสูงมาก
50.01 – 75.00	พัฒนาการระดับสูง
25.01 – 50.00	พัฒนาการระดับปานกลาง
00.00 – 25.00	พัฒนาการระดับต้น

ผลการวิจัย

ผู้วิจัยได้นำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของเด็กปฐมวัย พบว่า เด็กปฐมวัยโรงเรียนบ้านเขาส่องกล้อง นครนายก ส่วนใหญ่ เพศชาย จำนวน 11 คน คิดเป็นร้อยละ 57.89 และเพศหญิง 8 คน คิดเป็นร้อยละ 42.11 2. อายุส่วนใหญ่ มีอายุ 5 ปี จำนวน 14 คน คิดเป็นร้อยละ 73.68 และอายุ 4 ปี จำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 26.32

ตอนที่ 2 ผลการศึกษาความสามารถในการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็กของเด็กปฐมวัยก่อนและหลังการจัดกิจกรรมศิลปะสร้างสรรค์ พบว่า เด็กปฐมวัยมีความสามารถในการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็กก่อนการจัดกิจกรรมศิลปะสร้างสรรค์ ภาพรวมอยู่ใน

ระดับปฏิบัติได้น้อย (μ = 1.06, σ = .06) โดยทั้ง 3 ด้าน คือ การประสานสัมพันธ์ระหว่างตากับมือ ความสามารถในการควบคุม และความคล่องแคล่วอยู่ในระดับปฏิบัติได้น้อยทุกด้าน ส่วนความสามารถในการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็กหลังการจัดกิจกรรมศิลปะสร้างสรรค์ ภาพรวมอยู่ในระดับปฏิบัติได้ดีมาก (μ = 2.83, σ = .13) โดยมีอันดับแรก คือ การประสานสัมพันธ์ระหว่างตากับมือ รองลงมา ความคล่องแคล่ว และความสามารถในการควบคุม ตามลำดับ รายละเอียดดังตารางที่ 1

ตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานความสามารถในการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็กของเด็กปฐมวัยก่อนและหลังการจัดกิจกรรมศิลปะสร้างสรรค์

ความสามารถในการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็กของเด็กปฐมวัย	ก่อนการจัดกิจกรรม			หลังการจัดกิจกรรม		
	μ	σ	ระดับการปฏิบัติ	μ	σ	ระดับการปฏิบัติ
1.การประสานสัมพันธ์ระหว่างตากับมือ	**1.06**	**.09**	**ได้น้อย**	**2.92**	**.14**	**ได้ดีมาก**
1.1 เด็กสามารถควบคุมทิศทางในการแปะกระดาษลงบนรูปผลไม้ที่กำหนดได้	1.13	.34	ได้น้อย	2.88	.34	ได้ดีมาก
1.2 เด็กสามารถหยดสีให้อยู่ในตำแหน่งบนกระดาษได้	1.06	.25	ได้น้อย	3.00	.00	ได้ดีมาก
1.3 เด็กสามารถจับผลไม้พิมพ์ลงบนใบงานได้	1.13	.34	ได้น้อย	2.88	.34	ได้ดีมาก
1.4 เด็กสามารถขยำกระดาษตามรูปที่กำหนดได้	1.00	.00	ได้น้อย	3.00	.00	ได้ดีมาก
1.5 เด็กสามารถปั้นดินเบาเป็นรูปผลไม้2มิติตามภาพที่กำหนดได้	1.00	.00	ได้น้อย	2.88	.34	ได้ดีมาก
2. ความสามารถในการควบคุม	**1.06**	**.09**	**ได้น้อย**	**2.78**	**.15**	**ได้ดีมาก**
2.1 เด็กสามารถฉีกกระดาษและปะลงบนใบงานรูปผลไม้ที่กำหนดได้	1.06	.25	ได้น้อย	2.88	.34	ได้ดีมาก
2.2 เด็กสามารถระบายสีอยู่ในบริเวณที่กำหนดได้	1.06	.25	ได้น้อย	2.81	.40	ได้ดีมาก
2.3 เด็กสามารถใช้นิ้วมือจุ่มสีพิมพ์ภาพผลไม้ให้เห็นรูปร่างชัดเจนได้	1.00	.00	ได้น้อย	2.88	.34	
2.4 เด็กสามารถมัดทิชชูให้แน่นเพื่อกิจกรรมมัดย้อม	1.00	.00	ได้น้อย	2.44	.51	ได้ดีมาก
2.5 เด็กสามารถปั้นดินเบา3มิติเป็นรูปผลไม้ตรงตามภาพที่กำหนดได้	1.19	.40	ได้น้อย	2.94	.25	ได้ดีมาก
3.ความคล่องแคล่ว	**1.06**	**.09**	**ได้น้อย**	**2.80**	**.19**	**ได้ดีมาก**
3.1 เด็กสามารถระบายสีเสร็จภายในเวลาที่กำหนดได้	1.06	.25	ได้น้อย	2.94	.25	ได้ดีมาก
3.2 เด็กสามารถขยำกระดาษได้ตามจำนวนที่กำหนดได้	1.13	.34	ได้น้อย	3.00	.00	ได้ดีมาก

ตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานความสามารถในการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็กของเด็กปฐมวัยก่อนและหลังการจัดกิจกรรมศิลปะสร้างสรรค์ (ต่อ)

ความสามารถในการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็กของเด็กปฐมวัย	ก่อนการจัดกิจกรรม			หลังการจัดกิจกรรม		
	μ	σ	ระดับการปฏิบัติ	μ	σ	ระดับการปฏิบัติ
3.3 เด็กสามารถพิมพ์ผลไม้ครบจนเสร็จสิ้น ภายในเวลาที่กำหนดโดยไม่หยุดชะงัก	1.00	.00	ได้น้อย	2.81	.40	ได้ดีมาก
3.4 เด็กสามารถพิมพ์ภาพด้วยนิ้วมือลงในภาพผลไม้ได้อย่างรวดเร็ว	1.00	.00	ได้น้อย	2.88	.34	ได้ดีมาก
3.5 เด็กสามารถมัดทิชชูได้อย่างรวดเร็วตามขั้นตอนที่กำหนดได้	1.13	.34	ได้น้อย	2.38	.50	ได้ดีมาก
ภาพรวม	**1.06**	**.06**	**ได้น้อย**	**2.83**	**.13**	**ได้ดีมาก**

ตอนที่ 3 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็กของเด็กปฐมวัยก่อนและหลังการจัดกิจกรรมศิลปะสร้างสรรค์ พบว่า ผลการประเมินความสามารถในการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็กของเด็กปฐมวัย ชั้นอนุบาลปีที่ 2 โรงเรียนบ้านเขาส่องกล้อง จังหวัดนครนายก จากคะแนนเต็ม 45 คะแนน โดยคะแนนความสามารถในการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็กก่อนการจัดกิจกรรมศิลปะสร้างสรรค์ ของเด็กปฐมวัย มีคะแนนรวม 255 คะแนน และมีค่าเฉลี่ย 15.93 ส่วนคะแนนความสามารถในการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็กหลังการจัดกิจกรรมศิลปะสร้างสรรค์ของเด็กปฐมวัย มีคะแนนรวม 676 คะแนน และมีค่าเฉลี่ย 42.25 โดยภาพรวมเด็กปฐมวัยมีร้อยละของคะแนนพัฒนาการ 90.54 อยู่ในระดับสูงมาก รายละเอียดดังตารางที่ 2

ตารางที่ 5 การเปรียบเทียบความสามารถในการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็กของเด็กปฐมวัยก่อนและหลังการจัดกิจกรรมศิลปะสร้างสรรค์

คนที่	คะแนนก่อน	คะแนนหลัง	ร้อยละของคะแนนพัฒนาการ	ระดับพัฒนาการ
1	15	37	73.33	ระดับสูง
2	18	41	85.19	ระดับสูงมาก
3	16	37	72.41	ระดับสูง
4	17	45	100.00	ระดับสูงมาก
5	15	44	96.67	ระดับสูงมาก
6	16	40	82.76	ระดับสูงมาก
7	16	43	93.10	ระดับสูงมาก
8	16	44	96.55	ระดับสูงมาก
9	18	43	92.59	ระดับสูงมาก
10	16	44	96.55	ระดับสูงมาก
11	15	43	93.33	ระดับสูงมาก
12	15	43	93.33	ระดับสูงมาก
13	16	41	86.21	ระดับสูงมาก
14	15	44	96.67	ระดับสูงมาก

ตารางที่ 5 การเปรียบเทียบความสามารถในการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็กของเด็กปฐมวัยก่อนและหลังการจัดกิจกรรมศิลปะสร้างสรรค์ (ต่อ)

คนที่	คะแนนก่อน	คะแนนหลัง	ร้อยละของคะแนนพัฒนาการ	ระดับพัฒนาการ
15	16	44	96.55	ระดับสูงมาก
16	15	43	93.33	ระดับสูงมาก
คะแนนรวม	255	676	90.54	ระดับสูงมาก
ค่าเฉลี่ย	15.93	42.25		
ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	.99	2.43		

อภิปรายผล

1. ผลการศึกษาความสามารถในการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็กของเด็กปฐมวัยก่อนและหลังการจัดกิจกรรมศิลปะสร้างสรรค์ พบว่า เด็กปฐมวัยมีความสามารถในการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็กก่อนการจัดกิจกรรมศิลปะสร้างสรรค์ ภาพรวมอยู่ในระดับปฏิบัติได้น้อย (μ = 1.06, σ = .06) โดยทั้ง 3 ด้าน คือ การประสานสัมพันธ์ระหว่างตากับมือ ความสามารถในการควบคุม และความคล่องแคล่วอยู่ในระดับปฏิบัติได้น้อยทุกด้าน ส่วนความสามารถในการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็กหลังการจัดกิจกรรมศิลปะสร้างสรรค์ ภาพรวมอยู่ในระดับปฏิบัติได้ดีมาก (μ = 2.83, σ = .13) โดยมีอันดับแรก คือ การประสานสัมพันธ์ระหว่างตากับมือ รองลงมา ความคล่องแคล่ว และความสามารถในการควบคุม ตามลำดับ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะ กิจกรรมศิลปะสร้างสรรค์เป็นกิจกรรมที่เด็กได้มีโอกาสทดลอง ได้ปฏิบัติจริงอย่างอิสระ เป็นการแสดงออกทางอารมณ์ ความรู้สึก ความนึกคิด ความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการผ่านกิจกรรมต่างๆ ดังนี้ พิมพ์ภาพด้วยนิ้วมือ พิมพ์ภาพด้วยผลไม้ ปั้นดินเบา 2 มิติ ปั้นดินเบา 3 มิติ ฉีกปะผลไม้ ขยำกระดาษเป็นรูปผลไม้ ทิชชูมัดย้อม และระบายสีภาพผลไม้ ซึ่งกิจกรรมดังกล่าว ช่วยให้เด็กได้ฝึกปฏิบัติซ้ำอย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้เกิดความชำนาญและความคล่องแคล่วมากยิ่งขึ้น จะเห็นได้ว่า การจัดประสบการณ์ที่เปิดโอกาสให้เด็กใช้ประสาทสัมผัสลงมือปฏิบัติจริงกับสื่อของจริง จะช่วยผ่อนคลายอารมณ์ สร้างสมาธิ และพัฒนาความพร้อมของกล้ามเนื้อเล็กอย่างเป็นระบบ สอดคล้องกับงานวิจัยของ ดารารัตน์ ขันธบุตร และ ธิดารัตน์ จันทะหิน (2568) พบว่า ผลของการใช้กิจกรรมการใช้ศิลปะในการจัดกิจกรรมละเลงสี เพื่อส่งเสริมความสามารถในการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็กนี้เด็กที่ได้รับกิจกรรมการใช้ศิลปะในการจัดกิจกรรมละเลงสี มีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็กเพิ่มสูงขึ้นกว่า เด็กที่ไม่ได้เข้ารับกิจกรรมการใช้ศิลปะในการจัดกิจกรรมละเลงสี และเด็กที่ได้รับกิจกรรมการใช้ศิลปะในการจัดกิจกรรมละเลงสี มีความสามารถในการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็กหลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลอง แสดงว่ากิจกรรมดังกล่าวสามารถใช้ในส่งเสริมพัฒนาการความสามารถในการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็กของเด็กปฐมวัยได้เป็นอย่างดี และสอดคล้องกับงานของ ณัฐนันท์ แซ่เตียว และ ธิดารัตน์ จันทะหิน (2567) พบว่า ความสามารถในการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็กสำหรับเด็กอายุ 5 – 6 ปี ก่อนและหลังจากได้รับการจัดกิจกรรมการปั้นประกอบอุปกรณ์โดยภาพรวมก่อนการจัดกิจกรรม ($\bar{X}$ = 26.78) และหลังการจัดกิจกรรม ($\bar{X}$ = 50.11) และเมื่อพิจารณารายด้านพบว่า ความสามารถในการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็กทั้ง 4 ด้าน ได้แก่ 1) ด้านความแข็งแรงในการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็กก่อนการจัดกิจกรรม ($\bar{X}$ = 6.89) และหลังการจัดกิจกรรม ($\bar{X}$ = 12.89) 2) ด้านความคล่องแคล่วในการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็กก่อนการจัดกิจกรรม ($\bar{X}$ = 6.67) และหลังการจัดกิจกรรม ($\bar{X}$ = 11.89) 3) ด้านความยืดหยุ่นในการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็กก่อนการจัดกิจกรรม ($\bar{X}$ = 6.44) และหลังการจัดกิจกรรม ($\bar{X}$ = 12.56) และ 4) ด้านการประสานสัมพันธ์กัน

ระหว่างมือกับตาในการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็กก่อนการจัดกิจกรรม ($\bar{x}$ = 6.78) และหลังการจัดกิจกรรม($\bar{x}$ = 12.78) สรุปว่าการจัดกิจกรรมการปั้นประกอบอุปกรณ์สำหรับเด็กอายุ 5 – 6 ปี มีความสามารถในการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็กที่สูงขึ้น

2. ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็กของเด็กปฐมวัยก่อนและหลังการจัดกิจกรรมศิลปะสร้างสรรค์ ด้วยคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ (Relative gain score) พบว่า ผลการประเมินความสามารถในการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็กของเด็กปฐมวัย ชั้นอนุบาลปีที่ 2 โรงเรียนบ้านเขาส่องกล้อง จังหวัดนครนายก จากคะแนนเต็ม 45 คะแนน โดยคะแนนความสามารถในการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็กก่อนการจัดกิจกรรมศิลปะสร้างสรรค์ ของเด็กปฐมวัย มีคะแนนรวม 255 คะแนน และมีค่าเฉลี่ย 15.93 ส่วนคะแนนความสามารถในการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็กหลังการจัดกิจกรรมศิลปะสร้างสรรค์ของเด็กปฐมวัย มีคะแนนรวม 676 คะแนน และมีค่าเฉลี่ย 42.25 โดยภาพรวมเด็กปฐมวัยมีร้อยละของคะแนนพัฒนาการ 90.54 อยู่ในระดับสูงมาก ทั้งนี้อาจเป็นเพราะ แผนการจัดกิจกรรมศิลปะสร้างสรรค์ทั้ง 8 แผนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เป็นกระบวนการที่ไม่ได้มุ่งเน้นเพียงผลงานที่สำเร็จ แต่ให้ความสำคัญกับ กระบวนการลงมือปฏิบัติจริง ซึ่งในขณะที่เด็กปฐมวัยกำลังทำกิจกรรม ศิลปะจะทำหน้าที่กระตุ้นสมองส่วนหน้า ซึ่งควบคุมสมาธิ การยับยั้งชั่งใจ และการกำกับตนเอง ส่งผลให้เด็กมีระยะเวลาในการจดจ่ออยู่กับงานที่ใช้กล้ามเนื้อมัดเล็กได้ยาวนานขึ้น นอกจากนี้ การดำเนินกิจกรรมที่มีลักษณะเป็น กระบวนการทำซ้ำเชิงสร้างสรรค์ แต่ปรับเปลี่ยนวัสดุเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดความน่าเบื่อหน่าย ทำให้เด็กเกิดการเรียนรู้ทักษะปฏิบัติ เด็กได้ใช้กล้ามเนื้อมือ นิ้วมือ และการประสานสัมพันธ์ระหว่างตากับมืออย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้คะแนนพัฒนาการหลังการทดลองเพิ่มสูงขึ้นในทุกด้าน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ จิราพัชร มะลิจันทร์ (2568) พบว่า ความสามารถในการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็กของเด็กปฐมวัยหลังการจัดกิจกรรมศิลปะสร้างสรรค์ตามแนวคิดไฮสโคปอยู่ในระดับดี มีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 23.55 สูงกว่าก่อนการจัดกิจกรรมศิลปะสร้างสรรค์ตามแนวคิดไฮสโคปที่อยู่ในระดับปานกลาง มีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 17.17 และมีค่าร้อยละพัฒนาการเท่ากับ 64.90 จัดว่ามีพัฒนาการในระดับสูง และงานวิจัยของ ศิรินยา ใจทอง และ สุนันท์ ศลโกสุม (2565) พบว่า ความสามารถในการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็กของเด็กอนุบาลปี ที่ 3 โรงเรียนบ้านดอนดู่ หลังการจัดกิจกรรมศิลปสร้างสรรค์จากเศษวัสดุอยู่ในระดับดีตามการวัดผลของหลักสูตรระดับปฐมวัยจำนวน ร้อยละ 80 ของนักเรียนทั้งหมด และสูงกว่าเกณฑ์ระดับดีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ พัฒนาการความสามารถในการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็กของเด็กอนุบาลปี ที่ 3 โรงเรียนบ้านดอนดู่ หลังการจัดกิจกรรมศิลปะสร้างสรรค์จากเศษวัสดุสูงขึ้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

บทสรุป

1. ข้อมูลทั่วไปของเด็กปฐมวัย พบว่า เด็กปฐมวัยโรงเรียนบ้านเขาส่องกล้อง จังหวัดนครนายก ส่วนใหญ่ เพศชาย จำนวน 11 คน คิดเป็นร้อยละ 57.89 และเพศหญิง 8 คน คิดเป็นร้อยละ 42.11 2. อายุส่วนใหญ่ มีอายุ 5 ปี จำนวน 14 คน คิดเป็นร้อยละ 73.68 และอายุ 4 ปี จำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 26.32

2. ผลการศึกษาความสามารถในการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็กของเด็กปฐมวัยก่อนและหลังการจัดกิจกรรมศิลปะสร้างสรรค์ พบว่า เด็กปฐมวัยมีความสามารถในการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็กก่อนการจัดกิจกรรมศิลปะสร้างสรรค์ ภาพรวมอยู่ในระดับปฏิบัติได้น้อย (μ = 1.06, σ = .06) โดยทั้ง 3 ด้าน คือ การประสานสัมพันธ์ระหว่างตากับมือ ความสามารถในการควบคุม และความคล่องแคล่วอยู่ในระดับปฏิบัติได้น้อยทุกด้าน ส่วนความสามารถในการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็กหลังการจัดกิจกรรมศิลปะสร้างสรรค์ ภาพรวมอยู่ในระดับปฏิบัติได้ดีมาก (μ = 2.83, σ = .13) โดยมีอันดับแรก คือ การประสานสัมพันธ์ระหว่างตากับมือ รองลงมา ความคล่องแคล่ว และความสามารถในการควบคุม ตามลำดับ

3. ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็กของเด็กปฐมวัยก่อนและหลังการจัดกิจกรรมศิลปะสร้างสรรค์ พบว่า ผลการประเมินความสามารถในการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็กของเด็กปฐมวัย ชั้นอนุบาลปีที่ 2 โรงเรียน

บ้านเขาส่องกล้อง จังหวัดนครนายก จากคะแนนเต็ม 45 คะแนน โดยคะแนนความสามารถในการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็กก่อนการจัดกิจกรรมศิลปะสร้างสรรค์ ของเด็กปฐมวัย มีคะแนนรวม 255 คะแนน และมีค่าเฉลี่ย 15.93 ส่วนคะแนนความสามารถในการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็กหลังการจัดกิจกรรมศิลปะสร้างสรรค์ของเด็กปฐมวัย มีคะแนนรวม 676 คะแนน และมีค่าเฉลี่ย 42.25 โดยภาพรวมเด็กปฐมวัยมีร้อยละของคะแนนพัฒนาการ 90.54 อยู่ในระดับสูงมาก

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1. ครูปฐมวัยสามารถนำกิจกรรมศิลปะสร้างสรรค์ไปใช้เป็นแนวทางในการจัดประสบการณ์การเรียนรู้ เพื่อส่งเสริมพัฒนาการกล้ามเนื้อมัดเล็กของเด็กปฐมวัยอย่างสม่ำเสมอ

2. ควรจัดกิจกรรมศิลปะสร้างสรรค์ที่มีความหลากหลาย และเปิดโอกาสให้เด็กได้ใช้มือและนิ้วมืออย่างอิสระ เพื่อให้เด็กได้พัฒนาทักษะตามความสามารถและความสนใจของตนเอง

3. สถานศึกษาสามารถนำผลการวิจัยไปใช้ในการพัฒนากิจกรรมหรือสื่อการเรียนรู้ด้านศิลปะสร้างสรรค์ เพื่อเตรียมความพร้อมด้านการเขียนและการเรียนรู้ในระดับที่สูงขึ้นของเด็กปฐมวัย

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรขยายกลุ่มตัวอย่างให้มีจำนวนมากขึ้น หรือศึกษากับเด็กปฐมวัยในช่วงอายุที่แตกต่างกัน เพื่อเปรียบเทียบพัฒนาการกล้ามเนื้อมัดเล็กในแต่ละช่วงวัย

2. ควรศึกษาผลของกิจกรรมศิลปะสร้างสรรค์ในระยะยาว เพื่อดูความต่อเนื่องของพัฒนาการกล้ามเนื้อมัดเล็กของเด็กปฐมวัย

3. ควรเปรียบเทียบกิจกรรมศิลปะสร้างสรรค์กับกิจกรรมรูปแบบอื่น ๆ เพื่อศึกษาว่ากิจกรรมใดส่งผลต่อพัฒนาการกล้ามเนื้อมัดเล็กของเด็กปฐมวัยได้มากที่สุด

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ว่าที่ร้อยตรีหญิง ดร.ขวัญใจ จริยาทัศน์กร อาจารย์ที่ปรึกษา ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำ ข้อเสนอแนะ และคำปรึกษาอย่างใกล้ชิดตลอดกระบวนการวิจัย ช่วยให้การดำเนินงานครั้งนี้เป็นไปอย่างถูกต้องและสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณ ผู้เชี่ยวชาญ ทุกท่านที่ให้ความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัย และให้ข้อคิดเห็นที่มีประโยชน์ต่อการปรับปรุงและพัฒนาเครื่องมือให้มีความเที่ยงตรงและเหมาะสมต่อการนำไปใช้จริง

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ ผู้บริหาร ครูปฐมวัย เด็กปฐมวัย และผู้ปกครอง จากโรงเรียนบ้านเขาส่องกล้อง จังหวัดนครนายก ที่ให้ความร่วมมือและเอื้ออำนวยความสะดวกในการเก็บรวบรวมข้อมูล ตลอดจนสนับสนุนการดำเนินกิจกรรมอย่างเต็มที่ จนทำให้การวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี หากมีข้อบกพร่องประการใด คณะผู้วิจัยขอน้อมรับไว้เพื่อปรับปรุงในโอกาสต่อไป

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). หลักสูตรการศึกษาปฐมวัย พุทธศักราช 2560. กรุงเทพฯ: สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ.

จิราพัชร มะลิจันทร์. (2568). การจัดกิจกรรมศิลปะสร้างสรรค์ตามแนวคิดไฮสโคปเพื่อพัฒนาความสามารถในการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็กและความสามารถคิดบริหารจัดการตนของเด็กปฐมวัย. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ณัฐนันท์ แซ่เตียว และ ธิดารัตน์ จันทะหิน. (2567). การพัฒนาความสามารถในการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็กโดยใช้กิจกรรมการปั้นประกอบอุปกรณ์สำหรับเด็กปฐมวัย โรงเรียนสาธิตมหาวิยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี. วารสารบริหารการศึกษาบัวบัณฑิต. 24(2): 84-100.

ดารารัตน์ ขันธบุตร และ ธิดารัตน์ จันทะหิน. (2568). ผลการจัดกิจกรรม ละเลงสีเพื่อส่งเสริมความสามารถในการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็กของเด็กปฐมวัย. วารสารบริหารการศึกษาบัวบัณฑิต. 25(1): 325-339.

ปรารถนา กุศลโกมล และ สุรสา จันทนา. (2565). การพัฒนาความสามารถในการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็กของเด็กปฐมวัยด้วยกิจกรรมศิลปะสร้างสรรค์. วารสารพุทธสังคมวิทยาปริทรรศน์. 7(3): 155-164.

ยุพาพรรณ ชูชาติ สันติ อุนจะนา พระครูสิริธรรมาภิรัต พระมหาประทิ่น เขมจารี ทิพมาศ เศวตวรโชติ และ เกศริน มนูญผล. (2564). การพัฒนาเด็กปฐมวัยตามหลักภาวนา 4. วารสาร “ศึกษาศาสตร์ มมร” คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหามกุฏราชวิทยาลัย. 9(1): 278-287.

ศิรินยา ใจทอง และ สุนันท์ ศลโกสุม. (2568). ศึกษาความสามารถในการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็กของเด็กชั้นอนุบาลปี ที่ 3 โรงเรียนบ้านดอนดู่ จากการจัดประสบการณ์กิจกรรมศิลปะสร้างสรรค์จากเศษวัสดุ. การประชุมวิชาการระดับชาติการวิจัยประยุกต์ “นวัตกรรมเปลี่ยนโลก” มหาวิทยาลัยนอร์ทกรุงเทพ ประจาปี 2565 25 มีนาคม 2565. 492-502

ศิริชัย กาญจนวาสี. (2557). การคำนวณคะแนนพัฒนาการ. สารสมาคมวิจัยสังคมศาสตร์แห่งประเทศไทย. 1(1): 1-20.

การส่งเสริมพัฒนาการด้านการอ่านออกเสียงแบบ Phonics ด้วยชุดกิจกรรม
Enhancing Phonics-Based Reading Aloud Skills through an Activity Set

ชลิตตา มุลการ[1*], นันธิดา วันดี[1] ธนพร ขวัญสุข[1] ภาวินี แซ่แต้[1] นคประภา ดาศรี[1] และจิราภรณ์ ยกอินทร์[1]
Chalitta Mulkan[1*], Nantida wandee[1] Thanaporn kuansuk[1] Phawinee Saetae[1]
Nakaprapa Dasri[1] and Jiraporn Yokin[1]

[1] คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต จังหวัดนครนายก*
[1]Education, Faculty of Education, Suan Dusit University Nakhon Nayok*
[*]Corresponding Author E-mail Address : mulkarchlitta@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยเรื่องนี้มีวัตถุประสงค์ดังนี้ 1) เพื่อส่งเสริมทักษะภาษาอังกฤษด้านการออกเสียง Phonics ของเด็กปฐมวัยด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนว Synthetic Phonics และ 2) เพื่อเปรียบเทียบทักษะการออกเสียง Phonics ของเด็กปฐมวัยก่อนและหลังการใช้ชุดกิจกรรม กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ เด็กปฐมวัยระดับชั้นอนุบาลปีที่ 3 อายุ 5–6 ปี ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2568 โรงเรียนวัดโพธิ์ปากพลี จำนวน 13 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย (1) แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนว Synthetic Phonics จำนวน 10 แผน และ (2) แบบประเมินทักษะการออกเสียง Phonics สระเสียงสั้น จำนวน 25 ข้อ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย (Mean) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) และคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ (Gain Score) ผลการวิจัยพบว่า (1) ทักษะการออกเสียง Phonics ของเด็กปฐมวัยหลังการจัดกิจกรรมอยู่ในระดับสูง โดยค่าเฉลี่ยของการออกเสียงสระเสียงสั้น (a, e, i, o, u) อยู่ระหว่าง 1.00–1.23 แสดงว่าเด็กสามารถออกเสียงผสมคำ และสะกดคำได้ถูกต้อง โดยสระ u มีค่าเฉลี่ยสูงสุด (2) ผลการเปรียบเทียบทักษะการออกเสียง Phonics ก่อนและหลังการใช้ชุดกิจกรรม พบว่าเด็กมีคะแนนพัฒนาการที่ดีขึ้นอย่างชัดเจน โดยคะแนนรวมก่อนเรียนเท่ากับ 386 คะแนน และหลังเรียนเพิ่มขึ้นเป็น 862 คะแนน จากคะแนนเต็ม 975 คะแนน

คำสำคัญ : การอ่านออกเสียง, ชุดกิจกรรม, คำศัพท์

Abstract

This research aimed to : (1) enhance preschool children's English phonics pronunciation skills through a Synthetic Phonics-based learning activity package, and (2) compare preschool children's phonics pronunciation skills before and after the implementation of the activity package. The sample consisted of 13 Kindergarten 3 students aged 5–6 years in the second semester of the 2025 academic year at Wat Pho Pak Phli School. The research instruments included: (1) ten learning activity plans based on the Synthetic Phonics approach, and (2) a 25-item assessment form measuring phonics pronunciation skills in short vowel sounds. The statistical methods used for data analysis were Mean, Standard Deviation, and Gain Score. The findings indicated that : (1) after participating in the learning activities, the preschool children's

phonics pronunciation skills were at a high level, with mean scores for short vowel pronunciation (a, e, i, o, u) ranging from 1.00 to 1.23, demonstrating that the children were able to accurately pronounce sounds, blend words, and spell words, with the vowel /u/ obtaining the highest mean score; and (2) the comparison of phonics pronunciation skills before and after the use of the activity package revealed a significant improvement, with the total pre-test score of 386 increasing to 862 out of a maximum score of 975 in the post-test.

Keywords : Pronunciation, Learning Activity Package, Vocabulary

บทนำ

การใช้ภาษาอังกฤษถือเป็นทักษะสำคัญต่อการสื่อสาร การเรียนรู้ และการพัฒนาทักษะทางวิชาการในอนาคต โดยเฉพาะในเด็กปฐมวัยซึ่งเป็นช่วงวัยที่มีพัฒนาการทางภาษาอย่างรวดเร็ว การวางรากฐานด้าน "การออกเสียง" (Pronunciation) จะช่วยส่งเสริมการฟัง การพูด และเตรียมความพร้อมสู่การอ่าน–เขียนในวัยต่อไป ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดพัฒนาการทางภาษาในช่วง 3 -6 ปี ที่เด็กสามารถเรียนรู้เสียงใหม่ ๆ ได้ดีที่สุดจากประสบการณ์ตรงและกิจกรรมที่มีความหมาย (หงษ์ใส ตฤณ, 2564)

หลักสูตรการศึกษาปฐมวัย พ.ศ. 2560 เน้นให้เด็กมีโอกาสฟัง พูด และสื่อสารอย่างเป็นธรรมชาติ ผ่านกิจกรรมที่สอดคล้องกับพัฒนาการ โดยเฉพาะประสบการณ์ด้านภาษา เช่น การฟังเสียงคำ การเลียนแบบเสียง การพูดบอกเล่าเรื่องราว และการใช้คำศัพท์ในชีวิตประจำวัน(กระทรวงศึกษาธิการ, 2560, น. 37–38) การจัดประสบการณ์ที่ช่วยให้เด็กเข้าใจ "เสียงของภาษา" จึงเป็นส่วนสำคัญในการพัฒนาเด็กปฐมวัย ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Bandura อธิบายว่าเด็กเรียนรู้ภาษาได้ดีจากการสังเกตและเลียนแบบเสียงของผู้ใหญ่ การที่ครูออกเสียงชัดเจนและมีแบบอย่างที่ถูกต้อง จะช่วยให้เด็กกล้าออกเสียงและพัฒนาความสามารถทางภาษาได้ดีขึ้น (Bandura, อ้างใน พัชรินทร์ จันทร์ส่องแสง, 2560)

หนึ่งในแนวทางที่มีประสิทธิภาพในการสร้างพื้นฐานภาษาอังกฤษสำหรับเด็กเล็ก คือ การสอนแบบ Phonics ซึ่งเป็นวิธีเรียนรู้ความสัมพันธ์ระหว่าง "เสียง–ตัวอักษร" (letter–sound relationship) ช่วยให้เด็กเข้าใจโครงสร้างเสียงของคำ ออกเสียงได้ถูกต้อง และเรียนรู้ได้อย่างเป็นธรรมชาติ งานวิจัยในช่วง 10 ปีที่ผ่านมา สนับสนุนว่าการจัดกิจกรรม Phonics ช่วยพัฒนาทักษะฟังและการออกเสียงของเด็กปฐมวัย สุธาสินี งามขำ (2562) พบว่าการจัดกิจกรรม Phonics แบบเกมและบทเพลงช่วยให้เด็กอนุบาลอกเสียงตัวอักษรและคำศัพท์ได้ถูกต้องมากขึ้น และมีความมั่นใจใจในการออกเสียง กมสวรรณ กิตติวงศ์ (2564) รายงานว่าเด็กที่เรียนด้วยชุดกิจกรรม Phonics สามารถแยกแยะเสียงสระและพยัญชนะภาษาอังกฤษได้ดีขึ้น ฟังคำง่าย ๆ รู้เรื่อง และกล้าออกเสียงตามครู นฤมล วัฒนะศรี (2566) พบว่าการจัดกิจกรรม Phonics ตามลำดับขั้น (จากเสียงตัวอักษร,สร้างคำง่าย ๆ) ทำให้เด็กออกเสียงคำพื้นฐานได้ถูกต้องและจดจำเสียงได้ต่อเนื่อง และ อรัญญา ภูมิเกียรติ (2561) ระบุว่าการใช้สื่อภาพและกิจกรรมจับคู่เสียงใน Phonics ช่วยให้เด็กสนใจการเรียนภาษาและมีพัฒนาการด้านการฟัง-พูดเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อส่งเสริมทักษะภาษาอังกฤษด้วยกิจกรรมการอ่านออกเสียง Phonics โดยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนว Synthetic phonics

2. เพื่อเปรียบเทียบทักษะภาษาอังกฤษด้านการออกเสียง Phonics ของเด็กปฐมวัยก่อนและหลัง โดยการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวSynthetic phonics

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. แผนการจัดกิจกรรมการส่งเสริมทักษะภาษาอังกฤษด้านการออกเสียง Phonics ของเด็กปฐมวัยด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนว Synthetic Phonics ของเด็กปฐมวัย จำนวน 10 แผน

2. แบบประเมินพฤติกรรมการออกเสียงแบบ Synthetic Phonics สระเสียงสั้น

วิธีการดำเนินวิจัย

1. กลุ่มเป้าหมายและการสุ่มกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการการวิจัยครั้งนี้ เป็นเด็กปฐมวัย ที่มีอายุระหว่าง 5-6 ปี ณ โรงเรียนวัดโพธิ์ปากพลี ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2568 จำนวน 13 คน

2.เครื่องมือในการวิจัยและการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

2.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

2.1.1 แผนการจัดกิจกรรมการส่งเสริมทักษะภาษาอังกฤษด้านการออกเสียง Phonics ของเด็กปฐมวัยด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนว Synthetic Phonics ของเด็กปฐมวัย สำหรับนักเรียน 13 คน จำนวน 10 แผน

2.1.2 แบบประเมินพฤติกรรมการออกเสียงแบบ Synthetic Phonics สระเสียงสั้น

2.2 การสร้างเครื่องมือและการหาคุณภาพของเครื่องมือ

ในการศึกษาค้นคว้า ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามลำดับขั้นตอนในการสร้างเครื่องมือ มีรายละเอียด ดังต่อไปนี้

2.2.1. ขั้นตอนในการสร้างแผนการจัดประสบการณ์การเรียนรู้กิจกรรมการส่งเสริมทักษะภาษาอังกฤษด้านการออกเสียง Phonics ของเด็กปฐมวัยด้วยชุดกิจกรรมการออกเสียง Synthetic Phonics สระเสียงสั้นเพื่อพัฒนาทักษะภาษาอังกฤษด้านการฟังดำเนินการการสร้างตามขั้นตอน ดังนี้

1) สร้างแผนการจัดประสบการณ์การเรียนรู้ เพื่อการส่งเสริมทักษะภาษาอังกฤษด้านการออกเสียง Phonics ของเด็กปฐมวัยด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนว Synthetic Phonics โดยศึกษาเอกสารและงานวิจัย ดังต่อไปนี้

1.1) เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวกับการส่งเสริมทักษะภาษาอังกฤษด้านการออกเสียง Phonics ของเด็กปฐมวัยด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนว Synthetic Phonics

1.2) หลักสูตรและคู่มือหลักสูตรการศึกษาปฐมวัย พุทธศักราช 2560

1.3) เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวกับชุดกิจกรรมเพื่อพัฒนาการส่งเสริมทักษะภาษาอังกฤษด้านการออกเสียง Phonics ของเด็กปฐมวัยด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนว Synthetic Phonicsของเด็กปฐมวัย

2) เขียนแผนการจัดประสบการณ์การเรียนรู้ชุดกิจกรรม จำนวน 10 แผน เพื่อการส่งเสริมทักษะภาษาอังกฤษด้านการออกเสียง Phonics ของเด็กปฐมวัยด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนว Synthetic Phonics

3) นำแผนการจัดประสบการณ์การเรียนรู้ชุดกิจกรรม จำนวน 10 แผน เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญเพื่อตรวจพิจารณาและปรับปรุงแก้ไขให้เหมาะสม

4) ปรับปรุงแก้ไขแผนการจัดประสบการณ์การเรียนรู้ชุดกิจกรรม ตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ

5) นำแผนการจัดประสบการณ์การเรียนรู้ชุดกิจกรรมไปทดลองใช้กับนักเรียนโรงเรียนวัดโพธิ์ปากพลี อายุ 5-6 ปี

6) ปรับปรุงแก้ไขแผนการจัดประสบการณ์การเรียนรู้ชุดกิจกรรม เพื่อการส่งเสริมทักษะภาษาอังกฤษด้านการออกเสียง Phonics ของเด็กปฐมวัยด้วยชุดกิจกรรมการออกเสียง Synthetic Phonics สระเสียงสั้น ฉบับสมบูรณ์สำหรับการทดลองใช้

2.2.2 ขั้นตอนในการสร้างแบบประเมินทักษะภาษาอังกฤษด้านการออกเสียงของเด็กปฐมวัย ดำเนินการการสร้างตามขั้นตอน ดังนี้

1) ศึกษาเอกสารเกี่ยวกับหลักสูตรการศึกษาปฐมวัย 2560 และการวัดผลประเมินผลสำหรับเด็กปฐมวัยเพื่อเป็นแนวทางในการสร้างแบบประเมิน

2) ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวกับการอ่านออกเสียง Phonics ของเด็กปฐมวัย

3) กำหนดลักษณะของแบบประเมินทักษะภาษาอังกฤษด้านการอ่านออกเสียง Phonicsของเด็กปฐมวัย

4) สร้างแบบประเมินทักษะภาษาอังกฤษด้านการออกเสียง Synthetic Phonics สระเสียงสั้นดังนี้

ประเด็นที่ 1 ประกอบด้วย เด็กมีการจดจ่อในการฟัง เด็กสามารถฟังและร้องเพลงตามได้ เด็กมีความกระตือรือร้นในการทำกิจกรรม เด็กสามารถตอบคำถามได้ถูกต้อง และเด็กตั้งคำถามว่าในกล่องปริศนามีอะไร

ประเด็นที่ 2 ด้านความเข้าใจ ประกอบด้วย เด็กสามารถปฏิบัติตามคำสั่ง เด็กบอกในสิ่งที่ทำในกิจกรรม เด็กสามารถพูดออกเสียงคำศัพท์ได้ถูกต้อง เด็กสามารถพูดคำศัพท์ในชีวิตประจำวันได้ เด็กสามารถจับคู่ภาพที่ตรงกับคำศัพท์ที่ได้ฟังได้

5) นำแบบประเมินทักษะภาษาอังกฤษด้านการฟังของเด็กปฐมวัย ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นไปเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน พิจารณาลงความเห็นและให้คะแนน แล้วนำคะแนนที่ได้มาหาค่าดัชนี ความสอดคล้องระหว่างจุดประสงค์กับพฤติกรรม IOC มากกว่าหรือเท่ากับ 0.5 ถือว่าใช้ได้ ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ได้ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างจุดประสงค์กับพฤติกรรมเท่ากับ 1.00

6) ปรับปรุงแบบประเมินทักษะภาษาอังกฤษด้านการฟังของเด็กปฐมวัย ตามรำแนะนำของผู้เชียวชาญและนำไปทดลองใช้ (Try out)

2.2.3 การหาคุณภาพแบบประเมินทักษะภาษาอังกฤษด้านการอ่านออกเสียง Phonics ของเด็กปฐมวัย

1) หาคุณภาพแบบประเมินทักษะภาษาอังกฤษด้านการออกเสียง Phonics ของเด็กปฐมวัย จำนวน 10 แผน เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญเพื่อตรวจพิจารณาและปรับปรุงแก้ไขให้เหมาะสม จำนวน 3 ท่าน ดังนี้

1. ผศ.ว่าที่ร้อยตรีหญิง ดร.ขวัญใจ จริยาทัศน์กร
2. ผศ.จิราภรณ์ ยกอินทร์
3. อาจารย์อัญชิษฐา ปิยะจิตติ

2) หาความเที่ยงตรงของแบบประเมินโดยนำแบบประเมินทักษะภาษาอังกฤษด้านการออกเสียง Phonics ของเด็กปฐมวัย ไปให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ซึ่งผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน พิจารณาลงความเห็นและให้คะแนน ดังนี้

1 หมายถึง เมื่อผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นว่าสอดคล้อง

0 หมายถึง เมื่อผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นว่าไม่แน่ใจ

-1 หมายถึง เมื่อผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นว่าไม่สอดคล้อง

แล้วนำคะแนนที่ได้มาหาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างจุดประสงค์กับพฤติกรรม IOC มากกว่าหรือเท่ากับ 0.5 ถือว่าใช้ได้ ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ได้ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างจุดประสงค์กับพฤติกรรมเท่ากับ 1.00

3) ปรับปรุงแบบประเมินทักษะภาษาอังกฤษด้านการอ่านออกเสียง Phonics ของเด็กปฐมวัย ตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญและนำไปทดลองใช้ (Try out) กับ โรงเรียนวัดโพธิ์ปากพลี ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2568 จำนวน 13 คน

3.การเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยเก็บข้อมูลตามขั้นตอน ดังนี้

1. ประเมินทักษะภาษาอังกฤษด้านการพูดของเด็กปฐมวัย ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นกับกลุ่มเป้าหมาย เด็กปฐมวัย ที่มีอายุระหว่าง 5-6 ปี ภาคการเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2568 ณ โรงเรียนวัดโพธิ์ปากพลี จำนวน 13 คน (Pretest)

2. ดำเนินการจัดประสบการณ์การเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรม 10 ครั้งๆ ละ 30 นาที ตามแผนจัด ประสบการณ์การเรียนรู้ชุดกิจกรรม จำนวน 10 แผน

3. ประเมินทักษะภาษาอังกฤษการออกเสียง Synthetic Phonics สระเสียงสั้น ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นกับกลุ่มเป้าหมาย เด็กปฐมวัย ที่มีอายุระหว่าง 5-6 ปี ภาคการเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2568 ณ โรงเรียนวัดโพธิ์ปากพลี จำนวน 13 คน (Posttest)

4. เมื่อดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลแล้ว ตรวจสอบความสมบูรณ์ของแบบประเมินทักษะ ภาษาอังกฤษด้านการอ่านออกเสียง Phonics ของเด็กปฐมวัย หลังจากนั้นทำการลงรหัสและจัดระบบข้อมูลเพื่อการ วิเคราะห์ข้อมูลต่อไป

4.การวิเคราะห์ข้อมูล

จากการวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้เพื่อการประเมินผล เพื่อส่งเสริมทักษะภาษาอังกฤษด้าน การอ่านออกเสียง Phonics ของเด็กปฐมวัย ซึ่งทางคณะผู้จัดทำได้มีการดำเนินการ ดังนี้

1. แบบประเมินทักษะทางภาษาอังกฤษด้านการฟังของเด็กปฐมวัย เป็นแบบมาตรส่วนประมาณค่า 3 ระดับ ทางคณะผู้จัดทำได้กำหนดเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้

คะแนน	**ระดับปฏิบัติการ**
3	มาก
2	ปานกลาง
1	น้อย

2. การแปลผลของคะแนนประเมินทักษะทางภาษาอังกฤษด้านการอ่านออกเสียง Phonics ของเด็กปฐมวัย ผู้วิจัยใช้เกณฑ์การแบ่งเป็น 3 ช่วงชั้นเท่า ๆ กัน ดังนี้

คะแนน	**ระดับปฏิบัติการ**
2.34-3.00	มาก
1.67-2.33	ปานกลาง
1.00-1.66	น้อย

3.การแปลผลคะแนนพัฒนาการทักษะทางภาษาอังกฤษด้านการอ่านออกเสียง Phonics ของเด็กปฐมวัย ผู้วิจัยใช้เกณฑ์การแบ่งเป็น 4 ช่วงชั้น ดังนี้ (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2557, น. 13)

คะแนน	ระดับปฏิบัติการ
75.01 - 100.00	พัฒนาการระดับสูงมาก
50.01 - 75.00	พัฒนาการระดับสูง
25.01 - 50.00	พัฒนาการระดับปานกลาง
00.00 - 25.00	พัฒนาการระดับต้น

ผลการวิจัย

การศึกษาการพัฒนาทักษะภาษาอังกฤษด้านการฟังของเด็กปฐมวัย ทางคณะผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลตามขั้นตอนการวิจัย โดยการเก็บรวบรวมข้อมูลก่อนและหลังการทำกิจกรรมเสร็จจากนั้นนำข้อมูลมาวิเคราะห์และนำเสนอผลการวิเคราะห์ ดังนี้

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการออกเสียงแบบ Synthetic Phonics สระเสียงสั้นเพื่อเป็นการส่งเสริมภาษาอังกฤษด้วยกิจกรรมการอ่านออกเสียง Phonics โดยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนว Syntheic phonics

การออกเสียงแบบ Synthetic Phonics สระเสียงสั้น	ก่อนการจัดประสบการณ์			หลังการจัดประสบการณ์		
	μ	σ	ระดับการปฏิบัติ	μ	σ	ระดับการปฏิบัติ
การออกเสียงSynthetic Phonics สระ A						
1.) เด็กสามารถออกเสียงหน่วยเสียง /a/ (แอะ) และพูด คำศัพท์ที่มีสระ /a/ เช่น /a/ /a/ Cat ได้อย่างชัดเจน ถูกต้องตามหลักการออกเสียง	1.00	0.00	น้อย	2..69	0.48	มาก
2.) เด็กสามารถประสมเสียงพยัญชนะต้น สระและตัวสะกดเพื่ออ่านเป็นคำที่สมบูรณ์ได้ถูกต้อง เช่น /r/-/a/-/t/ (Rat) หรือ /b/-/a/-/t/ (Bat)	1.23	0.44	น้อย	2.23	0.44	ปานกลาง
3.) เด็กสามารถฟังเสียงคำศัพท์กลุ่มสระ /a/ เช่น Can, Hat จากครูแล้วพูดตามได้อย่างถูกต้องตามจังหวะและเสียงสะกดท้าย	1.00	0.00	น้อย	2.85	0.38	มาก
4.) เด็กสามารถระบุหรือชี้รูปภาพได้สัมพันธ์กับเสียงคำศัพท์สระ /a/ ที่ได้ยินได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ	1.23	0.44	น้อย	2.77	0.44	มาก
5.) เด็กสามารถวิเคราะห์และบอกได้ว่าคำศัพท์คำใดมีเสียง /a/ ซ่อนอยู่บ้าง	1.00	0.00	น้อย	2.31	0.48	ปานกลาง
การออกเสียงSynthetic Phonics สระ E						
1.) เด็กสามารถ ออกเสียงสระ e /e/ ได้ถูกต้อง	1.38	0.51	น้อย	2.85	0.38	มาก

การออกเสียงแบบ Synthetic Phonics สระเสียงสั้น	ก่อนการจัดประสบการณ์			หลังการจัดประสบการณ์		
	μ	σ	ระดับการปฏิบัติ	μ	σ	ระดับการปฏิบัติ
2.) เด็กสามารถเรียงตัวอักษรและออกเสียงคำศัพท์ได้ถูกต้อง	1.23	0.44	น้อย	2.85	0.38	มาก
3.) เด็กสามารถออกเสียงพยัญชนะตามแบบ Phonics ได้	1.15	0.38	น้อย	2.62	0.51	มาก
4.) เด็กสามารถบอกครูได้ว่าคำศัพท์ที่เรียนมีอะไรบ้าง	1.23	0.44	น้อย	2.69	0.48	มาก
5.) เด็กสามารถสะกดคำศัพท์ได้อย่างชัดเจนและถูกต้อง	1.08	0.28	น้อย	2.54	0.52	มาก
การออกเสียงSynthetic Phonics สระ I						
1.) เด็กสามารถ ออกเสียงสระ i /I/ ได้ถูกต้อง	1.15	0.38	น้อย	2.85	0.38	มาก
2.) เด็กสามารถฟังและบอกได้ว่าคำศัพท์ใดมีเสียงสระ i จากคำศัพท์ที่ครูกำหนด	1.31	0.48	น้อย	2.31	0.48	ปานกลาง
3.) เด็กสามารถเรียงพยัญชนะและสระ i ให้เกิดเป็นคำศัพท์ได้ถูกต้อง	1.23	0.44	น้อย	2.77	0.44	มาก
4.) เด็กสามารถ เลือกหรือจับคู่ภาพกับคำศัพท์ที่มีสระ i ได้อย่างถูกต้อง	1.31	0.48	น้อย	2.85	0.38	มาก
5.) เด็กสามารถสะกดคำศัพท์ได้อย่างชัดเจนและถูกต้อง	1.08	0.28	น้อย	2.62	0.51	มาก
การออกเสียงSynthetic Phonics สระ O						
1.) เด็กสามารถผสมคำด้วยสระตัว O ได้ถูกต้อง	1.23	0.44	น้อย	2.85	0.38	มาก
2.) เด็กสามารถอ่านออกเสียงdog ⟶ /d/–/o/–/g/ ทีละตัวได้อย่างถูกต้อง	1.23	0.44	น้อย	2.46	0.52	มาก
3.) เด็กสามารถประสมเสียงตัวอักษรได้ถูกต้อง	1.00	0.00	น้อย	2.77	0.44	มาก
4.) เด็กสามารถรู้จักคำศัพท์ hot dog job boy hop	1.15	0.38	น้อย	2.54	0.52	มาก
5.) เด็กสามารถอ่านออกเสียง O เอาะ ตามหลัก Phonics	1.31	0.48	น้อย	2.69	0.63	มาก
การออกเสียงSynthetic Phonics สระ U						
1.) เด็กสามารถชี้หรือเลือกคำศัพท์ที่ครูถามเกี่ยวกับเสียงสระ U ได้	1.46	0.52	น้อย	2.69	0.48	มาก
2.) เด็กสามารถออกเสียง U อะ /u/ ได้ถูกต้อง	1.15	0.38	น้อย	2.69	0.48	มาก
3.) เด็กสามารถฟังเสียงตัว U และพูดตามครูได้	1.46	0.52	น้อย	3.00	0.00	มาก
4.) เด็กสามารถผสมเสียง U กับพยัญชนะได้	1.08	0.28	น้อย	2.38	0.51	มาก
5.) เด็กสามารถสะกดคำศัพท์ได้อย่างชัดเจนและถูกต้อง	1.00	0.00	น้อย	2.46	0.52	มาก
ภาพรวม	26.69	8.39	น้อย	66.31	11.11	มาก

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า นักเรียนโรงเรียนวัดโพธิ์ปากพลี จังหวัดนครนายก ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2568 ที่ได้รับการจัดประสบการณ์การเรียนรู้เพื่อพัฒนาทักษะภาษาอังกฤษด้านการอ่านออกเสียงของเด็กปฐมวัย โดยการใช้กิจกรรมชุดPhonicsที่คณะผู้จัดทำได้สร้างขึ้นจำนวน 10 กิจกรรม มีคะแนนการประเมินทักษะภาษาอังกฤษด้านการอ่านออกเสียงของเด็กปฐมวัยก่อนการจัดประสบการณ์การเรียนรู้ คิดเป็นคะแนนเฉลี่ยได้ 29.69 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 8.39 และมีผลคะแนนการประเมินทักษะภาษาอังกฤษ ด้านการฟังหลังการจัดประสบการณ์การเรียนรู้เพื่อพัฒนาทักษะภาษาอังกฤษด้านการอ่านออกเสียงทดสอบหลังเรียน คิดเป็นคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 66.31 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 11.11 และเมื่อทดสอบค่าเฉลี่ยของแบบประเมินทักษะภาษาอังกฤษด้านการอ่านออกเสียงของเด็กปฐมวัยก่อนและหลังการจัดกิจกรรมเสริมประสบการณ์ มีคะแนนประเมินทักษะภาษาอังกฤษด้านการอ่านออกเสียงของเด็กปฐมวัย นักเรียนมีคะแนนประเมินทักษะภาษาอังกฤษ ด้านการอ่านออกเสียงของเด็กปฐมวัยหลังการจัดประสบการณ์สูงกว่าก่อนการจัดประสบการณ์

ตารางที่ 2 คะแนนก่อนและหลังการจัดประสบการณ์การเรียนรู้กิจกรรมเสรี เพื่อพัฒนาทักษะการอ่านออกเสียงภาษาอังกฤษของเด็กปฐมวัยของนักเรียนโรงเรียนวัดโพธิ์ปากพลี เพื่อเปรียบเทียบทักษะภาษาอังกฤษด้านการออกเสียง Phonics ของเด็กปฐมวัยก่อนและหลัง โดยการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนว Synthetic phonics

คนที่	คะแนนก่อนการจัดประสบการณ์	คะแนนหลังการจัดประสบการณ์	ร้อยละของคะแนนพัฒนาการ	ระดับพัฒนาการ
1	25	68	90	พัฒนาระดับสูงมาก
2	36	70	93	พัฒนาระดับสูงมาก
3	35	68	90	พัฒนาระดับสูงมาก
4	36	70	93	พัฒนาระดับสูงมาก
5	25	65	86	พัฒนาระดับสูงมาก
6	25	66	88	พัฒนาระดับสูงมาก
7	25	65	86	พัฒนาระดับสูงมาก
8	25	67	89	พัฒนาระดับสูงมาก
9	26	64	85	พัฒนาระดับสูงมาก
10	30	64	85	พัฒนาระดับสูงมาก
11	30	65	86	พัฒนาระดับสูงมาก
12	34	65	86	พัฒนาระดับสูงมาก
13	34	65	86	พัฒนาระดับสูงมาก
คะแนนรวม	386	862	88.23	พัฒนาระดับสูงมาก
ค่าเฉลี่ย	29.69	66.31		
ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตราฐาน	8.39	11.11		

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า ผลการเปรียบเทียบการพัฒนาทักษะการอ่านออกเสียงภาษาอังกฤษของเด็กปฐมวัย จากคะแนนเต็ม 75 คะแนน โดยคะแนนพัฒนาการก่อนการจัดประสบการณ์ มีคะแนนรวม 386 คะแนน ค่าเฉลี่ย 29.69 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 8.39 ส่วนคะแนนพัฒนาการหลังการจัดประสบการณ์ มีคะแนนรวม 862 คะแนน ค่าเฉลี่ย 88.23 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 88.23 ร้อยละของคะแนนพัฒนาการ คือ 88.23 อยู่ในพัฒนาการระดับสูงมาก

การอภิปรายผล

ผลการวิจัยครั้งนี้สามารถอภิปรายผลได้ดังนี้

การส่งเสริมทักษะภาษาอังกฤษด้านการอ่านออกเสียง Phonics ของเด็กปฐมวัยโดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนว Synthetic Phonics พบว่า นักเรียนโรงเรียนวัดโพธิ์ปากพลี จังหวัดนครนายก ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2568 ที่ได้รับการจัดประสบการณ์การเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรม Phonics จำนวน 10 กิจกรรม มีคะแนนประเมินทักษะภาษาอังกฤษด้านการอ่านออกเสียงก่อนการจัดกิจกรรมเฉลี่ย 29.69 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 8.39 และหลังการจัดกิจกรรมมีคะแนนเฉลี่ย 66.31 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 11.11 ซึ่งสูงกว่าก่อนการจัดกิจกรรมอย่างชัดเจน แสดงให้เห็นว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนว Synthetic Phonics สามารถพัฒนาทักษะการอ่านออกเสียงภาษาอังกฤษของเด็กปฐมวัยได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในด้านผลการออกเสียงสระเสียงสั้น (a, e, i, o, u) พบว่าเด็กมีพัฒนาการอยู่ในระดับสูง โดยเฉพาะสระ u ที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด แสดงให้เห็นว่าเด็กสามารถเชื่อมโยงเสียงกับตัวอักษร และนำไปใช้ในการผสมคำและสะกดคำได้อย่างถูกต้องมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับหลักการของการสอนแบบ Phonics ที่เน้นการเรียนรู้แบบเป็นลำดับขั้นและการฝึกซ้ำอย่างต่อเนื่อง ช่วยให้ผู้เรียนเกิดความแม่นยำในการจดจำเสียงและสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในการอ่านคำศัพท์พื้นฐานได้ดีขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Jean Piaget (1962) ที่กล่าวว่า เด็กปฐมวัยอยู่ในช่วงพัฒนาการขั้นก่อนปฏิบัติการ (Preoperational Stage) ซึ่งเป็นช่วงวัยที่เหมาะสมกับการเรียนรู้ผ่านกิจกรรมที่เป็นรูปธรรม การเล่น และการลงมือปฏิบัติจริง ดังนั้นชุดกิจกรรม Phonics ที่ออกแบบให้เด็กได้ฟังเสียง ฝึกเลียนแบบ และฝึกออกเสียงด้วยตนเองอย่างต่อเนื่อง จึงช่วยให้เด็กสามารถเรียนรู้ความสัมพันธ์ระหว่างเสียงกับตัวอักษรได้อย่างเป็นรูปธรรม ส่งผลให้เกิดความเข้าใจและจดจำได้ดีขึ้น นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับแนวคิดของ Lev Vygotsky (1978) ที่เน้นการเรียนรู้ผ่านปฏิสัมพันธ์ทางสังคม โดยเฉพาะการมีครูเป็นผู้ชี้แนะ (Scaffolding) ทำให้เด็กสามารถพัฒนาทักษะการออกเสียงได้ดียิ่งขึ้นเมื่อมีแบบอย่างที่ถูกต้อง รวมถึงแนวคิดของ Albert Bandura (1977) ที่อธิบายว่าเด็กเรียนรู้จากการสังเกตและเลียนแบบพฤติกรรมของผู้อื่น ซึ่งสอดคล้องกับกิจกรรมการออกเสียงที่เด็กฟังและพูดตามครูอย่างต่อเนื่อง จึงช่วยให้เด็กเกิดการจดจำรูปแบบการออกเสียงที่ถูกต้องและสามารถนำไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

การเปรียบเทียบทักษะภาษาอังกฤษด้านการอ่านออกเสียง Phonics ของเด็กปฐมวัยก่อนและหลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนว Synthetic Phonics พบว่า เมื่อพิจารณาคะแนนพัฒนาการโดยรวมจากคะแนนเต็ม 75 คะแนน เด็กมีคะแนนพัฒนาการก่อนการจัดประสบการณ์รวม 386 คะแนน ค่าเฉลี่ย 29.69 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 8.39 และหลังการจัดประสบการณ์มีคะแนนรวม 862 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 88.23 อยู่ในระดับพัฒนาการสูงมาก สะท้อนให้เห็นว่าเด็กมีพัฒนาการด้านการอ่านออกเสียงภาษาอังกฤษเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนภายหลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนว Synthetic Phonics เมื่อพิจารณาผลการเปรียบเทียบก่อนและหลังการจัดกิจกรรม พบว่าคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างชัดเจน แสดงให้เห็นว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ Phonics สามารถพัฒนาความสามารถด้านการอ่านออกเสียงของเด็กได้จริง ทั้งนี้เนื่องจากเด็กได้รับการฝึกฝนอย่างต่อเนื่อง มีโอกาสลงมือปฏิบัติจริง ได้รับการฝึกซ้ำในรูปแบบที่หลากหลาย และได้รับการเสริมแรงเชิงบวกจากครูระหว่างกิจกรรม ทำให้เด็กเกิดความมั่นใจในการออกเสียงมากขึ้นและกล้าแสดงออกในการใช้ภาษาอังกฤษมากขึ้น

การใช้กิจกรรมที่หลากหลาย เช่น เกม การจับคู่คำศัพท์ และกิจกรรมการเคลื่อนไหว ยังสอดคล้องกับแนวคิดของ Jerome Bruner (1966) ที่เน้นการเรียนรู้ผ่านการค้นพบและการมีส่วนร่วมของผู้เรียน ส่งผลให้เด็กเกิดความสนใจ สนุกกับการเรียน และสามารถสร้างความรู้ได้ด้วยตนเอง ซึ่งช่วยส่งเสริมแรงจูงใจในการเรียนรู้และทำให้เด็กมีทัศนคติที่ดีต่อการเรียนภาษาอังกฤษมากยิ่งขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดย สุธาสินี งามขำ (2562) พบว่าการจัดกิจกรรม Phonics แบบเกมและบทเพลงช่วยให้เด็กอนุบาลออกเสียงตัวอักษรและคำศัพท์ได้ถูกต้องมากขึ้น และมีความมั่นใจในการออกเสียง นอกจากนี้ กมลวรรณ กิตติวงศ์ (2564) รายงานว่าเด็กที่เรียนด้วยชุดกิจกรรม Phonics สามารถแยกแยะเสียงสระและพยัญชนะภาษาอังกฤษได้ดีขึ้น ฟังคำง่าย ๆ รู้เรื่อง และกล้าออกเสียงตามครู ขณะเดียวกัน นฤมล วัฒนะศรี (2566) พบว่าการจัดกิจกรรม Phonics ตามลำดับขั้นจากเสียงตัวอักษรไปสู่การสร้างคำง่าย ๆ ช่วยให้เด็กออกเสียงคำพื้นฐานได้ถูกต้องและจดจำเสียงได้อย่างต่อเนื่อง และ อรัญญา ภูมิเกียรติ (2561) ระบุว่าการใช้สื่อภาพและกิจกรรมจับคู่เสียงใน Phonics ช่วยให้เด็กสนใจการเรียนภาษาและมีพัฒนาการด้านการฟัง–พูดเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน ซึ่งล้วนสนับสนุนผลการวิจัยในครั้งนี้

โดยสรุปการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนว Synthetic Phonics เป็นแนวทางที่เหมาะสมในการส่งเสริมพัฒนาการด้านการอ่านออกเสียงภาษาอังกฤษของเด็กปฐมวัย เนื่องจากสอดคล้องกับทฤษฎีพัฒนาการและการเรียนรู้ของนักทฤษฎีหลายท่าน รวมทั้งสอดคล้องกับงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง อีกทั้งยังเหมาะสมกับธรรมชาติการเรียนรู้ของเด็กปฐมวัยที่เน้นการเรียนรู้ผ่านการเล่น การลงมือทำ และการมีปฏิสัมพันธ์ ส่งผลให้เด็กสามารถพัฒนาทักษะภาษาอังกฤษด้านการอ่านออกเสียงได้อย่างมีประสิทธิภาพและมีพัฒนาการอยู่ในระดับสูงมาก

บทสรุป

การวิจัยเรื่อง "การส่งเสริมพัฒนาการด้านการอ่านออกเสียงแบบ Phonics ด้วยชุดกิจกรรม" มีวัตถุประสงค์เพื่อส่งเสริมและเปรียบเทียบทักษะการอ่านออกเสียงภาษาอังกฤษของเด็กปฐมวัยก่อนและหลังการใช้ชุดกิจกรรม โดยกลุ่มเป้าหมายเป็นเด็กปฐมวัยอายุ 5–6 ปี จำนวน 13 คน ผลการวิจัยพบว่า หลังการจัดกิจกรรม เด็กมีพัฒนาการด้านการอ่านออกเสียงแบบ Phonics สูงขึ้นอย่างชัดเจน โดยคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และเด็กสามารถออกเสียงสระเสียงสั้น a, e, i, o, u ผสมคำ และสะกดคำได้ถูกต้องมากขึ้น ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนว Synthetic Phonics มีประสิทธิภาพในการพัฒนาทักษะด้านการอ่านออกเสียงของเด็กปฐมวัย ทั้งนี้เนื่องจากกิจกรรมที่จัดขึ้นมีความหลากหลาย เน้นการเรียนรู้ผ่านการฟัง การเลียนแบบ และการลงมือปฏิบัติจริง ทำให้เด็กเข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างเสียงกับตัวอักษร และสามารถนำไปใช้ได้อย่างมั่นใจ นอกจากนี้การจัดกิจกรรมในรูปแบบเกม การจับคู่คำศัพท์ และกิจกรรมการเคลื่อนไหว ยังช่วยกระตุ้นความสนใจและส่งเสริมการมีส่วนร่วมของเด็ก ทำให้เด็กมีความกระตือรือร้น กล้าแสดงออก และมีทัศนคติที่ดีต่อการเรียนภาษาอังกฤษมากยิ่งขึ้น จึงสามารถสรุปได้ว่าการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนว Phonics เป็นแนวทางที่เหมาะสมในการส่งเสริมพัฒนาการด้านการอ่านออกเสียงของเด็กปฐมวัย เนื่องจากสอดคล้องกับธรรมชาติการเรียนรู้ของเด็กและช่วยพัฒนาทักษะภาษาได้อย่างเป็นระบบ

ข้อเสนอแนะ

ควรนำชุดกิจกรรม Phonics ไปประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนการสอน โดยออกแบบกิจกรรมให้เหมาะสมกับวัยและความสามารถของเด็ก เน้นการฝึกปฏิบัติอย่างต่อเนื่อง และเพิ่มความหลากหลายของสื่อและกิจกรรมเพื่อกระตุ้นความสนใจของผู้เรียน รวมทั้งควรมีการศึกษาวิจัยเพิ่มเติมในกลุ่มตัวอย่างที่มีขนาดใหญ่ขึ้น หรือพัฒนาชุดกิจกรรมให้ครอบคลุมเนื้อหาที่ซับซ้อนมากขึ้น เพื่อให้เกิดประโยชน์ต่อการพัฒนาทักษะภาษาอังกฤษของเด็กในระยะยาว

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี เนื่องจากได้รับความอนุเคราะห์และความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจากอาจารย์ที่ปรึกษาวิจัย ที่ได้ให้คำแนะนำ ข้อเสนอแนะ และแนวทางในการดำเนินการวิจัยมาโดยตลอด ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

นอกจากนี้ ผู้วิจัยยังได้รับความอนุเคราะห์จากคุณครูและนักเรียนชั้นอนุบาลปีที่ 3 ที่ให้ความร่วมมือในการดำเนินกิจกรรมและเก็บรวบรวมข้อมูลเป็นอย่างดี ส่งผลให้งานวิจัยฉบับนี้สามารถดำเนินการจนสำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้

คณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่าน รวมถึงผู้ที่ให้การสนับสนุนและแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ ที่ได้นำมาใช้ประกอบการศึกษาค้นคว้า ซึ่งมีส่วนสำคัญต่อความสำเร็จของงานวิจัยในครั้งนี้ และหวังเป็นอย่างยิ่งว่างานวิจัยฉบับนี้จะก่อให้เกิดประโยชน์ต่อการศึกษาและผู้ที่สนใจต่อไป

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). หลักสูตรการศึกษาปฐมวัย พุทธศักราช 2560. กระทรวงศึกษาธิการ : กรุงเทพฯ.

กระทรวงศึกษาธิการ. (2568). หลักสูตรการศึกษาปฐมวัย พุทธศักราช 2568. กระทรวงศึกษาธิการ : กรุงเทพฯ.

นงลักษณ์ รักพงษ์. (2560). การพัฒนาหนังสือและกิจกรรมเพื่อสร้างความพร้อมด้านการฟังและการพูดของนักเรียนระดับปฐมวัย. ปริญญานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ชื่อสาขาเทคโนโลยีการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา.

ปวีตรา โสมภีร์. (2562). การพัฒนาการเรียนรู้ภาษาอังกฤษโดยใช้การเล่นพื้นบ้านสำหรับนักเรียนปฐมวัย. ปริญญานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาหลักสูตรและการสอน คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์.

ปภาพินท์ นิยมพันธ์. (2560). ผลการใช้วิธีการสอนแบบโฟนิกส์เพื่อส่งเสริมการอ่านออกเสียงคำภาษาอังกฤษของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3. ปริญญานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาประถมศึกษา คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร.

พสิษฐ์ จันทโรจวงศ์. (2560). เอ บีซี แอสด์ ซอร์ตวาล์ว: เกมพัฒนาทักษะภาษาอังกฤษสำหรับเด็ก. ปริญญานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเว็บ วิทยาลัยครีเอทีฟดีไซน์ แอนด์ เอ็นเตอร์เทนเมนต์เทคโลยี มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์.

พัชรินทร์ จันทร์ส่องแสง. (2560). แนวคิดการเรียนรู้ทางสังคมของแบนดูราและการพัฒนาทักษะภาษาในเด็กปฐมวัย. ปริญญานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาการศึกษาปฐมวัย คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์.

มินตา บุญญานิตย์. (2566). การพัฒนาผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้คำศัพท์ภาษาอังกฤษโดยใช้บัตรคำศัพท์ประกอบการเล่านิทานสำหรับเด็กอนุบาล 3. ปริญญานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนภาษาอังกฤษ คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร.

รุ้งนภา ศิริสวัสดิ์. (2561). การพัฒนาชุดกิจกรรมส่งเสริมการเรียนรู้ภาษาอังกฤษของนักเรียนชั้นอนุบาลปีที่ 1 ปริญญานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาหลักสูตรและการสอน วิทยาลัยครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์.

สุภาพร จิตคลังสกุล. (2560). การพัฒนาความสามารถทางทักษะทางการฟังและการพูดภาษาอังกฤษของเด็กปฐมวัยโดยใช้การจัดประสบการณ์ตามแนวทางการสอนแบบธรรมชาติ. ปริญญานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาการศึกษาระบบสองภาษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต.

อรณภัทธิ์ มากทรัพย์. (2564). ผลการจัดประสบการณ์ภาษาอังกฤษตามแนวทางการสอนภาษาแบบธรรมชาติ ร่วมกับเทคนิคการสลับภาษาเพื่อเสริมสร้างความสามารถด้านการฟังและการพูดสำหรับเด็กวัยอนุบาล. ปริญญานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาการศึกษาปฐมวัย คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา.

Albert Bandura. (1977). Social learning theory. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.

Jerome Seymour Bruner. (1966). Toward a theory of instruction. Cambridge, MA: Harvard University Press.

Jean Piaget. (1962). Play, dreams and imitation in childhood. New York: Norton.

Lev Semyonovich Vygotsky. (1978). Mind in society: The development of higher psychological processes. Cambridge, MA: Harvard University Press.

ผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้เทคนิค KWDL ร่วมกับเกม ที่มีต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ เรื่อง การบวก ลบ คูณ หารระคน ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3

The Effects of Mathematics Learning Activities Using the KWDL Technique Combined with Games on the Ability of Third-Grade Students to Solve Mixed Addition, Subtraction, Multiplication, and Division Problems

อภินันท์ คงสงค์ อรรถศาสน์ นิมิตรพันธ์* และธนพรรษ พฤกษะวัน
Aphinan Kongsong, Auttasart Nimitpun* and Tanapat Brikshavana

คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต ศูนย์การศึกษา นครนายก
Faculty of Education Suan Dusit University Nakhon Nayok
**Corresponding Author E-mail Address : atsnmp5@gmail.com*

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ดังนี้ 1) เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ เรื่อง การบวก ลบ คูณ หารระคน ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ที่เรียนโดยใช้เทคนิค KWDL ร่วมกับเกม ก่อนการทดลองและหลังการทดลอง 2) เพื่อศึกษาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ เรื่อง การบวก ลบ คูณ หารระคน ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ที่เรียนโดยใช้เทคนิค KWDL ร่วมกับเกม หลังการทดลอง เทียบกับเกณฑ์ที่กำหนดร้อยละ 70 กลุ่มเป้าหมายในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนเทศบาล 3 บ้านต่ำบุญศิริ อำเภอเมืองนครนายก จังหวัดนครนายก ที่เรียนสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เรื่อง โจทย์ปัญหาการบวก ลบ คูณ หารระคน ในภาคการศึกษาที่ 2 ปีการศึกษา 2568 จำนวน 29 คน เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลทั้งก่อนการทดลองและหลังการทดลอง คือ แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ เรื่อง การบวก ลบ คูณ หารระคน ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 วิเคราะห์ข้อมูลโดยการหาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และหาค่าร้อยละของจำนวนนักเรียนกลุ่มเป้าหมายที่มีคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ เรื่อง การบวก ลบ คูณ หารระคน หลังการทดลองไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม ผลการวิจัยมีดังนี้ 1) นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ที่เรียนโดยใช้เทคนิค KWDL ร่วมกับเกม มีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ เรื่อง การบวก ลบ คูณ หารระคน หลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลอง โดยก่อนการทดลองมีคะแนนเฉลี่ย 8.79 คะแนน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 2.39 หลังการทดลองมีคะแนนเฉลี่ย 17.24 คะแนน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 3.66 โดยมีคะแนนหลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลองเท่ากับ 8.45 คะแนน และ 2) นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ที่เรียนโดยใช้เทคนิค KWDL ร่วมกับเกม มีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ เรื่อง การบวก ลบ คูณ หารระคน หลังการทดลองสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม มีจำนวนร้อยละ 75.9 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ซึ่งบรรลุเป้าหมายของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ได้กำหนดไว้

คำสำคัญ: เทคนิค KWDL เกม ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ การบวก ลบ คูณ หารระคน

Abstract

This research aimed to: 1) compare the problem-solving ability of third-grade students in mathematics, specifically mixed addition, subtraction, multiplication, and division problems, learned using the KWDL technique combined with games, before and after the experiment; and 2) examine the problem-solving ability of third-grade students in mathematics, specifically mixed addition, subtraction, multiplication, and division problems, learned using the KWDL technique combined with games, after the experiment, compared to a predetermined criterion of 70%. The target group for this research consisted of 29 third-grade students from Ban Tam Bun Siri Municipal School 3, Mueang Nakhon Nayok District, Nakhon Nayok Province, who were learning mathematics related to mixed addition, subtraction, multiplication, and division problems in the second semester of the 2025 academic year. Data were collected both before and after the experiment using a test measuring the problem-solving ability of third-grade students in mathematics, specifically mixed addition, subtraction, multiplication, and division problems. Data were analyzed by calculating the mean, standard deviation, and percentage of the target group students who achieved a problem-solving ability score of at least 70% after the experiment. The research findings are as follows: 1) Third-grade students who learned using the KWDL technique combined with games showed a higher post-test ability in solving mixed addition, subtraction, multiplication, and division problems compared to their pre-test score. Before the experiment, their average score was 8.79 with a standard deviation of 2.39. After the experiment, their average score was 17.24 with a standard deviation of 3.66, a difference of 8.45 points compared to their pre-test score. 2) 75.9% of the third-grade students who learned using the KWDL technique combined with games demonstrated a post-test ability to solve mixed addition, subtraction, multiplication, and division problems exceeding the set criterion of 70% of the total score, thus achieving the learning activity's objectives.

Keywords: KWDL technique, Game, Mathematical problem solving ability, Mixed addition, subtraction, multiplication, and division.

บทนำ

ในโลกของยุคศตวรรษที่ 21 คณิตศาสตร์ถือเป็นเครื่องมือในการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และศาสตร์อื่น อันเป็นรากฐานในการพัฒนาทรัพยากรบุคคลของชาติให้มีคุณภาพ และพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศให้ทัดเทียมกับนานาชาติ การศึกษาคณิตศาสตร์จึงจำเป็นต้องมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้ทันสมัยและสอดคล้องกับสภาพเศรษฐกิจ สังคม และความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่เจริญก้าวหน้าอย่างรวดเร็วในยุคดิจิทัล (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560) ซึ่งสอดคล้องกับแผนการศึกษาชาติ พ.ศ. 2560-2579 ที่ได้วางเป้าหมายด้านผู้เรียน (Learner Aspirations) โดยมุ่งพัฒนาผู้เรียนทุกคนให้มีคุณลักษณะและทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ซึ่งทักษะที่มีความเกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์ คือ การคิดเลขเป็น

(Arithmetic) ทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และทักษะการแก้ปัญหา (Critical Thinking and Problem Solving) จากความสำคัญดังกล่าว หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) จึงได้กำหนดให้คณิตศาสตร์มีบทบาทสำคัญต่อความสำเร็จในการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 เนื่องจากจะช่วยทำให้มนุษย์มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ คิดอย่างมีเหตุผล เป็นระบบ มีแบบแผน สามารถวิเคราะห์ปัญหาหรือสถานการณ์ได้อย่างรอบคอบถี่ถ้วน ช่วยให้คาดการณ์ วางแผน ตัดสินใจ แก้ปัญหาได้อย่างถูกต้องเหมาะสม และสามารถนำไปใช้ในชีวิตจริง ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560)

ในสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์นั้น ทักษะและกระบวนการที่สำคัญซึ่งสัมพันธ์กับชีวิตประจำวันของมนุษย์ ได้แก่ ทักษะการแก้ปัญหา (Problem Solving Skill) ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งในทักษะที่นักเรียนควรจะเรียนรู้ ฝึกฝน และพัฒนาให้เกิดขึ้นในตัวเองผ่านการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ ทำให้นักเรียนมีวิธีการคิดที่หลากหลาย มีนิสัยกระตือรือร้น ไม่ย่อท้อ และมีความมั่นใจเมื่อต้องเผชิญกับปัญหา เนื่องจากในชีวิตประจำวันนั้นจะต้องเผชิญกับปัญหามากมาย ซึ่งมีทั้งปัญหาที่ไม่ซับซ้อนสามารถแก้ปัญหาได้โดยใช้เพียงความรู้หรือประสบการณ์เดิม และปัญหาที่มีความยุ่งยากซับซ้อนมาก ที่ไม่สามารถแก้ปัญหานั้นได้เพียงอาศัยประสบการณ์เดิม แต่จำเป็นต้องอาศัยความรู้ ทักษะและกระบวนการ และเทคนิคต่าง ๆ มาช่วยแก้ปัญหา ดังนั้นถ้านักเรียนมีความรู้เพียงพอ เข้าใจขั้นตอน หรือกระบวนการในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ เลือกเทคนิคหรือกลยุทธ์ในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ได้อย่างเหมาะสม รวมถึงมีประสบการณ์ในการแก้โจทย์ปัญหามาก่อน ก็จะสามารถประสบความสำเร็จในการแก้ปัญหาได้ดียิ่งขึ้น (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560)

จากการศึกษาแนวทางในการช่วยเสริมสร้างความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ สามารถทำได้โดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้เทคนิค KWDL ที่พัฒนามาจากเทคนิค KWL (Ogle, 1986) ซึ่งจะช่วยส่งเสริมการอ่านเชิงวิเคราะห์ และพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ ทำให้เทคนิค KWDL เป็นอีกวิธีที่สามารถนำมาใช้จัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยเฉพาะเรื่อง การแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ เนื่องจากการอ่านโจทย์ไม่เข้าใจ วิเคราะห์โจทย์ไม่ได้ เป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้นักเรียนไม่สามารถแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ได้ นอกเหนือไปจากการคิดคำนวณไม่ได้ เทคนิค KWDL ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ได้แก่ 1) K: เรารู้อะไร (What we **K**now) หรือโจทย์บอกอะไรเราบ้าง 2) W: เราต้องการรู้ ต้องการทราบอะไร (What we **W**ant to know) โจทย์ถามอะไรบ้าง 3) D: เราทำอะไร อย่างไร (What we **D**o) และมีวิธีการอย่างไรบ้าง หรือมีวิธีดำเนินการเพื่อหาคำตอบอย่างไร 4) L: เราเรียนรู้อะไรจากการดำเนินการขั้นที่ 3 (What we **L**earned) ซึ่งคือคำตอบ สาระความรู้ และวิธีศึกษาคำตอบ ขั้นตอนการคิดคำนวณ เป็นต้น ในการนี้ ชวลิต ด้วงเหมือน (2561) ได้ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ เรื่องโจทย์ปัญหาการบวก ลบ คูณ หารระคน ด้วยเทคนิค KWDL ร่วมกับการใช้แผนภาพที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ผลการวิจัยพบว่า 1) นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องโจทย์ปัญหาการบวก ลบ คูณ หารระคน ไม่ต่ำกว่าเกณฑ์ร้อยละ 60 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 2) นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 มีทักษะการแก้โจทย์ปัญหาเรื่องโจทย์ปัญหาการบวก ลบ คูณ หารระคน ไม่ต่ำกว่าเกณฑ์ร้อยละ 60 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ 3) ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ โดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก

จากการศึกษาทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์ ที่กล่าวว่า แม้ว่าการคิดของนักเรียนวัยประถมศึกษาตอนต้นจะพัฒนาไปมาก แต่การคิดของนักเรียนในวัยนี้ยังต้องอาศัยพื้นฐานของการสัมผัสกับสิ่งที่เป็นรูปธรรม (Piaget, 1972) ด้วยเหตุนี้จึงต้องค้นหาวิธีการสำหรับการพัฒนาสติปัญญาและพัฒนาการทางสังคม ที่ช่วยสร้างความสนใจ ความสนุกสนาน ฝึกการเคารพกฎกติกา ฝึกสมาธิ รู้จักการเป็นผู้แพ้ ผู้ชนะ อีกทั้งส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ เข้าใจบทเรียนได้ง่ายขึ้น และส่งเสริมให้นักเรียนได้แสดงออกถึงทักษะและศักยภาพของตนเองอย่างเต็มความสามารถ เนื่องจากโดยธรรมชาติของ

นักเรียนชั้นประถมศึกษาตอนต้นจะชอบเล่น และชอบความสนุกสนานในการเรียนรู้ ดังนั้น เกมจึงเป็นเครื่องมือในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมนักเรียนให้เรียนรู้ด้วยความเข้าใจ สนุกสนาน ชอบเรียนคณิตศาสตร์ ส่งเสริมให้ครูจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่มีการเล่นควบคู่ไปกับการเรียนรู้ เพื่อที่จะทำให้กระบวนการเรียนรู้มีความสมบูรณ์และน่าสนใจมากยิ่งขึ้น ในปัจจุบันรูปแบบของเกมที่ได้รับความนิยมนำมาใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้กันอย่างแพร่หลายมาก คือ เกมที่สร้างจากเว็บแอปพลิเคชัน ทั้งนี้อาจมีสาเหตุมาจากการที่นักเรียนในปัจจุบันเจริญเติบโตมาพร้อมกับการเรียนรู้ผ่านเครื่องมืออิเล็กทรอนิกส์ และเครื่องมือสื่อสาร รวมถึงสถานการณ์และรูปแบบการจัดการศึกษาในปัจจุบันด้วย จึงมีผลทำให้เกิดความชอบ ความถนัด และความสนใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้เกม โดยนักเรียนจะเป็นศูนย์กลางที่สามารถปรับเปลี่ยนบทบาทการเรียนรู้จากการเป็นผู้รับความรู้ มาเป็นการมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้ผ่านการฝึกปฏิบัติด้วยตนเองโดยมีเกมเป็นสื่อกลาง (กิตติพงศ์ ม่วงแก้ว, 2562) จากที่กล่าวมาข้างต้น จะเห็นว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ร่วมกับเกมจะช่วยส่งเสริมให้นักเรียนได้พัฒนาความรู้ ทักษะ กระบวนการคิด และมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ดีขึ้น ตลอดจนทำให้นักเรียนเกิดความสนุกสนาน เพลิดเพลิน มีความสุขกับการเรียนรู้ที่เหมาะสมกับช่วงวัยอีกด้วย ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของ ธาริณี ชื่นบาน (2562) ที่ได้ศึกษาเรื่อง การพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบ 4Ex2 ร่วมกับเทคนิคเกมสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 มีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และความพึงพอใจของนักเรียนอยู่ในระดับมาก และผลการวิจัยของ วีระชัย สีทาน้อย และคณะ (2561) ได้ศึกษาเรื่อง ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง เงิน โดยใช้เกมเพื่อการเรียนรู้ ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และนักเรียนส่วนใหญ่เห็นด้วยอย่างยิ่งกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในทุกด้าน

จากความสำคัญดังกล่าว ประกอบกับเนื้อหาสาระคณิตศาสตร์ เรื่อง โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ เรื่อง การบวก ลบ คูณ หารระคน มีความยากต่อการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 เนื่องจากมีเงื่อนไขหลายขั้นตอน ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้เทคนิค KWDLร่วมกับเกม ที่มีต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์เรื่องการบวก ลบ คูณ หารระคน สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 เพื่อใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ เรื่อง การบวก ลบ คูณ หารระคน ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ที่เรียนโดยใช้เทคนิค KWDL ร่วมกับเกม ก่อนการทดลองและหลังการทดลอง

2. เพื่อศึกษาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ เรื่อง การบวก ลบ คูณ หารระคน ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ที่เรียนโดยใช้เทคนิค KWDL ร่วมกับเกม หลังการทดลอง เทียบกับเกณฑ์ที่กำหนดร้อยละ 70

ทบทวนวรรณกรรม

งานวิจัยนี้เกี่ยวข้องกับการพัฒนาการเรียนรู้ของผู้เรียนในกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) สาระการเรียนรู้แกนกลาง สาระที่ 1 จำนวนและพีชคณิต มาตรฐาน ค 1.1 เข้าใจความหลากหลายของการแสดงจำนวน ระบบจำนวน การดำเนินการของจำนวน ผลที่เกิดขึ้นจากการดำเนินการ สมบัติของการดำเนินการ และนำไปใช้ ตัวชี้วัดชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ข้อ 9 แสดงวิธีหาคำตอบของโจทย์ปัญหา 2 ขั้นตอน ของจำนวนนับไม่เกิน 100,000 และ 0 โดยมีสาระการเรียนรู้แกนกลางที่เกี่ยวข้องกับการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ เรื่อง การบวก ลบ คูณ หารระคน ของจำนวนนับไม่เกิน 100,000 และ 0 ซึ่งสอดคล้องกับคุณภาพผู้เรียนเมื่อจบชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ในส่วนหนึ่ง ซึ่งระบุไว้ว่า ผู้เรียนต้องมีทักษะการบวก การลบ การคูณ และการหาร และนำไปใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560)

แนวคิดเกี่ยวกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้เทคนิค KWDL

จากการศึกษาความหมายและความสำคัญของเทคนิค KWDL สามารถกล่าวได้ว่า เทคนิค KWDL พัฒนามาจากเทคนิค KWL ของ Ogle ในปี ค.ศ. 1986 ใช้ในการตั้งคำถามและแสวงหาคำตอบโดยอาศัยการอ่านที่เน้นการคิดวิเคราะห์เป็นพื้นฐาน เพื่อช่วยให้ผู้เรียนฝึกฝนกระบวนการคิดอย่างเป็นระบบ โดยเฉพาะในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ เทคนิคนี้ประกอบด้วยขั้นตอนการคิด 4 ส่วนหลัก ซึ่งย่อมาจากคำถามสำคัญ 4 ข้อ ประกอบด้วย 1. K (What we Know) เรารู้อะไรบ้างจากโจทย์ (สิ่งที่โจทย์บอก/กำหนดให้) 2. W (What we want to Know) เราต้องการทราบอะไร (โจทย์ถามหาอะไร) 3. D (What we Do to find out) เราจะทำอย่างไรเพื่อหาคำตอบ (การวางแผน เลือกสูตร หรือวิธีการแก้ปัญหา) และ 4. L (What we Learned) เราเรียนรู้อะไร (การสรุปคำตอบ ตรวจสอบความถูกต้อง และสะท้อนผลลัพธ์) เทคนิค KWDL มีความสำคัญต่อการพัฒนาทักษะของผู้เรียนในหลายด้าน ได้แก่ 1) ฝึกการคิดอย่างเป็นขั้นตอน เป็นการช่วยเปลี่ยนโจทย์ปัญหาที่ซับซ้อนให้กลายเป็นส่วนย่อย ๆ ทำให้ผู้เรียนไม่สับสนว่าจะเริ่มแก้ปัญหาอย่างไร 2) ส่งเสริมการอ่านจับใจความ เป็นการส่งเสริมให้ผู้เรียนต้องวิเคราะห์ "สิ่งที่รู้" และ "สิ่งที่ต้องการทราบ" ซึ่งเป็นการคัดกรองข้อมูลที่สำคัญออกจากข้อมูลทั้งหมด 3) สร้างความมั่นใจในการแก้ปัญหา เมื่อมีแผนการทำงานที่ชัดเจน จะช่วยลดความไม่มั่นใจในการเผชิญกับปัญหาที่ยาก 4) ตรวจสอบและประเมินตนเอง เป็นขั้นตอนสุดท้ายที่ช่วยให้ผู้เรียนได้ทบทวนว่าสิ่งที่ทำไปถูกต้องหรือไม่ และได้เทคนิคใหม่ๆ อะไรเพิ่มขึ้นมา กล่าวได้ว่า เป็นการสะท้อนคิดถึงกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาของตนเอง ดังนั้น KWDL จึงเปรียบเสมือนเข็มทิศในการแก้โจทย์ปัญหาที่มีการคิดอย่างมีกลยุทธ์ โดยมุ่งเน้นการวิเคราะห์ข้อมูลเดิม เชื่อมโยงสู่วิธีการ และจบด้วยการสรุปองค์ความรู้ (วัชรา เล่าเรียนดี และคณะ, 2560; สิริกุล ยมจินดา และศิริวรรณ วณิชวัฒนวรชัย, 2566; Ogle, 1986; Shaw et al., 1997; Laowreandee, 2013)

สำหรับขั้นตอนในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้เทคนิค KWDL นั้น Shaw et al (1997) ได้นำเทคนิค KWDL มาใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โดยมี 4 ขั้นตอน ดังนี้ 1) แบ่งกลุ่มนักเรียนช่วยกันหาสิ่งที่โจทย์กำหนดให้ สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบโดยใช้บัตรกิจกรรม 2) นักเรียนอภิปรายถึงสิ่งที่ต้องการรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับโจทย์ และหาสิ่งที่ต้องการทราบรวมถึงการระบุวิธีการแก้โจทย์ปัญหา 3) ดำเนินการแก้โจทย์ปัญหา โดยเขียนโจทย์ปัญหาให้อยู่ในรูปสัญลักษณ์เพื่อหาคำตอบและตรวจสอบ 4) นักเรียนแต่ละกลุ่มสรุปความรู้ที่ได้รับจากการแก้โจทย์ปัญหา โดยให้ตัวแทนกลุ่มนำเสนอแนวคิดและสรุปบทเรียน ในส่วนของ ชวลิต ด้วงเหมือน (2561) ได้นำเทคนิค KWDL ไปใช้ร่วมกับการใช้แผนภาพในการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เรื่อง โจทย์ปัญหาการบวก ลบ คูณ หารระคน สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งมี 4 ขั้นตอน ดังนี้ 1) ขั้นนำ เป็นการทบทวนความรู้ที่จำเป็นต้องใช้ แจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้ และเร้าความสนใจด้วยสื่อหรือกิจกรรมต่าง ๆ 2) ขั้น

สอนเนื้อหาใหม่ โดยครูนำเสนอโจทย์ปัญหา แล้วให้นักเรียนแก้โจทย์ปัญหา โดยดำเนินการตามขั้นตอนของ KWDL (ขั้น K นักเรียนอ่านโจทย์ หาสิ่งที่โจทย์กำหนดให้ และวาดเป็นรูปภาพ ขั้น W นักเรียนหาสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ และวาดเป็นรูปภาพ ขั้น D เขียนประโยคสัญลักษณ์ แล้วแก้ปัญหาตามขั้นตอนในประโยคสัญลักษณ์ ขั้น L สรุปขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาและนักเรียนสรุปคำตอบ) 3) ขั้นฝึกทักษะ นักเรียนทำแบบฝึกหัดเสริมความรู้และประสบการณ์การเรียนรู้ และ 4) ขั้นสรุป ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปความรู้จากเรื่องที่เรียน นอกจากนี้ นิตยา สินลือนาม และมาเรียม นิลพันธุ์ (2562) ได้นำเทคนิค KWDL มาใช้ในการจัดการเรียนรู้เพื่อเสริมสร้างทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ซึ่งมี 4 ขั้นตอน ดังนี้ 1) ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน ครูทบทวนความรู้เดิมโดยใช้สื่อประสมในการกระตุ้นและเร้าความสนใจของนักเรียน หลังจากนั้นจึงแจ้งจุดประสงค์ในการเรียน 2) ขั้นดำเนินการสอน ครูใช้เทคนิค KWDL ในการสอนแก้โจทย์ปัญหาโดยมี 4 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้น K ครูและนักเรียนร่วมกันหาสิ่งที่โจทย์บอกให้ทราบ ขั้น W ครูและนักเรียนร่วมกันหาสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบและวางแผนแก้ปัญหา มีวิธีแก้ปัญหาอย่างไร วิธีแก้ปัญหาที่เลือกใช้ เพราะอะไร ขั้น D ครูและนักเรียนร่วมกันดำเนินการตามกระบวนการแก้โจทย์ปัญหา ขั้น L ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปปัญหา คำตอบที่ได้ และบอกวิธีคิดในการหาคำตอบ 3) ขั้นฝึกทักษะโดยอิสระ นักเรียนทำแบบฝึกหัดด้วยตนเองอย่างอิสระ และ 4) ขั้นสรุปบทเรียนและวัดประเมินผล ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปขั้นตอนวิธีการการแก้โจทย์ปัญหา ทั้งนี้มีผลงานวิจัยของ ชญาณิศา เป็งจันทร์ (2560) ที่ได้ทำการวิจัย เรื่อง การจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคนิค KWDL เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง โจทย์ปัญหาของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้ 1) ประสิทธิภาพโดยรวมของแผนการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้เทคนิค KWDL เรื่อง โจทย์ปัญหา ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 มีค่าประสิทธิภาพเท่ากับ 77.31/79.25 มีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ 75/75 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 2) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง โจทย์ปัญหา ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 3) ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้การแก้โจทย์ปัญหาโดยใช้เทคนิค KWDL อยู่ในระดับพึงพอใจมาก นอกจากนี้มีผลงานวิจัยของ นฤมล ทิพย์พินิจ (2560) ที่ได้ทำการวิจัย เรื่อง การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การแก้โจทย์ปัญหาการบวก ลบ คูณ หารระคน โดยใช้แบบฝึกทักษะคณิตศาสตร์ เทคนิค KWDL ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนบ้านสามัคคีธรรม จังหวัดนครศรีธรรมราช ผลการวิจัยพบว่า แบบฝึกทักษะคณิตศาสตร์โดยใช้เทคนิค KWDL ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ที่พัฒนาขึ้น มีค่าประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด E1/E2 เท่ากับ 87.33/84.33 และ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการเรียนรู้จากแบบฝึกทักษะคณิตศาสตร์โดยใช้เทคนิค KWDL อยู่ในระดับมาก

สำหรับในงานวิจัยนี้ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้เทคนิค KWDL เป็นการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ ซึ่งมี 4 ขั้นตอน ดังนี้ ขั้นที่ 1 K (What we Know) คือ รู้อะไรบ้างแล้ว หรือโจทย์บอกอะไรบ้าง ขั้นที่ 2 W (What we Want to know) คือ ต้องการรู้สิ่งใดในโจทย์ปัญหา หรือโจทย์ถามอะไร ต้องการรู้อะไร ขั้นที่ 3 D (What we Do) คือ ทำอย่างไรในการหาคำตอบ หรือมีวิธีการอย่างไรในการหาคำตอบ และขั้นที่ 4 L (What we Learned) คือ บอกคำตอบและอธิบายวิธีดำเนินการแก้โจทย์ปัญหา

แนวคิดเกี่ยวกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้เกม

เกม คือ กิจกรรมการเล่นที่มีกฎ กติกา และวัตถุประสงค์ที่ชัดเจน สามารถเล่นคนเดียวหรือเป็นกลุ่มก็ได้ โดยมีลักษณะสำคัญ ได้แก่ 1) สร้างความสนุกสนาน ช่วยละลายพฤติกรรมและลดความตึงเครียดในการเรียน 2) ส่งเสริมการเรียนรู้ช่วยให้นักเรียนเข้าใจ "มโนทัศน์" (Concept) ที่ยากได้ง่ายขึ้น และจดจำบทเรียนได้แม่นยำ 3) ฝึกทักษะชีวิต ฝึกการแก้ปัญหา การคิดวิเคราะห์ และการยอมรับผลแพ้-ชนะ ทั้งนี้มีการจำแนกประเภทของเกม (Types of Games) ตามจุดประสงค์และ

รูปแบบ อาทิ เกมการศึกษา (Deductive/Cognitive Game) เน้นพัฒนาการคิด การหาเหตุผล เช่น เกมจับคู่ หรือการเรียงลำดับ เกมจำลองสถานการณ์ (Simulations) จำลองสถานการณ์จริงให้ผู้เล่นตัดสินใจ เช่น บอร์ดเกม หรือโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เกมในยุคดิจิทัล แบ่งตามรูปแบบการเล่น เช่น เกมออนไลน์ (MMO) เกมปริศนา (Puzzle) เกมแอคชั่น และเกมสวมบทบาท (RPG) และสามารถจำแนกประเภทของเกมตามทักษะ ได้แก่ เกมฝึกทักษะทางร่างกาย ภาษา หรือทักษะการใช้มือและสายตา (Manipulative) ในการนี้เว็บแอปพลิเคชันที่จะใช้สำหรับสร้างเกมการศึกษาออนไลน์มีมากมาย ในงานวิจัยนี้เน้นการใช้เครื่องมือออนไลน์เพื่อให้เข้าถึงได้แบบทันที (Real Time) ประกอบด้วย Wordwall ซึ่งเด่นเรื่องความหลากหลาย (จับคู่ ล้อสุ่ม เปิดกล่อง) ใช้งานง่ายเพียงแชร์ลิงก์ และ Kahoot เน้นการตอบคำถามแบบปรนัย แข่งขันกันด้วยความเร็วและแสดงผลลำดับแบบทันที (ทิศนา แขมมณี, 2560; ประภาศิริ ปราโมทย์, 2561; Cheng et al., 2013; Hurst, 2015)

ผู้วิจัยได้สังเคราะห์ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้เกมออกมาเป็น 4 ขั้นตอน ดังนี้ 1) นำเสนอเกม เป็นการเลือกเกม ชี้แจงวิธีการเล่น และแจ้งกฎกติกา 2) เล่นเกม ดำเนินการเล่นตามกติกาที่กำหนด 3) อภิปราย เป็นการพูดคุยถึงผลการเล่น วิธีการแก้ปัญหา หรือพฤติกรรมที่เกิดขึ้นขณะเล่น และ 4) สรุปและประเมินผล เป็นการสรุปองค์ความรู้ที่ได้รับจากการเล่นเกม สำหรับประโยชน์ของเกมนั้นสามารถจำแนกเป็นด้านดั้งนี้ 1) ด้านวิชาการ เป็นสื่อการสอนที่มีประสิทธิภาพ ช่วยให้คิดอย่างเป็นระบบ และกระตุ้นความอยากรู้อยากเห็น 2) ด้านอารมณ์และสังคม ช่วยสร้างปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียน ฝึกความสามัคคี การเคารพสิทธิผู้อื่น และความมีน้ำใจนักกีฬา 3) ด้านร่างกาย ช่วยพัฒนาประสาทสัมผัสและการตอบสนองของร่างกายให้คล่องแคล่ว (ทิศนา แขมมณี, 2560; ฐปนนท์ สุวรรณกนิษฐ์, 2560; ประภาศิริ ปราโมทย์, 2561; สิริกุล ยมจินดา และศิริวรรณ วณิชวัฒนวรชัย, 2566; Cheng et al., 2013; Hurst, 2015)

สำหรับในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้นำเกม Wordwall และ Kahoot มาใช้ในขั้นที่ 1 ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน ขั้นที่ 2 ขั้นเรียนรู้ และขั้นที่ 3 ขั้นสรุปบทเรียน โดยรูปแบบของเกมที่ใช้จะรูปแบบที่หลากหลายไม่ว่าจะเป็นการจับคู่ ล้อสุ่ม เปิดกล่อง ซึ่งลักษณะของเกมที่เลือกแต่ละเกมจะเป็นเกมที่ไม่ซับซ้อน เพื่อทำให้นักเรียนเกิดความสนใจ สนุกกับการเรียนรู้ และเข้าใจบทเรียนได้ง่าย เกมในงานวิจัยนี้ จึงหมายถึง กิจกรรมเกี่ยวกับการแข่งขันที่ผู้เล่นต้องตกลงและใช้กฎเดียวกัน เพื่อทำให้สามารถดำเนินการไปได้ และระบุได้ว่าผู้เล่นคนใดจะเป็นผู้ชนะหรือแพ้ มักจะเป็นการเล่นเพื่อความสนุกสนาน แต่บางประเภทก็มุ่งเพื่อการแข่งขันมีลักษณะเป็นการละเล่นเพื่อสร้างความสนุกสนาน ในปัจจุบันนี้ การแข่งขันหลายประเภทก็ไม่ได้ตอบสนองความเพลิดเพลิน ในหลายวัฒนธรรมมีการเล่นเกมและการแข่งขันกัน สำหรับเกมที่นำมาสอดแทรกในการจัดการเรียนรู้อยู่ในรูปแบบเกมการศึกษา ทั้งรูปแบบออนไซต์และรูปแบบออนไลน์ ซึ่งสอดคล้องกับสถานการณ์ปัจจุบัน ที่มีการจัดการเรียนรู้รูปแบบออนไลน์เพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ที่ได้มีการนำเกมเข้ามาช่วยในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับเนื้อหาในแต่ละขั้น เกมคณิตคิดสนุก โดยแอพพลิเคชั่น Wordwall มีวิธีการใช้เกม ดังนี้ 1. นำเสนอเกม ชี้แจงวิธีการเล่นเกมและกติกาการเล่น 2. เล่นเกมตามกติกา 3. อภิปรายเกี่ยวกับผลการเล่นเกมและวิธีการหรือพฤติกรรมการเล่น และ 4. สรุปและประเมินผลการเรียนรู้ที่ได้จากการเล่นเกม ผู้วิจัยเลือกใช้เกมจาก Wordwall และ Kahoot มาประยุกต์เข้ากับ เทคนิค KWDL เพื่อแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์เรื่อง การบวก ลบ คูณ หารระคน ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โดยเน้นให้เกมเป็นตัวกระตุ้นความสนใจและช่วยให้ขั้นตอนการวิเคราะห์โจทย์ปัญหาที่ซับซ้อนดูสนุกและเข้าใจง่ายขึ้น ทั้งนี้มีผลงานวิจัยของ สิริกุล ยมจินดา และศิริวรรณ วณิชวัฒนวรชัย (2566) ที่ได้ทำการวิจัย เรื่อง การพัฒนาการจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคนิค KWDL ร่วมกับเกม เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้ 1) ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคนิค KWDL ร่วมกับเกม มีคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ

2) ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคนิค KWDL ร่วมกับเกม มีระดับความพึงพอใจในภาพรวมอยู่ในระดับมาก เมื่อพิจารณารายด้านพบว่าทุกด้านมีระดับความพึงพอใจที่ระดับมาก

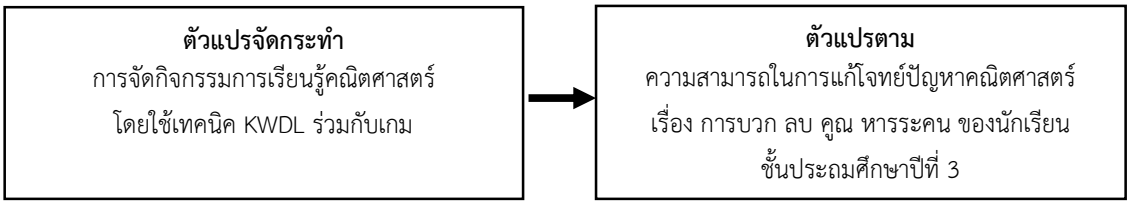
สำหรับในงานวิจัยนี้ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้เทคนิค KWDL ร่วมกับเกม เป็นการบูรณาการการใช้เกมร่วมกับเทคนิค KWDL และนำมาใช้ในขั้นจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยใช้ร่วมในแต่ละขั้นของเทคนิค KWDL ตามความเหมาะสม เพื่อให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้อย่างกระตือรือร้นผ่านกระบวนการคิด วิเคราะห์ วางแผน ลงมือปฏิบัติ และสรุปผลอย่างเป็นขั้นตอน ซึ่งจะมีส่วนสนับสนุนให้ผู้เรียนสามารถทำความเข้าใจโจทย์ปัญหาได้อย่างมีเหตุผล ทำให้เกิดกระบวนการเรียนรู้อย่างสนุกสนานและมีความหมาย

ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย

ตัวแปรจัดกระทำ ได้แก่ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้เทคนิค KWDL ร่วมกับเกม

ตัวแปรตาม ได้แก่ ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ เรื่อง การบวก ลบ คูณ หารระคน ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3

กรอบแนวคิดการวิจัย



ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เรียกว่า กลุ่มเป้าหมายเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนเทศบาล 3 บ้านต่ำบุญศิริ อำเภอเมืองนครนายก จังหวัดนครนายก ที่เรียนสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เรื่อง การบวก ลบ คูณ หารระคน ในภาคการศึกษาที่ 2 ปีการศึกษา 2568 จำนวน 1 ห้องเรียน มีนักเรียน จำนวน 29 คน ซึ่งได้มาจากการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Selecting)

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง และเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้เทคนิค KWDL ร่วมกับเกม เรื่อง การบวก ลบ คูณ หารระคน ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 6 แผน มีจำนวนคาบเรียนที่ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทั้งหมด 6 คาบเรียน คาบเรียนละ 60 นาที ซึ่งผู้วิจัยเป็นผู้สร้างขึ้นเอง โดยศึกษาค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เรื่อง การบวก ลบ คูณ หารระคน และการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้เทคนิค KWDL ร่วมกับเกม แล้วสร้างแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยมีการศึกษามาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด เพื่อกำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ ออกแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้เทคนิค KWDL ร่วมกับเกม เรื่อง การบวก ลบ คูณ หารระคน ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ประกอบด้วย แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง รู้เทคนิคคิดแก้โจทย์การบวก ลบ

คูณ หารระคน แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง จับคู่โจทย์การบวก ลบ คูณ หารระคน แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง บิงซูการบวก ลบ คูณ หารระคน แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง สลากโจทย์ปัญหามหาสนุก แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง ตลาดหรรษา แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 6 เรื่อง ร้านค้าชวนคิด ซึ่งเป็นการบูรณาการการใช้เกมร่วมกับเทคนิค KWDL และนำมาใช้ในขั้นจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยใช้ร่วมในแต่ละขั้นของเทคนิค KWDL ตามความเหมาะสม เพื่อให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้อย่างกระตือรือร้นผ่านกระบวนการคิด วิเคราะห์ วางแผน ลงมือปฏิบัติ และสรุปผลอย่างเป็นขั้นตอน ซึ่งจะมีส่วนสนับสนุนให้ผู้เรียนสามารถทำความเข้าใจโจทย์ปัญหาได้อย่างมีเหตุผล ทำให้เกิดกระบวนการเรียนรู้อย่างสนุกสนานและมีความหมาย สำหรับขั้นจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้เทคนิค KWDL มี 4 ขั้นตอน ดังนี้ ขั้นที่ 1 K (What We Know) คือ รู้อะไรบ้างแล้ว หรือโจทย์บอกอะไรบ้าง ขั้นที่ 2 W (What we Want to Know) คือ ต้องการรู้สิ่งใดในโจทย์ปัญหา หรือโจทย์ถามอะไร ต้องการรู้อะไร ขั้นที่ 3 D (What we Do) คือ ทำอย่างไรในการหาคำตอบ หรือมีวิธีการอย่างไรในการหาคำตอบ และขั้นที่ 4 L (What we Learned) คือ บอกคำตอบและอธิบายวิธีดำเนินการแก้โจทย์ปัญหา จัดทำสื่อการเรียนรู้ และกำหนดวิธีวัดและประเมินผลการเรียนรู้ จากนั้นจึงนำแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้เทคนิค KWDL ร่วมกับเกม เรื่อง การบวก ลบ คูณ หารระคน ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 เสนอต่ออาจารย์นิเทศก์ และครูพี่เลี้ยง เพื่อพิจารณาให้ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับความเหมาะสมของการจัดการเรียนรู้ สื่อการเรียนรู้ การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ของนักเรียน จำนวนคาบเรียนที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ แล้วนำข้อเสนอแนะของอาจารย์นิเทศก์ และครูพี่เลี้ยงมาใช้ในการปรับปรุงแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้มีความเหมาะสม แล้วจึงนำแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้เทคนิค KWDL ร่วมกับเกม เรื่อง การบวก ลบ คูณ หารระคน ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ประเมินความเหมาะสมตามองค์ประกอบของแผน อาทิ จุดประสงค์การเรียนรู้ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ โดยแบบประเมินเป็นชนิดมาตราส่วนประเมินค่า (Rating Scale) จำนวน 5 ระดับ โดยพิจารณาเกณฑ์ความเหมาะสมที่มีคะแนนเฉลี่ยไม่น้อยกว่า 3.50 คะแนน หากมีคะแนนเฉลี่ยไม่เป็นไปตามเกณฑ์จะมีการปรับปรุงแก้ไขก่อนนำไปใช้ ทั้งนี้ ผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ดังกล่าว พบว่า แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ทั้ง 6 แผน ได้รับคะแนนเฉลี่ย อยู่ในช่วง 4.67 - 5.00 คะแนน ซึ่งมีแง่มุมจากการประเมินว่ากิจกรรมการเรียนรู้สามารถดึงดูดความสนใจของนักเรียนได้เป็นอย่างดี ในการนี้ผู้วิจัยได้ปรับปรุงแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ ในด้านการใช้เวลาในแต่ละลำดับขั้นตอนในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้มีความกระชับมากยิ่งขึ้น แล้วจึงนำแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้เทคนิค KWDL ร่วมกับเกม เรื่อง การบวก ลบ คูณ หารระคน ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ไปใช้ในการทดลองกับกลุ่มเป้าหมาย

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ เรื่อง การบวก ลบ คูณ หารระคน จำนวน 1 ฉบับ เป็นแบบปรนัย ชนิดเลือกตอบ 3 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ 20 คะแนน และแบบอัตนัย ชนิดเขียนตอบ จำนวน 1 ข้อ 5 คะแนน รวมคะแนนทั้งหมด 25 คะแนน ใช้เวลาในการทดสอบ 60 นาที ซึ่งผู้วิจัยเป็นผู้สร้างขึ้นเอง ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลก่อนการทดลองและหลังการทดลอง โดยศึกษาหลักการพื้นฐานของการวัดเชิงปริมาณ และแนวทางการสร้างเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลในส่วนของแบบทดสอบที่มีลักษณะเป็นแบบปรนัยและอัตนัย เพื่อวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียน ศึกษาการวัดพฤติกรรมด้านทักษะพิสัยทางคณิตศาสตร์ คุณลักษณะที่ดีของแบบทดสอบ การวิเคราะห์ข้อสอบ แล้ววิเคราะห์มาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด สาระการเรียนรู้แกนกลาง เรื่อง การบวก ลบ คูณ หารระคน ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 และจุดประสงค์การเรียนรู้ สร้างตารางวิเคราะห์ความสอดคล้องระหว่างเนื้อหา จุดประสงค์การเรียนรู้ กับข้อสอบในแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ เรื่อง การบวก ลบ คูณ หารระคน ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 1 ฉบับ เป็นข้อสอบแบบปรนัย ชนิดเลือกตอบ 3 ตัวเลือก จำนวน 30

ข้อ เพื่อนำไปใช้จริง จำนวน 20 ข้อ ซึ่งนักเรียนจะต้องเลือกคำตอบที่ถูกต้องเพียงคำตอบเดียวตามลักษณะของข้อคำถาม โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้ ถ้าตอบถูก ให้ข้อละ 1 คะแนน ถ้าตอบผิด หรือเลือกตอบมากกว่า 1 ตัวเลือก หรือไม่ตอบ ให้ข้อละ 0 คะแนน และเป็นข้อสอบแบบอัตนัย ชนิดเขียนตอบ จำนวน 3 ข้อ เพื่อนำไปใช้จริง จำนวน 1 ข้อ และมีเกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ แบบวิเคราะห์ (Analytic Rubric Scoring) โดยพิจารณาจากการทำความเข้าใจปัญหา 2 คะแนน การวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา 2 คะแนน และการสรุปคำตอบ 1 คะแนน จากนั้นจึงนำแบบทดสอบ เสนอต่ออาจารย์นิเทศก์ และครูพี่เลี้ยง เพื่อพิจารณาให้ข้อเสนอแนะเบื้องต้นก่อนนำแบบทดสอบเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 คน เพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) โดยพิจารณาความสอดคล้องระหว่างเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ จุดประสงค์การเรียนรู้ และเนื้อหาของข้อสอบ โดยใช้ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) เป็นเกณฑ์การตัดสิน โดยมีระดับการให้คะแนนดังต่อไปนี้

แน่ใจว่ามีความสอดคล้องกันระหว่างเนื้อหาทางคณิตศาสตร์และจุดประสงค์การเรียนรู้กับเนื้อหาของข้อสอบ ประเมินให้	1	คะแนน
ไม่แน่ใจว่ามีความสอดคล้องกันระหว่างเนื้อหาทางคณิตศาสตร์และจุดประสงค์การเรียนรู้กับเนื้อหาของข้อสอบ ประเมินให้	0	คะแนน
แน่ใจว่าไม่มีความสอดคล้องกันระหว่างเนื้อหาทางคณิตศาสตร์และจุดประสงค์การเรียนรู้กับเนื้อหาของข้อสอบ ประเมินให้	-1	คะแนน

ดำเนินการคำนวณค่าดัชนีความสอดคล้องและแปลผล โดยคัดเลือกข้อสอบที่มีความครอบคลุมเนื้อหาและสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ไว้เป็นข้อสอบแบบปรนัย ชนิดเลือกตอบ 3 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ และเป็นข้อสอบแบบอัตนัย ชนิดเขียนตอบ จำนวน 1 ข้อ มีค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ 0.67 ขึ้นไป แสดงว่ามีความสอดคล้องกันระหว่างเนื้อหาทางคณิตศาสตร์และจุดประสงค์การเรียนรู้ กับเนื้อหาของข้อสอบ ผู้วิจัยจึงนำข้อสอบมาปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ แล้วจึงนำแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ เรื่อง การบวก ลบ คูณ หารระคน ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ที่มีจำนวนข้อสอบทั้งหมด 21 ข้อ เป็นแบบปรนัย ชนิดเลือกตอบ 3 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ และเป็นแบบอัตนัย ชนิดเขียนตอบ จำนวน 1 ข้อ คะแนนเต็ม 25 คะแนน ใช้เวลาในการทดสอบ 60 นาที มาจัดรูปแบบให้สมบูรณ์เพื่อนำไปใช้เก็บรวบรวมข้อมูลกับนักเรียนที่เป็นกลุ่มเป้าหมายในการวิจัย

การดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลจากนักเรียนกลุ่มเป้าหมายด้วยแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ เรื่อง การบวก ลบ คูณ หารระคน ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ซึ่งเป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลก่อนการทดลอง โดยใช้เวลาในการทดสอบ 60 นาที

2. ผู้วิจัยดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้กับนักเรียนกลุ่มเป้าหมายตามแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โดยใช้เทคนิค KWDL ร่วมกับเกม เรื่อง การบวก ลบ คูณ หารระคน ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 6 แผน มีจำนวนคาบเรียนที่ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทั้งหมด 6 คาบเรียน คาบเรียนละ 60 นาที โดยใช้เวลาตามตารางเรียนปกติ

3. ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลจากนักเรียนกลุ่มเป้าหมายด้วยแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ เรื่อง การบวก ลบ คูณ หารระคน ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ภายหลังจากการจัดกิจกรรมการ

เรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้เทคนิค KWDL ร่วมกับเกม เรื่อง การบวก ลบ คูณ หารระคน ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 เสร็จสิ้นลง ซึ่งเป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลหลังการทดลอง โดยใช้เวลาในการทดสอบ 60 นาที

4. ผู้วิจัยนำผลคะแนนจากการทดสอบก่อนการทดลองและหลังการทดลองมาวิเคราะห์

การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้

การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อประเมินความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ เรื่อง การบวก ลบ คูณ หารระคน ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ของนักเรียน เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลในเชิงปริมาณ โดยนำผลคะแนนที่เก็บรวบรวมได้มาทำการวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ เรื่อง การบวก ลบ คูณ หารระคน ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ก่อนการทดลองและหลังการทดลอง โดยใช้สถิติเชิงพรรณนา และคำนวณหาค่าร้อยละของจำนวนนักเรียนที่เป็นกลุ่มเป้าหมายไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 ของนักเรียนที่เป็นกลุ่มเป้าหมายทั้งหมด ที่มีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์หลังการทดลองไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม ซึ่งเป็นเกณฑ์การบรรลุเป้าหมายของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

ผลการวิจัย

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ เรื่อง การบวก ลบ คูณ หารระคน ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ที่เป็นกลุ่มเป้าหมาย ก่อนการทดลองและหลังการทดลอง โดยนำผลคะแนนที่เก็บรวบรวมได้มาทำการวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ปรากฏผลดังตารางที่ 1 ต่อไปนี้

ตารางที่ 1 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ เรื่อง การบวก ลบ คูณ หารระคน ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ที่เป็นกลุ่มเป้าหมาย ก่อนการทดลองและหลังการทดลอง

ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ เรื่อง การบวก ลบ คูณ หารระคน	จำนวนนักเรียน (คน)	คะแนนเต็ม (คะแนน)	คะแนนเฉลี่ย (คะแนน)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ก่อนการทดลอง	29	25	8.79	2.39
หลังการทดลอง	29	25	17.24	3.66

จากตารางที่ 1 พบว่า นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 มีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ เรื่อง การบวก ลบ คูณ หารระคน ก่อนการทดลอง 8.79 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 2.39 และมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ เรื่อง การบวก ลบ คูณ หารระคน หลังการทดลอง 17.24 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 3.66 ดังนั้น นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 มีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ เรื่อง การบวก ลบ คูณ หารระคน หลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลอง เท่ากับ 8.45 คะแนน

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ เรื่อง การบวก ลบ คูณ หารระคน ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ที่เป็นกลุ่มเป้าหมาย หลังการทดลองเทียบกับเกณฑ์การบรรลุเป้าหมายของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยนำค่าร้อยละของจำนวนนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ที่มีคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ เรื่อง การบวก ลบ คูณ หารระคน หลังการทดลอง ไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม ซึ่งคิดเป็นคะแนนไม่น้อยกว่า 17.5 คะแนน จากคะแนนเต็ม 25 คะแนน ปรากฏผลดังตารางที่ 2 ต่อไปนี้

ตารางที่ 2 คะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ เรื่อง การบวก ลบ คูณ หารระคน ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 หลังการทดลอง เทียบกับเกณฑ์การบรรลุเป้าหมายของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

คะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ เรื่อง การบวก ลบ คูณ หารระคน หลังการทดลอง ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3	จำนวนนักเรียน (ความถี่)	ความถี่สะสม	ความถี่สะสม คิดเป็นร้อยละ
9	1	1	3.4
10	3	4	13.8
11	1	5	17.2
14	1	6	20.7
17	1	7	24.1
18	9	16	55.1
19	7	23	79.3
20	3	26	89.7
21	2	28	96.6
22	1	29	100
รวม	29		

หมายเหตุ: ส่วนที่ระบายสีแสดงจำนวนนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ที่มีคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ เรื่อง การบวก ลบ คูณ หารระคน หลังการทดลอง ไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม

จากตารางที่ 2 พบว่า จำนวนนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ที่มีคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ เรื่อง การบวก ลบ คูณ หารระคน หลังการทดลอง ไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม มีจำนวน 22 คน (คำนวณได้จากจำนวนนักเรียนทั้งหมด 29 คน ลบด้วยจำนวนนักเรียนที่ไม่ผ่านเกณฑ์ 7 คน) ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 75.9 ของจำนวนนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ซึ่งเป็นกลุ่มเป้าหมาย (คำนวณได้จาก ช่วงความถี่สะสม 100 ลบด้วยช่วงความถี่สะสม 24.1 ในแถวแนวตั้งความถี่สะสมคิดเป็นร้อยละ) จึงมีจำนวนนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ที่มีคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ เรื่อง การบวก ลบ คูณ หารระคน หลังการทดลอง ไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม มีจำนวนร้อยละ 75.9 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ซึ่งบรรลุเป้าหมายของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ได้กำหนดไว้

การอภิปรายผล

ในการดำเนินงานวิจัย เรื่อง ผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้เทคนิค KWDL ร่วมกับเกม ที่มีต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ เรื่อง การบวก ลบ คูณ หารระคน ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 สามารถอภิปรายผลการวิจัยได้ดังนี้

จากผลการวิจัยที่พบว่า นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ที่เรียนโดยใช้เทคนิค KWDL ร่วมกับเกม มีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ เรื่อง การบวก ลบ คูณ หารระคน หลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลอง โดยก่อนการทดลองมีคะแนนเฉลี่ย 8.79 คะแนน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 2.39 หลังการทดลองมีคะแนนเฉลี่ย 17.24 คะแนน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 3.66 โดยมีคะแนนหลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลองเท่ากับ 8.45 คะแนน และ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ที่เรียนโดยใช้เทคนิค KWDL ร่วมกับเกม มีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ เรื่อง การบวก ลบ คูณ หารระคน หลังการทดลองสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม มีจำนวนร้อยละ 75.9 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ซึ่งบรรลุเป้าหมายของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ได้กำหนดไว้ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่าในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้เลือกใช้รูปแบบของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้เทคนิค KWDL ร่วมกับเกม ซึ่งเป็นการบูรณาการการใช้เกมร่วมกับเทคนิค KWDL และนำมาใช้ในขั้นจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยใช้ร่วมในแต่ละขั้นของเทคนิค KWDL ตามความเหมาะสม เพื่อให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้อย่างกระตือรือร้นผ่านกระบวนการคิด วิเคราะห์ วางแผน ลงมือปฏิบัติ และสรุปผลอย่างเป็นขั้นตอน ซึ่งจะมีส่วนสนับสนุนให้ผู้เรียนสามารถทำความเข้าใจโจทย์ปัญหาได้อย่างมีเหตุผล ทำให้เกิดกระบวนการเรียนรู้อย่างสนุกสนานและมีความหมาย เพื่อพัฒนานักเรียนให้มีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์เรื่อง การบวก ลบ คูณ หารระคน ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ซึ่งสอดคล้องกับ Shaw et al (1997) ที่ได้กล่าวถึงการนำเทคนิค KWDL มาใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โดยมี 4 ขั้นตอนดังนี้ 1) แบ่งกลุ่มนักเรียนช่วยกันหาสิ่งที่โจทย์กำหนดให้ สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบโดยใช้บัตรกิจกรรม 2) นักเรียนอภิปรายถึงสิ่งที่ต้องการรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับโจทย์ และหาสิ่งที่ต้องการทราบรวมถึงการระบุวิธีการแก้โจทย์ปัญหา 3) ดำเนินการแก้โจทย์ปัญหา โดยเขียนโจทย์ปัญหาให้อยู่ในรูปสัญลักษณ์เพื่อหาคำตอบและตรวจสอบ 4) นักเรียนแต่ละกลุ่มสรุปความรู้ที่ได้รับจากการแก้โจทย์ปัญหา โดยให้ตัวแทนกลุ่มนำเสนอแนวคิดและสรุปบทเรียน โดยแต่ละขั้นตอนนั้นได้ส่งเสริมให้นักเรียนได้สะท้อนคิดถึงกระบวนการคิดในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ของตนเอง และเกมที่ผู้วิจัยนำมาใช้ในขั้นที่ 1 ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน ขั้นที่ 2 ขั้นเรียนรู้ และขั้นที่ 3 ขั้นสรุปบทเรียน มีรูปแบบที่หลากหลาย ไม่ซับซ้อน ทำให้นักเรียนเกิดความสนใจ ช่วยให้ขั้นตอนการวิเคราะห์โจทย์ปัญหาที่ซับซ้อนดูสนุกและเข้าใจง่ายขึ้น นอกจากนี้ ผลของการวิจัยนี้ยังมีความสอดคล้องกับผลการวิจัยของ นฤมล ทิพย์พินิจ (2560) ที่ได้ทำการวิจัย เรื่อง การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การแก้โจทย์ปัญหาการบวก ลบ คูณ หารระคน โดยใช้แบบฝึกทักษะคณิตศาสตร์เทคนิค KWDL ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนบ้านสามัคคีธรรม จังหวัดนครศรีธรรมราช ซึ่งผลการวิจัยสรุปได้ว่าแบบฝึกทักษะคณิตศาสตร์โดยใช้เทคนิค KWDLของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ที่สร้างขึ้น มีค่าประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด E1/E2 เท่ากับ 87.33/84.33 และ มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการเรียนรู้แบบฝึกทักษะคณิตศาสตร์โดยใช้เทคนิค KWDL อยู่ในระดับมาก อีกทั้งยังสอดคล้องกับผลการวิจัยของ ชนัญทิตา กันทะวงศ์ (2565) ได้ทำการวิจัย เรื่อง การพัฒนาจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ด้วยเทคนิค KWDL เรื่อง โจทย์ปัญหาการบวกลบ คูณ หารระคน เพื่อเสริมสร้างผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และทักษะการแก้ปัญหา สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 ผลการวิจัยพบว่า 1) แผนการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL มีความเหมาะสมในระดับมาก 2) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนมีคะแนนเฉลี่ยสูงกว่าก่อนเรียน โดยก่อนเรียนมีคะแนนเฉลี่ย 9.56

คะแนน และหลังเรียนมีคะแนนเฉลี่ย 17.2 คะแนน และ 3) ผลการเปรียบเทียบทักษะการแก้ปัญหา หลังเรียนมีคะแนนเฉลี่ยสูงกว่าก่อนเรียน โดยก่อนเรียนมีคะแนนเฉลี่ย 4.72 คะแนน หลังเรียนมีคะแนนเฉลี่ย 8.64 คะแนน ตามลำดับ

บทสรุป

สรุปผลการวิจัย

1. นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ที่เรียนโดยใช้เทคนิค KWDL ร่วมกับเกม มีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ เรื่อง การบวก ลบ คูณ หารระคน หลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลอง โดยก่อนการทดลองมีคะแนนเฉลี่ย 8.79 คะแนน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 2.39 หลังการทดลองมีคะแนนเฉลี่ย 17.24 คะแนน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 3.66 โดยมีคะแนนหลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลอง เท่ากับ 8.45 คะแนน

2. นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ที่เรียนโดยใช้เทคนิค KWDL ร่วมกับเกม มีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ เรื่อง การบวก ลบ คูณ หารระคน หลังการทดลองสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม มีจำนวนร้อยละ 75.9 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ซึ่งบรรลุเป้าหมายของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ได้กำหนดไว้

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้พัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ เรื่อง การบวก ลบ คูณ หารระคน ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้เทคนิค KWDL ร่วมกับเกม

2. เป็นแนวทางสำหรับครูผู้สอนในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ โดยใช้เทคนิค KWDL ร่วมกับเกม

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้เทคนิค KWDLร่วมกับเกม ในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ เรื่อง การบวก ลบ คูณ หารระคน ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ผู้สอนจะต้องให้เวลากับกระบวนการที่ส่งเสริมนักเรียนให้สามารถสะท้อนคิดถึงกระบวนการคิดในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ของตนเองได้ และพิจารณาถึงข้อจำกัดของเกมที่เลือกใช้ในบริบทที่หลากหลายของชั้นเรียน

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรมีการศึกษาวิจัยต่อไปเกี่ยวกับผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้เทคนิค KWDL ร่วมกับเกมในมิติอื่นเพิ่มเติม เช่น ความคงทนในการเรียนรู้ หรือเจตคติของนักเรียนต่อการแก้ปัญหา เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ครอบคลุมมากยิ่งขึ้น

2. ควรมีการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้เทคนิค KWDL ร่วมกับเกม เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ ในเนื้อหาคณิตศาสตร์อื่นที่มีความซับซ้อน หรือเป็นเนื้อหาที่มีความยากสำหรับนักเรียนในการเรียนรู้

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อรรถศาสน์ นิมิตรพันธ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ธนพรรษ พฤกษะวัน อาจารย์นิเทศก์ และครูจิราภา ศรีสุระ ครูพี่เลี้ยง ที่ได้ให้คำปรึกษาและข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ต่อการวิจัย และขอบคุณนักเรียน และโรงเรียนเทศบาล 3 บ้านต่ำบุญศิริ ที่อำนวยความสะดวกในฐานะของแหล่งฝึกประสบการณ์วิชาชีพ และแหล่งข้อมูลในการทดลอง และเก็บรวบรวมข้อมูลของผู้วิจัย

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560). โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย: กรุงเทพฯ.

กิตติพงศ์ ม่วงแก้ว. (2562). การพัฒนาเกมเพื่อการศึกษา รายวิชาคอมพิวเตอร์ เรื่อง โครงงานคอมพิวเตอร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนยางตลาดวิทยาคาร. วารสารเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. 2(4): 108-119.

ชนัญทิตา กันทะวงศ์, (2565). การพัฒนาจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ด้วยเทคนิค KWDL เรื่อง โจทย์ปัญหาการบวกลบ คูณ หารระคน เพื่อเสริมสร้างผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และทักษะการแก้ปัญหา สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2. (วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยพะเยา.

ชญาณิศา เป็งจันทร์, (2560). การจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคนิค KWDL เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง โจทย์ปัญหา ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. (วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย.

ชวลิต ด้วงเหมือน. (2561). ผลการจัดการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง โจทย์ปัญหาการบวก ลบ คูณ หารระคน ด้วยเทคนิค KWDL ร่วมกับการใช้แผนภาพ ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4. (วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยบูรพา.

ฐปนนท์ สุวรรณกนิษฐ์. (2560). การออกแบบเกมการ์ด เพื่อสร้างความเข้าใจในการเรียนหลักสูตร ออกแบบสื่อสาร. รายงานสืบเนื่องการประชุมวิชาการระดับชาติ นเรศวรวิจัย ครั้งที่ 13: วิจัยและนวัตกรรม กับการพัฒนาประเทศ, ณ อาคารเอกาทศรถ มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก วันที่ 21-22 กรกฎาคม 2560: 1700-1715.

ทิศนา แขมมณี. (2560). ศาสตร์การสอน: องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ (พิมพ์ครั้งที่ 9). สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย: กรุงเทพฯ.

ธาริณี ชื่นบาน. (2562). การพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ 4Ex2 ร่วมกับเทคนิคเกมสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. วารสารศิลปากรศึกษาศาสตร์วิจัย. 12(1): 147-160.

นฤมล ทิพย์พินิจ, (2560). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การแก้โจทย์ปัญหาการบวก ลบ คูณ หารระคน โดยใช้แบบฝึกทักษะคณิตศาสตร์ เทคนิค KWDL ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนบ้านสามัคคีธรรม จ. นครศรีธรรมราช. (วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี.

นิตยา สินลือนาม และมาเรียม นิลพันธุ์. (2562). การพัฒนาการจัดการเรียนรู้แบบผสมผสานด้วยเทคนิค KWDL เพื่อเสริมสร้างทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1. วารสารศิลปากรศึกษาศาสตร์วิจัย. 11(1): 256-269.

ประภาศิริ ปราโมทย์. (2561). การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบร่วมมือควบคู่กับเกมเพื่อส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและคุณลักษณะที่พึงประสงค์ทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่.

พิชญ์สินี คงสุคนธ์, (2562). ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคนิค KWDL ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่องความสัมพันธ์ของรากและสัมประสิทธิ์ของพหุนาม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนวิทยาศาสตร์จุฬาภรณราชวิทยาลัย เพชรบุรี. (วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยบูรพา.

วัชรา เล่าเรียนดี และคณะ. (2560). กลยุทธ์การจัดการเรียนรู้เชิงรุก เพื่อพัฒนาการคิดและยกระดับคุณภาพการศึกษาสำหรับศตวรรษที่ 21. เพชรเกษมพริ้นติ้ง กรุ๊ป: นครปฐม.

วีระชัย สีทาน้อย ชนิศวรา เลิศอมรพงษ์ และสิริพร ทิพย์คง. (2561). ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง เงิน โดยใช้เกมเพื่อการเรียนรู้. วารสารศึกษาศาสตร์ มสธ. 11(1): 104-115.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2560). คู่มือการใช้หลักสูตร กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560). โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย: กรุงเทพฯ.

สิริกุล ยมจินดา และศิริวรรณ วณิชวัฒนวรชัย. (2566). การพัฒนาการจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคนิค KWDL ร่วมกับเกมเพื่อเสริมสร้างความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1. วารสารศิลปากรศึกษาศาสตร์วิจัย. 15(1): 217-230.

Cheng Y., et al. (2013). "Investigating elementary school students' technology acceptance by applying digital game-based learning to environmental education". Australasian Journal of Educational Technology. 29(1): 96-110.

Hurst J. (2015). 12 Types Of Computer Games Every Gamer Should Know About. (Online). Retrieved from https://thoughtcatalog.com/jane-hurst/12-types-of-computer-games-everygamer-should-know-about/

Laowreandee W. (2017). Active learning Instructional Strategies for Thinking Development and Educational Improvement of the 21st Century. Phetkasem Printing Group: Nakorn Pathom.

Ogle D. M. (1986). K-W-L: A Teaching Model that Develop Active Reading of Expository Text. The Reading Teacher. 39: 564-570.

Piaget J. (1972). The origins of intelligence in children. International Universities Press: The United States of America.

Shaw J. M., et al. (1997). Cooperative Problem Solving: Using K-W-D-L Organization Technique. Teacher Children Mathematics: Msy.

ผลการใช้กิจกรรมกลุ่มสัมพันธ์ร่วมกับการปฏิบัติจริงที่มีต่อพฤติกรรมทางสังคมของเด็กปฐมวัย
The Effects of Using Group Relationship Activities Combined with Practical Implementation on the Social Behavior of Early Childhood Children

เบญญทิพย์ เหมพันธ์[1*] กัลย์สุดา ตริตรอง[1] ญาณิศา ศิริเทศ[1] อชิตา ปิยะไพร[1] และอัญชิษฐา ปิยะจิตติ[1]
Benyathip Hemphan[1*], Kansuda Tritrong [1], Yanisa Sirithet [1], Achita Piyaprai [1] and Aunchittha Piyajitti[1]

[1]คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต จังหวัดนครนายก*
[1] Faculty of Education, Suan Dusit University Nakhon Nayok*
[*]Corresponding Author E-mail Address : banyathip16213@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อศึกษาพฤติกรรมทางสังคมของเด็กปฐมวัย 2) เพื่อเปรียบเทียบพฤติกรรมทางสังคมของเด็กปฐมวัยก่อนและหลังการใช้กิจกรรมกลุ่มสัมพันธ์ร่วมกับการปฏิบัติจริง กลุ่มตัวอย่างเป็นเด็กนักเรียน ชาย-หญิง อายุ 5-6 ปี ที่กำลังศึกษาอยู่ในชั้น อนุบาล 3 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2569 จำนวน 11 คน เลือกแบบเจาะจง เครื่องมือที่ใช้ประกอบด้วย 1) แผนการจัดประสบการณ์การใช้กิจกรรมกลุ่มสัมพันธ์ร่วมกับการปฏิบัติจริง 2) แบบประเมินพฤติกรรมทางสังคมของเด็กปฐมวัย สถิติที่ใช้ในงานวิจัย ได้แก่ 1) ค่าเฉลี่ยของคะแนน 2) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ด้วยสถิติค่าดัชนีประสิทธิผล ผลการวิจัยพบว่า ก่อนการใช้กิจกรรมกลุ่มสัมพันธ์ร่วมกับการปฏิบัติจริงโดยภาพรวมอยู่ในระดับ ปานกลาง (μ = 2.18, SD = 0.53) ขณะที่หลังการใช้กิจกรรมกลุ่มสัมพันธ์ร่วมกับการปฏิบัติจริง โดยภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด (μ = 2.42, SD = 0.63) แสดงให้เห็นว่าการใช้กิจกรรมกลุ่มสัมพันธ์ร่วมกับการปฏิบัติจริง เพิ่มสูงขึ้นอย่างชัดเจน เมื่อพิจารณาคะแนนค่าดัชนีประสิทธิผล (Effectiveness Index: E.I.) พบว่ามีค่าเท่ากับ 0.322 แสดงให้เห็นว่าผู้เรียนมีพัฒนาการด้านคะแนนหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพิ่มขึ้นจากก่อนเรียน คิดเป็น ร้อยละ 32.20 ของคะแนนที่สามารถพัฒนาได้ทั้งหมด

คำสำคัญ: กิจกรรมกลุ่มสัมพันธ์, การปฏิบัติจริง,เด็กปฐมวัย

Abstract

This research aimed to: (1) study the social behavior of early childhood students, and (2) compare their social behavior before and after participating in group relationship activities integrated with practical activities. The sample group consisted of 11 kindergarten level 3 students (aged 5–6 years), both male and female, studying in the second semester of the 2026 academic year. The sample was selected using purposive sampling.

The research instruments included: (1) lesson plans for organizing group relationship activities integrated with practical activities, and (2) a social behavior assessment form for early childhood students. The statistics used for data analysis were mean, standard deviation, and the Effectiveness Index (E.I.).

The results revealed that before the implementation of the activities, the overall social behavior of the students was at a moderate level (μ = 2.18, SD = 0.53). After the implementation, the overall social behavior was at the highest level (μ = 2.42, SD = 0.63). This indicates that group relationship activities integrated with practical activities significantly improved students' social behavior. Furthermore, the Effectiveness Index (E.I.) was found to be 0.322, showing that students' post-learning scores increased by 32.20 percent of the total possible improvement.

Keywords: group activities, practical activities, early childhood children

บทนำ

เด็กปฐมวัยเป็นช่วงวัยที่มีพัฒนาการด้านอารมณ์เติบโตอย่างรวดเร็วและไวต่อการเรียนรู้จากสภาพแวดล้อมรอบตัว เด็กในวัย 3–6 ปีเริ่มแสดงอารมณ์ที่หลากหลายมากขึ้น ทั้งอารมณ์ทางบวก เช่น ความสุข ความภูมิใจ ความพึงพอใจ และอารมณ์ทางลบ เช่น ความโกรธ ความกลัว ความเศร้า และความไม่พอใจ รวมถึงเริ่มเรียนรู้วิธีการแสดงออกและจัดการอารมณ์ของตนเอง เนื่องจากเด็กยังอยู่ในช่วงพัฒนาการ จึงยังขาดความสามารถในการควบคุมอารมณ์อย่างเหมาะสม และมักตอบสนองต่อสิ่งเร้าโดยใช้อารมณ์มากกว่าการใช้เหตุผล ตามแนวคิดของ Erikson เด็กปฐมวัยอยู่ในช่วงที่ต้องได้รับการส่งเสริมด้านความเชื่อมั่นในตนเอง การควบคุมพฤติกรรม และการแสดงออกทางอารมณ์อย่างเหมาะสม ขณะที่ Vygotsky เน้นว่าพฤติกรรมทางอารมณ์เกิดจากการมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคม เด็กจึงต้องเรียนรู้ผ่านการมีปฏิสัมพันธ์กับผู้อื่นและสิ่งแวดล้อมอย่างมีความหมาย อีกทั้ง Goleman ชี้ว่าความฉลาดทางอารมณ์ (Emotional Intelligence: EQ) เป็นทักษะสำคัญที่ส่งผลต่อความสำเร็จในการดำรงชีวิตและการอยู่ร่วมกับผู้อื่นในสังคม แม้ว่าพฤติกรรมทางอารมณ์จะเป็นพื้นฐานสำคัญของการพัฒนาเด็ก แต่ในปัจจุบันพบว่าเด็กปฐมวัยจำนวนไม่น้อยยังประสบปัญหาด้านอารมณ์ เช่น การควบคุมอารมณ์ไม่ได้ ขาดความอดทน ไม่รับฟังผู้อื่น หรือแสดงพฤติกรรมก้าวร้าวเมื่อเกิดความขัดแย้ง ซึ่งส่งผลต่อบรรยากาศการเรียนรู้ ความสัมพันธ์ระหว่างเพื่อน และการเข้าสังคมของเด็ก นอกจากนี้ ปัจจัยจากสังคมยุคใหม่ เช่น การเลี้ยงดูที่เร่งรีบ การใช้เทคโนโลยีมากเกินไป และโครงสร้างครอบครัวที่เปลี่ยนแปลง ล้วนส่งผลต่อพัฒนาการทางอารมณ์ของเด็ก(จุฑามาส วรโชติกาจร, 2556)

หลักสูตรการศึกษาปฐมวัย (ธีระเกียรติ เจริญเศรษฐศิลป์, 2560) ได้กำหนดให้ "ด้านอารมณ์-จิตใจ" เป็นหนึ่งในพัฒนาการสำคัญ โดยเน้นการพัฒนาทักษะการควบคุมอารมณ์ การแสดงออกอย่างเหมาะสม การเห็นอกเห็นใจผู้อื่น และการอยู่ร่วมกับผู้อื่นอย่างมีความสุข ตามมาตรฐานที่ 8 ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าพฤติกรรมทางอารมณ์เป็นสิ่งที่ต้องได้รับการพัฒนาอย่างเป็นระบบและต่อเนื่อง อย่างไรก็ตาม การพัฒนาพฤติกรรมทางอารมณ์ไม่สามารถเกิดขึ้นได้เองตามธรรมชาติ แต่จำเป็นต้องอาศัยกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่เหมาะสม โดยเฉพาะ "การปฏิบัติจริง" (Practical application) ซึ่งเป็นกระบวนการที่ผู้เรียนได้เรียนรู้ผ่านประสบการณ์ตรง การลงมือปฏิบัติ การสะท้อนคิด และการนำไปประยุกต์ใช้แนวทางดังกล่าวช่วยให้เด็กเกิดการเรียนรู้ที่มีความหมาย สามารถเชื่อมโยงประสบการณ์กับชีวิตจริง และพัฒนาทักษะทางอารมณ์และสังคมได้อย่างลึกซึ้ง การเรียนรู้ที่แท้จริงเกิดจาก "การลงมือทำ" (learning by doing) ซึ่งช่วยให้เด็กเข้าใจตนเองและผู้อื่นผ่านประสบการณ์ที่เป็นรูปธรรม เมื่อพิจารณา

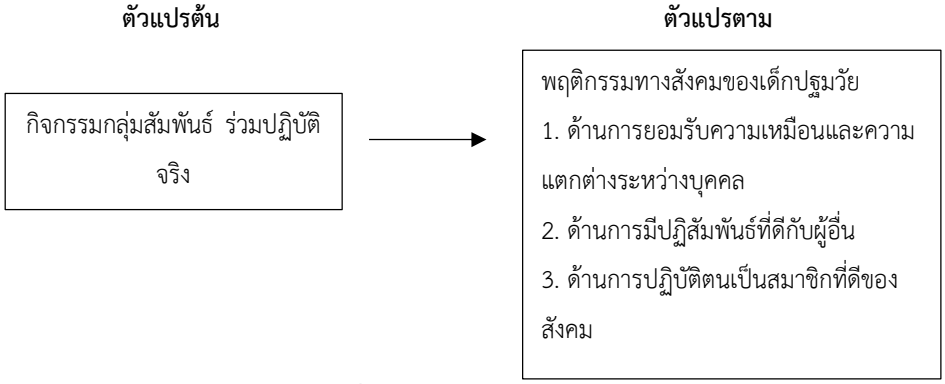
ร่วมกับ "กิจกรรมกลุ่มสัมพันธ์" ซึ่งเป็นกิจกรรมที่เน้นการมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างบุคคล การทำงานร่วมกัน การสื่อสาร และการยอมรับความแตกต่างของผู้อื่น จะพบว่าการบูรณาการกิจกรรมกลุ่มสัมพันธ์เข้ากับการปฏิบัติจริงสามารถส่งเสริมพฤติกรรมทางอารมณ์ของเด็กได้อย่างมีประสิทธิภาพ เด็กจะได้ฝึกการควบคุมอารมณ์ การรอคอย การแก้ไขปัญหา การแสดงออกอย่างเหมาะสม และการสร้างความสัมพันธ์ที่ดีกับผู้อื่นผ่านสถานการณ์จริงกิจกรรม เช่น เกมกลุ่ม นิทาน การเล่นบทบาทสมมติ กิจกรรมศิลปะ และกิจกรรมกลางแจ้ง ล้วนเป็นรูปแบบของการเรียนรู้จากการปฏิบัติจริงที่เปิดโอกาสให้เด็กได้เรียนรู้ร่วมกับผู้อื่น ฝึกการสื่อสาร การเข้าใจอารมณ์ของตนเองและผู้อื่น รวมถึงการปรับตัวในสังคม ซึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญของความฉลาดทางอารมณ์

ดังนั้น การศึกษาการพัฒนาพฤติกรรมทางสังคมของเด็กปฐมวัยโดยใช้กิจกรรมกลุ่มสัมพันธ์ร่วมกับการปฏิบัติจริง จึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง เนื่องจากจะช่วยให้เข้าใจแนวทางการส่งเสริมพัฒนาการทางสังคมที่เหมาะสม สอดคล้องกับบริบทของผู้เรียน และสามารถพัฒนาเด็กให้มีความฉลาดทางสังคม อยู่ร่วมกับผู้อื่นได้อย่างมีความสุข และเติบโตเป็นบุคคลที่มีคุณภาพในสังคมต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาผลการใช้กิจกรรมกลุ่มสัมพันธ์ร่วมกับการปฏิบัติจริงที่มีต่อพฤติกรรมทางสังคมของเด็กปฐมวัย
2. เพื่อเปรียบเทียบผลการใช้กิจกรรมกลุ่มสัมพันธ์ร่วมกับการปฏิบัติจริงที่มีต่อพฤติกรรมทางสังคมของเด็กปฐมวัย

กรอบแนวคิดในการวิจัย



รูปที่ 1 กรอบแนวคิด

วิธีดำเนินการวิจัย

1.กลุ่มเป้าหมาย

กลุ่มเป้าหมาย หมายถึง เด็กปฐมวัยชาย-หญิง ระหว่าง 4-5ปี ที่กำลังศึกษาอยู่ชั้นอนุบาลปีที่ 2 ภาคเรียนที่2 ปีการศึกษา 2568 จำนวน 11 คน โรงเรียนวันครู ได้มาโดยการเลือกแบบเจาะจง

2.เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยและการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

2.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย

1. แผนการจัดประสบการณ์การใช้กิจกรรมกลุ่มสัมพันธ์ร่วมกับการปฏิบัติจริง
2. แบบประเมินพฤติกรรมทางสังคมของเด็กปฐมวัย

2.2 การสร้างและหาคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การสร้างแผนการจัดประสบการณ์การใช้กิจกรรมกลุ่มสัมพันธ์เพื่อส่งเสริมทักษะทางสังคมของเด็กปฐมวัย

1. ศึกษาหลักสูตรการศึกษาปฐมวัย พุทธศักราช 2560 เอกสาร ตำรา และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดกิจกรรมกลุ่มสัมพันธ์ และการพัฒนาทักษะทางสังคมของเด็กปฐมวัย

2. กำหนดประเด็นปัญหาและกำหนดกรอบแนวคิด

2.1 วิเคราะห์มาตรฐาน ตัวชี้วัด และสาระการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับพัฒนาการด้านสังคมและอารมณ์

2.2 กำหนดวัตถุประสงค์การเรียนรู้ เนื้อหา และกิจกรรมให้สอดคล้องกับพัฒนาการของเด็กปฐมวัย

2.3 ออกแบบแผนการจัดประสบการณ์ โดยเน้นกิจกรรมกลุ่มสัมพันธ์ร่วมกับการปฏิบัติจริง

2.4 นำแผนการจัดประสบการณ์ที่สร้างขึ้นเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน เพื่อตรวจสอบความเหมาะสม ความสอดคล้อง และความถูกต้องของเนื้อหา จากนั้นให้ผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่านตรวจสอบ ผลการประเมินของแผน 2.65 มีค่าความเหมาะสมระดับดีจากนั้นปรับปรุงแผนการจัดประสบการณ์กิจกรรมกลุ่มสัมพันธ์ ที่ผู้เชี่ยวชาญได้ให้ข้อเสนอแนะนำแผนจัดประสบการณ์กิจกรรมกลุ่มสัมพันธ์ ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วนำไปทดลองกับกลุ่มเป้าหมาย

3. แบบประเมินพฤติกรรมทางสังคมของเด็กปฐมวัย

3.1 ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี และเอกสารที่เกี่ยวข้องกับพฤติกรรมทางสังคมและพฤติกรรมการแสดงออกของเด็กปฐมวัย

3.2 กำหนดกรอบแนวคิดในการประเมิน โดยครอบคลุมพฤติกรรม โดยผู้วิจัยศึกษาวิธีการสร้างแบบประเมินความรู้เกี่ยวกับทักษะทางสังคม และเทคนิคการสร้างคำถามซึ่งแบบประเมินพฤติกรรมทางสังคมของเด็กปฐมวัย ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นประกอบทักษะทางสังคม 3 ด้านดังนี้ 1) ด้านการยอมรับความเหมือนและความแตกต่างระหว่างบุคคล 2) ด้านการมีปฏิสัมพันธ์ที่ดีกับผู้อื่น 3) ด้านการปฏิบัติตนเป็นสมาชิกที่ดีของสังคม

3.3 สร้างแบบประเมินในลักษณะมาตรประมาณค่า (Rating Scale) โดยกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนให้ชัดเจน

3.4 นำแบบประเมินเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน เพื่อตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) โดยพิจารณาความสอดคล้องของข้อคำถามกับวัตถุประสงค์ ผลแบบประเมินพฤติกรรมทางสังคมของเด็กปฐมวัยอยู่ระหว่าง 0.67-1.00 สามารถใช้ได้ทุกข้อ

3.5 ปรับปรุงแบบประเมินตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

3.6 ปรับปรุงแก้ไขแบบประเมินให้สมบูรณ์ก่อนนำไปใช้เก็บรวบรวมข้อมูลจริง

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลตามลำดับขั้นตอน ดังนี้

1.ศึกษาแผนการจัดประสบการณ์และเตรียมความพร้อมของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แผนการจัดประสบการณ์การใช้กิจกรรมกลุ่มสัมพันธ์ร่วมกับการปฏิบัติจริง และ แบบประเมินพฤติกรรมทางสังคมของเด็กปฐมวัย

2.ดำเนินการประเมินพฤติกรรมทางสังคมของเด็กก่อนการจัดกิจกรรม (Pre-test) โดยใช้แบบประเมินพฤติกรรมทางสังคมสำหรับเด็กปฐมวัย

3.ดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดประสบการณ์ โดยเป็นกิจกรรมกลุ่มสัมพันธ์ร่วมกับการปฏิบัติจริงในรูปแบบกิจกรรมกลางแจ้งจัดกิจกรรมจำนวน 8 ครั้ง โดยแต่ละกิจกรรมมุ่งเน้นการมีส่วนร่วมของเด็กการทำงานร่วมกัน และการฝึกทักษะทางสังคมในสถานการณ์จริง

4.เมื่อสิ้นสุดการจัดกิจกรรมครบตามระยะเวลาที่กำหนด ผู้วิจัยดำเนินการประเมินพฤติกรรมทางสังคมของเด็กหลังการ

จัดกิจกรรม (Post-test) โดยใช้แบบประเมินฉบับเดิม

5.นำข้อมูลที่ได้จากการประเมินก่อนและหลังการจัดกิจกรรมไปวิเคราะห์ เพื่อเปรียบเทียบและสรุปผลการวิจัยต่อไป

การวิเคราะห์ข้อมูล

1.การหาค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนจากแบบประเมินพฤติกรรมทางสังคมสำหรับเด็กปฐมวัยก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มทดลอง ซึ่งได้แก่

1.1 คะแนนค่าเฉลี่ย (Arithmetic Mean)

1.2 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)

2. การวิเคราะห์ค่าดัชนีประสิทธิผล (Effectiveness Index: E.I.)

ผลการวิจัย

การศึกษาการใช้ผลกิจกรรมกลุ่มสัมพันธ์ร่วมกับการปฏิบัติจริงที่มีต่อพฤติกรรมทางสังคมของเด็กปฐมวัย ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล ตามขั้นตอนการวิจัย โดยเก็บรวบรวมข้อมูลก่อนและหลังการบูรณาการเรียนรู้จากการปฏิบัติจริงและ จากนั้น นำข้อมูลมาวิเคราะห์ และขอนำเสนอผลการวิเคราะห์ ดังนี้

ตารางที่ 1 จำนวนและร้อยละข้อมูลทั่วไปของนักเรียน

ข้อมูลทั่วไปของนักเรียน	จำนวน	ร้อยละ
1.เพศ		
ชาย	6	54.55
หญิง	5	45.45
2.อายุ		
4-6 ปี	11	100.00
รวม	11	100.00

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของนักเรียน พบว่า กลุ่มตัวอย่างเป็นเพศชายจำนวน 6 คน คิดเป็นร้อยละ 54.55 และเพศหญิงจำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 45.45 โดยกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดมีอายุระหว่าง 4–6 ปี จำนวน 11 คน คิดเป็นร้อยละ 100.00

ตารางที่ 2 ผลการศึกษาพฤติกรรมทางสังคมของเด็กปฐมวัยก่อนและหลังการจัดกิจกรรมกลุ่มสัมพันธ์ร่วมกับการปฏิบัติจริง

พฤติกรรมทางสังคมของเด็กปฐมวัย	ก่อนการผลการใช้กิจกรรมกลุ่มสัมพันธ์ ร่วมกับการปฏิบัติจริง			หลังการผลการใช้กิจกรรมกลุ่มสัมพันธ์ ร่วมกับการปฏิบัติจริง		
	μ	SD.	ระดับการปฏิบัติ	μ	SD.	ระดับการปฏิบัติ
ยอมรับความเหมือนและความแตกต่างระหว่างบุคคล						
1. เด็กสามารถเล่นและทำกิจกรรมร่วมกับเพื่อนที่มีความแตกต่างได้อย่างมี ความสุข	2.50	0.47	มากที่สุด	2.73	0.52	มากที่สุด
2. เด็กสามารถยอมรับความคิดเห็นที่แตกต่างจากเพื่อนได้	2.18	0.40	ปานกลาง	2.50	0.52	มากที่สุด
3. เด็กสามารถแบ่งปันและรอคอยตามลำดับได้โดยไม่เกิดการขัดแย้งกับเพื่อน	1.82	0.60	ปานกลาง	2.25	0.75	ปานกลาง
4. เด็กแสดงท่าทีที่ดีต่อเพื่อน แม้เพื่อนจะทำผิดพลาดหรือทำกิจกรรมได้ไม่ เท่ากัน	2.27	0.79	ปานกลาง	2.41	0.66	มากที่สุด
5. เด็กไม่ล้อเลียนหรือแสดงพฤติกรรมรังแกเพื่อนที่แตกต่างจากตนเอง	1.91	0.54	ปานกลาง	2.58	0.51	มากที่สุด
มีปฏิสัมพันธ์ที่ดีกับผู้อื่น						
1.เด็กสามารถเล่นหรือทำงานร่วมกับเพื่อนเป็นกลุ่มได้	2.55	0.52	มากที่สุด	2.75	0.45	มากที่สุด
2.เด็กสามารถทักทาย ยิ้ม หรือพูดคุยกับผู้อื่นด้วยมารยาทที่เหมาะสม	2.64	0.50	มากที่สุด	2.25	0.62	ปานกลาง
3.เด็กสามารถช่วยเหลือเพื่อนหรือขอความช่วยเหลือเมื่อจำเป็นได้อย่าง เหมาะสม	2.09	0.30	ปานกลาง	2.41	0.51	มากที่สุด
4.เด็กสามารถขอความช่วยเหลือจากเพื่อนหรือครูได้อย่างเหมาะสม	2.09	0.30	ปานกลาง	2.41	0.51	มากที่สุด
5.เด็กสามารถชวนเพื่อนเข้าร่วมเล่นหรือทำกิจกรรมร่วมกันได้	2.18	0.40	ปานกลาง	2.41	0.51	มากที่สุด
ปฏิบัติตนเป็นสมาชิกที่ดีของสังคม						
1.เด็กสามารถปฏิบัติตามข้อตกลงของห้องเรียนได้เมื่อต้องทำกิจกรรม ร่วมกัน	2.00	0.89	ปานกลาง	2.41	0.66	มากที่สุด
2.เด็กสามารถเก็บของเล่นและดูแลส่วนรวมตามหน้าที่ของตนได้	2.18	0.40	ปานกลาง	2.41	0.66	มากที่สุด
3.เด็กสามารถแสดงมารยาทพื้นฐานเช่นขอบคุณ ขอโทษ และไม่รบกวนผู้อื่น ในระหว่างกิจกรรม	1.83	0.54	ปานกลาง	2.09	0.71	ปานกลาง

พฤติกรรมทางสังคมของเด็กปฐมวัย	ก่อนการผลการใช้กิจกรรมกลุ่มสัมพันธ์ ร่วมกับการปฏิบัติจริง			หลังการผลการใช้กิจกรรมกลุ่มสัมพันธ์ ร่วมกับการปฏิบัติจริง		
	μ	SD.	ระดับการปฏิบัติ	μ	SD.	ระดับการปฏิบัติ
4.เด็กสามารถเด็กสามารถปฏิบัติตามกติกาของกลุ่มหรือห้องเรียนได้อย่าง สม่ำเสมอ	2.18	0.60	ปานกลาง	2.25	0.75	ปานกลาง
5.เด็กสามารถเด็กร่วมดูแลรักษาความสะอาดและความเป็นระเบียบของ ห้องเรียนและของใช้ส่วนรวม	2.16	0.40	ปานกลาง	2.18	0.93	ปานกลาง
ภาพรวม	2.18	**0.53**	ปานกลาง	2.42	0.63	มากที่สุด

จากตารางพบว่า ก่อนการใช้กิจกรรมกลุ่มสัมพันธ์ร่วมกับการปฏิบัติจริงโดยภาพรวมอยู่ในระดับ ปานกลาง (μ = 2.18, SD = 0.53) ขณะที่หลังการใช้กิจกรรมกลุ่มสัมพันธ์ร่วมกับการปฏิบัติจริง โดยภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด (μ = 2.42, SD = 0.63) แสดงให้เห็นว่าการใช้กิจกรรมกลุ่มสัมพันธ์ร่วมกับการปฏิบัติจริง เพิ่มสูงขึ้นอย่างชัดเจน

ตารางที่ 3 การเปรียบเทียบพฤติกรรมทางสังคมของเด็กปฐมวัยก่อนและหลังโดยใช้กิจกรรมกลุ่มสัมพันธ์ร่วมกับปฏิบัติจริง

คนที่	คะแนนก่อน	คะแนนหลัง	ร้อยละของคะแนนพัฒนาการ	ระดับพัฒนาการ
1	24	29	33.33	พัฒนาการระดับต้น
2	34	40	54.00	พัฒนาการระดับปานกลาง
3	31	39	63.00	พัฒนาการระดับปานกลาง
4	24	42	45.00	พัฒนาการระดับปานกลาง
5	27	31	33.33	พัฒนาการระดับต้น
6	32	36	32.00	พัฒนาการระดับต้น
7	34	42	45.00	พัฒนาการระดับปานกลาง
8	42	40	40.44	พัฒนาการปานกลาง
9	32	25	33.00	พัฒนาการระดับต้น

คนที่	คะแนนก่อน	คะแนนหลัง	ร้อยละของคะแนนพัฒนาการ	ระดับพัฒนาการ
10	31	45	31.11	พัฒนาการระดับต้น
11	32	38	30.00	พัฒนาการระดับต้น
คะแนนรวม	352	398	32.20	พัฒนาการระดับต้น
ค่าเฉลี่ย	32.00	36.18		
ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	4.73	7.10	6.68	

ตารางที่ 4 ตารางค่าดัชนีประสิทธิผล (Effectiveness Index: E.I.)

ผลคูณของจำนวนนักเรียน	ผลรวมของคะแนนหลังเรียน	ผลรวมของคะแนนก่อนเรียน	E.I
11x45=495	498	352	0.322

จากการวิเคราะห์ค่าดัชนีประสิทธิผล (Effectiveness Index: E.I.) พบว่ามีค่าเท่ากับ 0.322 แสดงให้เห็นว่าผู้เรียนมีพัฒนาการด้านคะแนนหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพิ่มขึ้นจากก่อนเรียน คิดเป็น ร้อยละ 32.20 ของคะแนนที่สามารถพัฒนาได้ทั้งหมด ทั้งนี้สะท้อนให้เห็นว่าการจัดกิจกรรมเรียนรู้ดังกล่าวสามารถส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียนได้ในระดับที่น่าพอใจ และช่วยให้ผู้เรียนมีความรู้และทักษะเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนเมื่อเปรียบเทียบกับก่อนการจัดกิจกรรม

การอภิปรายผล

จากผลการวิจัย เรื่อง ผลการใช้กิจกรรมกลุ่มสัมพันธ์ร่วมกับการปฏิบัติจริงที่มีต่อพฤติกรรมทางสังคมของเด็กปฐมวัย ผู้วิจัยขออภิปรายผลตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย ดังนี้

1. ผลของการศึกษาการใช้กิจกรรมกลุ่มสัมพันธ์ต่อการพัฒนาพฤติกรรมทางสังคมของเด็กปฐมวัย พบว่า พฤติกรรมทางสังคมของเด็กปฐมวัย มีพัฒนาการสูงขึ้นอย่างชัดเจน โดยคะแนนที่มีค่าเท่ากับ 0.322 หรือคิดเป็นร้อยละ 32.20 แสดงให้เห็นว่าผู้เรียนมีพัฒนาการเพิ่มขึ้นในระดับที่น่าพอใจ สะท้อนให้เห็นว่าการจัดกิจกรรมดังกล่าวมีประสิทธิภาพในการส่งเสริมการเรียนรู้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของนักวิชาการไทยหลายท่านที่พบว่าการจัดกิจกรรมแบบเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญและการเรียนรู้จากประสบการณ์จริง สามารถช่วยพัฒนาทักษะของผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ ผลการวิจัยยังสอดคล้องกับแนวคิดของ Goleman (1995) ที่กล่าวว่าความฉลาดทางอารมณ์ (EQ) เป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยให้บุคคลสามารถอยู่ร่วมกับผู้อื่นได้อย่างมีความสุข การที่เด็กได้เข้าร่วมกิจกรรมกลุ่มสัมพันธ์และได้ฝึกปฏิบัติจริง จึงช่วยให้เด็กพัฒนาทักษะด้านการควบคุมอารมณ์ การเข้าใจผู้อื่น และการสร้างความสัมพันธ์ที่ดี ซึ่งสามารถแยกประเด็น ดังนี้

1.1 ด้านการยอมรับความเหมือนและความแตกต่างระหว่างบุคคล

กิจกรรมกลุ่มสัมพันธ์เปิดโอกาสให้เด็กได้เรียนรู้ร่วมกับเพื่อนที่มีลักษณะ ความสามารถ และพื้นฐานที่แตกต่างกัน ผ่านการทำกิจกรรมเป็นกลุ่ม การแลกเปลี่ยนความคิดเห็น และการแก้ปัญหาร่วมกัน ส่งผลให้เด็กเกิดความเข้าใจในตนเองและผู้อื่น เรียนรู้การยอมรับความแตกต่าง และลดพฤติกรรมการปฏิเสธหรือกีดกันเพื่อน ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดการเรียนรู้ทางสังคมที่เน้นการเรียนรู้ผ่านปฏิสัมพันธ์ และสอดคล้องกับงานวิจัยของ นภัสสราภรณ์ สุขจิต (2563) ที่พบว่าการจัดประสบการณ์การเรียนรู้ที่เน้นการมีส่วนร่วมช่วยส่งเสริมการยอมรับความแตกต่างของผู้เรียนได้อย่างมีนัยสำคัญ ทั้งนี้ จากการจัดกิจกรรม แยกสีบอลใส่กล่อง พบว่า เด็กในแต่ละกลุ่มมีการแบ่งหน้าที่กันตามความสามารถของตนเอง บางคนช่วยหยิบลูกบอล บางคนช่วยคัดแยกสี และบางคนช่วยจัดเรียง ทำให้เด็กได้เรียนรู้การยอมรับบทบาทและความสามารถที่แตกต่างของเพื่อนภายในกลุ่ม นอกจากนี้ กิจกรรม เพื่อนคู่รูปภาพเหมือน ยังช่วยให้เด็กได้เรียนรู้การสังเกต การจับคู่ และการช่วยเหลือกันระหว่างเพื่อน เด็กได้มีโอกาสพูดคุย แลกเปลี่ยนความคิดเห็น และร่วมกันค้นหาคำตอบ ส่งผลให้เด็กเกิดการยอมรับความคิดเห็นและความสามารถของผู้อื่นมากยิ่งขึ้น อีกทั้งกิจกรรม จับคู่ส่งต่อตุ๊กตา ยังเปิดโอกาสให้เด็กได้ทำงานร่วมกับเพื่อนเป็นคู่ เด็กต้องเรียนรู้การปรับตัว การรอคอย และการช่วยเหลือกันระหว่างการทำกิจกรรม จึงช่วยส่งเสริมให้เด็กสามารถอยู่ร่วมกับผู้อื่นได้อย่างเหมาะสม

1.2 ด้านการมีปฏิสัมพันธ์ที่ดีกับผู้อื่น

การจัดกิจกรรมที่ให้เด็กได้ลงมือปฏิบัติจริงร่วมกัน ช่วยให้เด็กไเล่นหรือทำงานร่วมกับเพื่อนเป็นกลุ่ม และเด็กสามารถทักทาย ยิ้ม หรือพูดคุยกับผู้อื่นด้วยมารยาทที่เหมาะสม ส่งผลให้เด็กสามารถสร้างสัมพันธภาพที่ดีกับเพื่อนและครูได้มากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Goleman (1995) ที่กล่าวว่าความฉลาดทางอารมณ์เป็นพื้นฐานสำคัญของการอยู่ร่วมกับผู้อื่น และยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ วรรณวลี เจนเจนประเสริฐ (2564) ที่พบว่าการจัดกิจกรรมแบบมีปฏิสัมพันธ์ส่งผลต่อการพัฒนาทักษะทางสังคมและการสื่อสารของเด็กปฐมวัยอย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะกิจกรรม ส่งต่อไม้หนีบ ส่งต่อลูกบอลด้วยแก้วน้ำ และ Balancing Ball (ส่งต่อบอลด้วยผ้า) ซึ่งเป็นกิจกรรมที่เด็กต้องอาศัยการสื่อสาร การให้กำลังใจ และการช่วยเหลือกันภายในทีม เด็กมีการพูดคุย วางแผน และช่วยกันแก้ไขปัญหาระหว่างทำกิจกรรม ส่งผลให้เด็กกล้าแสดงออก มีความมั่นใจ และมีปฏิสัมพันธ์กับเพื่อนมากขึ้น อีกทั้งกิจกรรม ตักน้ำใส่ขวดเพื่อส่งเสริมความสามัคคีและการทำงานเป็นทีม ยังช่วยให้เด็กเกิดการเรียนรู้เรื่องการช่วยเหลือกันภายในกลุ่ม เด็กต้องร่วมมือกันในการส่งน้ำ เติมน้ำ และควบคุมไม่ให้น้ำหก ทำให้เด็กได้ฝึกการสื่อสาร การประสานงาน และการทำงานร่วมกันอย่างเป็นระบบ นอกจากนี้ กิจกรรม จับคู่ส่งต่อตุ๊กตา ยังช่วยส่งเสริมให้เด็กได้สร้างความสัมพันธ์กับเพื่อนอย่างใกล้ชิดผ่านการทำงานเป็นคู่ เด็กเกิดความสนุกสนาน กล้าแสดงออก และเรียนรู้การสร้างสัมพันธภาพที่ดีระหว่างกัน อีกทั้งยังช่วยส่งเสริมให้เด็กเรียนรู้การควบคุมอารมณ์ของตนเองเมื่อเกิดความผิดพลาดระหว่างการแข่งขัน

1.3 ด้านการปฏิบัติตนเป็นสมาชิกที่ดีของสังคม

กิจกรรมกลุ่มสัมพันธ์ช่วยให้เด็กได้เรียนรู้บทบาทหน้าที่ของตนเองในกลุ่ม การเคารพกติกา การมีความรับผิดชอบ และการทำกิจกรรมร่วมกัน ส่งผลให้เด็กสามารถปรับตัวและปฏิบัติตนได้อย่างเหมาะสมในบริบทของสังคม ซึ่งสอดคล้องกับหลักสูตรการศึกษาปฐมวัย พุทธศักราช 2560 ที่มุ่งเน้นการพัฒนาเด็กให้เป็นสมาชิกที่ดีของสังคม และสอดคล้องกับงานวิจัยของ ชุติมา แก้วประดิษฐ์ (2562) ที่พบว่าการจัดกิจกรรมกลุ่มที่เน้นการมีส่วนร่วมและการปฏิบัติจริงช่วยส่งเสริมพฤติกรรมความรับผิดชอบและการอยู่ร่วมกันในสังคมของเด็กปฐมวัยได้อย่างมีนัยสำคัญ โดยกิจกรรม ตักไข่ใส่แผง เด็กต้องปฏิบัติตามกติกาอย่างเคร่งครัด มีความระมัดระวัง และรอคอยลำดับของตนเองในการทำกิจกรรม ส่งผลให้เด็กได้เรียนรู้เรื่องความรับผิดชอบและความอดทน นอกจากนี้ กิจกรรม Balancing Ball (ส่งต่อบอลด้วยผ้า) เด็กต้องช่วยกันควบคุมผ้าและ

เคลื่อนไหวไปในทิศทางเดียวกัน เพื่อไม่ให้ลูกบอลตก เด็กจึงได้เรียนรู้การเสียสละ การช่วยเหลือกัน และการทำงานร่วมกันเพื่อเป้าหมายของกลุ่ม อีกทั้งกิจกรรม ตักน้ำใส่ขวดเพื่อส่งเสริมความสามัคคีและการทำงานเป็นทีม ยังช่วยส่งเสริมให้เด็กเรียนรู้เรื่องความสามัคคี ความรับผิดชอบต่อหน้าที่ของตนเอง และการปฏิบัติตามข้อตกลงร่วมกัน ขณะที่กิจกรรม เพื่อนคู่รูปภาพเหมือน ช่วยให้เด็กเรียนรู้การเคารพกติกา การรอคอย และการรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น ส่งผลให้เด็กสามารถปฏิบัติตนร่วมกับผู้อื่นในสังคมได้อย่างเหมาะสม ซึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญของการเป็นสมาชิกที่ดีของสังคม

โดยภาพรวม ผลการวิจัยครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าการจัดกิจกรรมกลุ่มสัมพันธ์ร่วมกับการปฏิบัติจริงเป็นแนวทางที่เหมาะสมในการพัฒนาทักษะทางสังคมของเด็กปฐมวัยทั้งในด้านการยอมรับความแตกต่าง การมีปฏิสัมพันธ์ที่ดี และการเป็นสมาชิกที่ดีของสังคม อันเป็นพื้นฐานสำคัญของการดำรงชีวิตร่วมกับผู้อื่นในอนาคต นอกจากนี้ จากการสังเกตพฤติกรรมของเด็กระหว่างการทำกิจกรรม พบว่า เด็กมีความกระตือรือร้น สนุกสนาน และให้ความร่วมมือในการทำกิจกรรมเป็นอย่างดี เด็กส่วนใหญ่สามารถปฏิบัติตามกติกา ช่วยเหลือเพื่อน และแสดงออกถึงการทำงานร่วมกันอย่างเหมาะสม เด็กบางคนที่ในช่วงแรกไม่กล้าแสดงออก เมื่อได้เข้าร่วมกิจกรรมอย่างต่อเนื่องเริ่มมีความมั่นใจ กล้าพูดคุย และเข้าร่วมกิจกรรมร่วมกับเพื่อนมากขึ้น สะท้อนให้เห็นว่าการเรียนรู้ผ่านกิจกรรมกลุ่มและการลงมือปฏิบัติจริงช่วยส่งเสริมให้เด็กเกิดการเรียนรู้ทางสังคมได้อย่างเป็นธรรมชาติและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

2. การศึกษาผลของพฤติกรรมทางสังคมของเด็กปฐมวัยก่อนและหลังการใช้ผลการใช้กิจกรรมกลุ่มสัมพันธ์ ร่วมกับการปฏิบัติจริง จากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานก่อนและหลังการจัดกิจกรรมกลุ่มสัมพันธ์ร่วมกับการปฏิบัติจริง ก่อนการใช้กิจกรรมกลุ่มสัมพันธ์ร่วมกับการปฏิบัติจริงโดยภาพรวมอยู่ในระดับ ปานกลาง (μ = 2.18, SD = 0.53) ขณะที่หลังการใช้กิจกรรมกลุ่มสัมพันธ์ร่วมกับการปฏิบัติจริง โดยภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด (μ = 2.42, SD = 0.63) แสดงให้เห็นว่าการใช้กิจกรรมกลุ่มสัมพันธ์ร่วมกับการปฏิบัติจริง เพิ่มสูงขึ้นอย่างชัดเจน เมื่อพิจารณาค่าความแตกต่างของค่าเฉลี่ย พบว่าค่าเฉลี่ยหลังการจัดกิจกรรมเพิ่มสูงขึ้นอย่างชัดเจน สะท้อนถึงพัฒนาการเชิงบวกของผู้เรียน ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของ พิมพันธ์ เดชะคุปต์ (2559) ที่พบว่าการจัดการเรียนรู้แบบเน้นการมีส่วนร่วมของผู้เรียนช่วยให้พฤติกรรมทางสังคมของเด็กปฐมวัยสูงขึ้นหลังการจัดกิจกรรมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้ แม้ว่าค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานหลังการจัดกิจกรรมจะเพิ่มขึ้นเล็กน้อย แต่สามารถอธิบายได้ว่าเด็กมีความแตกต่างระหว่างบุคคลในการพัฒนา ซึ่งเป็นลักษณะปกติของการเรียนรู้ในเด็กปฐมวัย โดยสอดคล้องกับผลการวิจัยของ สุภาภรณ์ ใจดี (2561) ที่พบว่าการจัดกิจกรรมแบบกลุ่มเปิดโอกาสให้เด็กแสดงศักยภาพตามความแตกต่างของแต่ละบุคคล ส่งผลให้ระดับพัฒนาการมีความหลากหลายมากขึ้น แต่โดยรวมมีแนวโน้มสูงขึ้น ผลการวิจัยครั้งนี้ยังสอดคล้องกับ อารี พันธ์มณี (2560) ที่พบว่าการจัดกิจกรรมที่เน้นการปฏิบัติจริงและการทำงานร่วมกันส่งผลให้เด็กมีพฤติกรรมทางสังคมดีขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะด้านการสื่อสารและการอยู่ร่วมกับผู้อื่น

ดังนั้น ผลการเปรียบเทียบก่อนและหลังการจัดกิจกรรมจึงยืนยันได้ว่า การจัดกิจกรรมกลุ่มสัมพันธ์ร่วมกับการปฏิบัติจริงเป็นแนวทางที่สามารถพัฒนาทักษะทางสังคมของเด็กปฐมวัยได้อย่างมีประสิทธิภาพ และส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในเชิงบวกอย่างชัดเจน

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะทั่วไป

จากผลวิจัย การศึกษาผลการใช้กิจกรรมกลุ่มสัมพันธ์ร่วมกับการปฏิบัติจริงที่มีต่อพฤติกรรมทางสังคมของเด็กปฐมวัย พบว่าเป็นแนวทางที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพในการส่งเสริมทักษะทางสังคมของเด็กปฐมวัย โดยสามารถช่วยพัฒนาให้เด็กมีพฤติกรรมการอยู่ร่วมกับผู้อื่นได้ดีขึ้น ทั้งในด้านการสื่อสาร การทำงานร่วมกัน การรอคอย การแบ่งปัน และการควบคุมอารมณ์ของตนเอง การจัดกิจกรรมในลักษณะดังกล่าวเปิดโอกาสให้เด็กได้เรียนรู้จากประสบการณ์ตรง ผ่านการมีปฏิสัมพันธ์กับเพื่อนและการมีส่วนร่วมในกิจกรรมกลุ่ม ส่งผลให้เด็กเกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมาย และสามารถนำทักษะที่ได้ไปปรับใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างเหมาะสม นอกจากนี้ ผลการวิจัยยังสะท้อนให้เห็นว่าการจัดประสบการณ์ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ โดยใช้กิจกรรมกลุ่มสัมพันธ์ร่วมกับการปฏิบัติจริง สามารถส่งเสริมพัฒนาการด้านอารมณ์และสังคมของเด็กได้อย่างชัดเจน ทำให้เด็กมีความพร้อมในการอยู่ร่วมกับผู้อื่นในสังคมอย่างมีความสุข ดังนั้น ครูและผู้ที่เกี่ยวข้องสามารถนำแนวทางการจัดกิจกรรมดังกล่าวไปประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนรู้ เพื่อพัฒนาเด็กปฐมวัยให้มีทักษะทางสังคมและอารมณ์ที่เหมาะสม อันจะนำไปสู่การเป็นสมาชิกที่ดีของสังคมในอนาคต

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

1.ควรขยายกลุ่มตัวอย่างให้มีจำนวนมากขึ้นหรือศึกษากับเด็กปฐมวัยในระดับชั้นหรือบริบทสถานศึกษาที่แตกต่างกัน เพื่อให้ผลการวิจัยมีความครอบคลุมและสามารถอ้างอิงได้กว้างขวางยิ่งขึ้น

2.ควรเพิ่มเติมเครื่องมือวิจัยที่หลากหลาย เช่น การสังเกตพฤติกรรมเชิงลึก การสัมภาษณ์ครูหรือผู้ปกครอง หรือการบันทึกพฤติกรรมรายบุคคล เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ครอบคลุมและสะท้อนพัฒนาการของเด็กได้ชัดเจนยิ่ง

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ผู้ให้คำปรึกษาและแนะแนวทางในการจัดทำงานวิจัยฉบับนี้เป็น อย่างดียิ่ง ตลอดจนให้คำชี้แนะในการพัฒนาความรู้ ความเข้าใจ และแนวทางการดำเนินงานวิจัยอย่างถูกต้อง และเป็นระบบ

ขอขอบพระคุณผู้บริหาร ครูประจำชั้นปฐมวัย และบุคลากรทุกท่านที่ให้ความร่วมมือ อำนวยความ สะดวก และสนับสนุนการเก็บข้อมูลในการทำวิจัย รวมทั้งผู้ปกครองและเด็กปฐมวัยที่มีส่วนร่วมในการศึกษา ครั้งนี้

นอกจากนี้ ข้าพเจ้าขอขอบคุณมหาวิทยาลัยสวนดุสิตที่ให้การสนับสนุนทางด้านวิชาการและสร้างโอกาส ให้ข้าพเจ้าได้ฝึกฝนทักษะด้านการวิจัยอย่างเต็มศักยภาพ

สุดท้ายนี้ ขอขอบคุณครอบครัวและเพื่อน ๆ ที่คอยเป็นกำลังใจสำคัญ ทำให้ข้าพเจ้ามีกำลังใจในการ จัดทำงานวิจัยจนสำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). หลักสูตรการศึกษาปฐมวัย พุทธศักราช 2560. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

ชุติมา แก้วประดิษฐ์. (2562). ผลของการจัดกิจกรรมกลุ่มที่มีต่อพฤติกรรมทางสังคมของเด็กปฐมวัย. วารสารครุศาสตร์. 47(3): 112–126.

ธีระเกียรติ เจริญเศรษฐศิลป์. (2560). หลักสูตรการศึกษาปฐมวัย พุทธศักราช 2560. กระทรวงศึกษาธิการ.

นภัสสราภรณ์ สุขจิต. (2563). ผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐานที่มีต่อทักษะการคิดของเด็กปฐมวัย. วารสารศึกษาศาสตร์และการพัฒนา. 15(2): 45–60.

พิมพันธ์ เดชะคุปต์. (2559). การจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วรรณวลี เจนเจนประเสริฐ. (2564). การพัฒนารูปแบบการจัดประสบการณ์การเรียนรู้เพื่อส่งเสริมทักษะทางสังคมของเด็กปฐมวัย. วารสารวิชาการศึกษาศาสตร์. 16(1): 78–92.

สุภาภรณ์ ใจดี. (2561). ผลของการจัดกิจกรรมกลุ่มที่มีต่อพฤติกรรมทางสังคมของเด็กปฐมวัย. วารสารศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยศิลปากร. 16(2): 85–98.

อารี พันธ์มณี. (2560). จิตวิทยาการเรียนรู้. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ต้นอ้อ.

ผลของการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้กระบวนการเรียนรู้แบบค้นพบที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง การอ่านและเขียนตารางทางเดียว ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3

The Effects of Mathematics Learning Management Using the Discovery Learning Process on the Mathematics Achievement in Reading and Writing One-Way Tables of Third-Grade Students

จิณห์จุฑา เตชลิขิตสิริ อรรถศาสน์ นิมิตรพันธ์* และธนพรรษ พฤกษะวัน
Jinjuta Techalikitsiri, Auttasart Nimitpun* and Tanapat Brikshavana

คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต ศูนย์การศึกษา นครนายก
Faculty of Education Suan Dusit University Nakhon Nayok
**Corresponding Author E-mail Address : atsnmp5@gmail.com*

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ดังนี้ 1) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง การอ่านและเขียนตารางทางเดียว ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ก่อนเรียนและหลังเรียน ด้วยการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้กระบวนการเรียนรู้แบบค้นพบ 2) เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง การอ่านและเขียนตารางทางเดียว ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 หลังเรียน ด้วยการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้กระบวนการเรียนรู้แบบค้นพบ เทียบกับเกณฑ์ 75/75 กลุ่มเป้าหมายในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนเทศบาล 2 บ้านตลาดเก่า อำเภอเมืองนครนายก จังหวัดนครนายก ที่เรียนสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เรื่อง การอ่านและเขียนตารางทางเดียว ในภาคการศึกษาที่ 2 ปีการศึกษา 2568 จำนวน 27 คน ซึ่งได้รับการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้กระบวนการเรียนรู้แบบค้นพบ เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลทั้งก่อนเรียนและหลังเรียน คือ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง การอ่านและเขียนตารางทางเดียว ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 เป็นแบบปรนัย ชนิดเลือกตอบ 3 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ และแบบอัตนัย ชนิดเขียนตอบ จำนวน 1 ข้อ มีคะแนนเต็ม 25 คะแนน ที่มีค่าความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาในช่วง 0.67 – 1.00 วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ การหาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และหาค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง การอ่านและเขียนตารางทางเดียว ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ผลการวิจัยมีดังนี้ 1) นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้กระบวนการเรียนรู้แบบค้นพบ มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง การอ่านและเขียนตารางทางเดียว หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และ 2) นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 มีคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 96.30 จากการประเมินผลการเรียนรู้ระหว่างการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เรื่อง การอ่านและเขียนตารางทางเดียว โดยใช้กระบวนการเรียนรู้แบบค้นพบ ซึ่งผ่านเกณฑ์คะแนนเฉลี่ยร้อยละ 75 และมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง การอ่านและเขียนตารางทางเดียว หลังจากที่ได้รับการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โดยใช้กระบวนการเรียนรู้แบบค้นพบ คิดเป็นคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 80.76 ซึ่งผ่านเกณฑ์คะแนนเฉลี่ยร้อยละ 75 ดังนั้นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่

3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โดยใช้กระบวนการเรียนรู้แบบค้นพบ มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง การอ่านและเขียนตารางทางเดียว ผ่านเกณฑ์ 75/75 ที่ได้กำหนดไว้

คำสำคัญ: การจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ กระบวนการเรียนรู้แบบค้นพบ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ การอ่านและเขียนตารางทางเดียว

Abstract

This research aimed to: 1) compare the mathematics achievement in reading and writing one-way tables of third-grade students before and after instruction using the discovery learning process; and 2) study the mathematics achievement in reading and writing one-way tables of third-grade students after instruction using the discovery learning process, comparing it to a 75/75 criterion. The target group for this research consisted of 27 third-grade students from Municipal School 2 Ban Talat Kao, Mueang Nakhon Nayok District, Nakhon Nayok Province, who were studying mathematics, specifically reading and writing one-way tables, in the second semester of the 2025 academic year. They received mathematics instruction using the discovery learning process. Data was collected both before and after instruction using a mathematics achievement test on reading and writing one-way tables. The mathematics learning assessment for grade 3 students used a multiple-choice test with 20 questions and 1 essay question, with a maximum score of 25 points and content validity ranging from 0.67 to 1.00. Descriptive statistics were used to calculate the mean, standard deviation, and percentage of the average scores in mathematics achievement in reading and writing one-way tables for grade 3 students. The research findings are as follows: 1) Grade 3 students who received mathematics instruction using the discovery learning process showed higher post-test scores in reading and writing one-way tables compared to pre-test scores; and 2) Grade 3 students achieved an average score of 96.30% in the assessment during the mathematics instruction on reading and writing one-way tables using the discovery learning process, meeting the average score criterion of 75%. This indicates improved mathematics achievement in reading and writing one-way tables after the instruction. This translates to an average score of 80.76%, which meets the 75% average score criterion. Therefore, third-grade students who received mathematics instruction using the discovery-based learning process achieved mathematics learning results in the topic of reading and writing one-way tables that met the set criterion of 75/75.

Keywords: Mathematics learning management, Discovery learning process, Mathematics learning achievement, Reading and writing one-way tables

บทนำ

สาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์มีความสำคัญต่อการพัฒนาประเทศและการดำรงชีวิตของมนุษย์ เพราะการพัฒนาและการเปลี่ยนแปลงของมนุษย์ทั้งในอดีต ปัจจุบัน และอนาคตต้องอาศัยความรู้ด้านคณิตศาสตร์ทั้งสิ้น (สิริพร ทิพย์คง, 2549) อีกทั้งคณิตศาสตร์มีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาเทคโนโลยี และวิทยาการในด้านต่าง ๆ เพราะเป็นเครื่องมือที่นำไปสู่การคิดค้นและสร้างสรรค์ความเจริญก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี เศรษฐกิจ และสังคม นอกจากนี้คณิตศาสตร์ยังช่วยพัฒนาความคิดของผู้เรียนให้สามารถคิดอย่างเป็นระบบ มีเหตุผล และสามารถแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ (วิสุทธิ์ คงกัลป์, 2549) ซึ่งสอดคล้องกับที่สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) (2560) ได้ระบุว่า คณิตศาสตร์มีบทบาทสำคัญยิ่งต่อการพัฒนาความคิดมนุษย์ และมนุษย์ได้ใช้คณิตศาสตร์เป็นเครื่องมือในการศึกษาวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี และศาสตร์อื่น คณิตศาสตร์ช่วยให้มนุษย์มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ คิดอย่างมีเหตุผล คิดอย่างเป็นระบบ และมีระเบียบแบบแผน สามารถคิดวิเคราะห์ปัญหาและสถานการณ์ได้อย่างรอบคอบ ถี่ถ้วน สามารถคาดการณ์ วางแผน ตัดสินใจ และแก้ปัญหาได้

ในปัจจุบัน คุณภาพการศึกษาคณิตศาสตร์ของไทยเป็นเรื่องที่วิพากษ์วิจารณ์กันมาก สะท้อนให้เห็นถึงความพยายามของการปฏิรูปการเรียนรู้ตามพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ ที่ยังไม่ประสบผลสำเร็จเท่าที่ควร ส่งผลให้คุณภาพการเรียนรู้ของเด็กและเยาวชนมีปัญหาต่อไปในอนาคตท่ามกลางการแข่งขันอย่างรุนแรงของสังคมโลก ปัญหาด้านคุณภาพการศึกษาคณิตศาสตร์ของไทยนั้นไม่ว่าจะพิจารณาจากผลการประเมินระดับชาติ หรือนานาชาติ นักเรียนไทยยังคงมีคะแนนเฉลี่ยอยู่ในระดับที่ไม่น่าพอใจ อาทิ คะแนนสอบของโครงการ PISA ในปี ค.ศ. 2022 และคะแนนสอบของโครงการ TIMSS ปี ค.ศ. 2015 ซึ่งนักเรียนไทยมีคะแนนเฉลี่ย 394 คะแนน (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2568) และ 431 คะแนน (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560) ตามลำดับ ซึ่งมีคะแนนเฉลี่ยต่ำกว่าในระดับนานาชาติ และผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O-NET) ปีการศึกษา 2567 ที่จัดโดยสถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (สทศ.) พบว่า นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 มีคะแนนเฉลี่ยวิชาคณิตศาสตร์เพียงร้อยละ 17.77 คะแนน ซึ่งมีคะแนนเฉลี่ยต่ำกว่าเกณฑ์ (สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ, 2568) และเนื่องจากผู้วิจัยปฏิบัติหน้าที่เป็นผู้สอนสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 มีผลการวิเคราะห์การเรียนรู้คณิตศาสตร์ของนักเรียน พบว่า การอ่าน และเขียนตารางทางเดียวเป็นเนื้อหาที่สำคัญ เกี่ยวข้องกับการดำเนินชีวิตประจำวันของนักเรียน และยังเป็นการเสริมสร้างทักษะชีวิตให้กับนักเรียน โดยเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับชีวิตประจำวัน และเมื่อพิจารณาแล้วยังพบว่า แนวโน้มของข้อสอบที่ใช้ในการวัดและประเมินผลในระดับนานาชาติ อาทิ ข้อสอบคณิตศาสตร์ของโครงการ TIMSS และโครงการ PISA ยังให้ความสำคัญกับการนำเสนอข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูล และแปลผล อีกด้วย แต่จากการศึกษาข้อมูลสำหรับการจัดการเรียนรู้เนื้อหาดังกล่าวนี้ พบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง การอ่านและเขียนตารางทางเดียว ยังไม่เป็นไปตามเป้าหมายที่ทางโรงเรียนคาดหวังไว้ ผู้วิจัยวิเคราะห์ได้ว่า การจัดการเรียนรู้ของครู ที่เน้นการบรรยายและตั้งใจให้ความรู้มากเกินไป อาจทำให้มีการอัดแน่นด้วยเนื้อหาวิชาเพื่อมุ่งเน้นการนำไปใช้ในการสอบ แต่การจัดการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นให้นักเรียนได้พัฒนาทักษะการคิด และการใช้ชีวิตยังมีไม่มากเท่าที่ควร ทำให้นักเรียนไม่สามารถเชื่อมโยงความรู้ในห้องเรียนสู่การแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันได้ (จรียารัตน์ ใช้ช้าง, 2556) จึงต้องมีการปรับปรุงวิธีการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ให้มีความเหมาะสมและปรับเปลี่ยนบทบาทของครู จากการอธิบายให้ความรู้ เป็นการให้คำแนะนำหรือการชี้แนะให้กับนักเรียน เพื่อให้นักเรียนได้นำความรู้ที่ได้รับมาใช้ในการสร้างความรู้ด้วยตนเอง

จากการศึกษาค้นคว้าพบว่า การเรียนรู้แบบค้นพบ (Discovery Learning) เป็นกระบวนการที่ตอบสนองของนักเรียนที่มีต่อสถานการณ์ต่างๆ ด้วยตัวของนักเรียนเอง โดยได้รับคำแนะนำจากครูตามสมควร บทบาทของครูจะเป็น

ผู้สนับสนุนให้นักเรียนแก้ปัญหาด้วยตนเอง โดยอาศัยข้อเท็จจริงจากเหตุการณ์หรือสื่ออุปกรณ์ต่างๆ (Mapradit et al., 2024) เพื่อค้นหาหลักการและคำตอบด้วยตนเอง การเรียนรู้ด้วยกระบวนการนี้จะกระตุ้นให้นักเรียนมีความกระตือรือร้น มีแรงจูงใจที่จะเรียนรู้เพื่อเกิดความสนใจใฝ่รู้ (สุนีย์ เหมะประสิทธิ์, 2557) เมื่อนักเรียนมีความสนใจใฝ่รู้ แล้วจะทำให้เกิดทักษะการคิดและการเรียนรู้ด้วยตนเอง สามารถสรุปเป็นความรู้ใหม่ได้ การจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการเรียนรู้แบบค้นพบประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นที่ 1 ขั้นสำรวจ (Exploration) เป็นขั้นที่มุ่งเน้นให้นักเรียนได้รับข้อมูลที่เป็นมโนทัศน์หลักการและทฤษฎี โดยครูใช้เทคนิคตั้งคำถามประกอบกับการบรรยายและอภิปราย หรือให้นักเรียนศึกษาเอกสารประกอบการเรียนและปฏิบัติงานกลุ่ม ขั้นที่ 2 ขั้นสืบเสาะหาข้อมูล (Inquiry and Acquisition) เป็นขั้นที่มุ่งให้นักเรียนแสวงหาความรู้ด้วยกระบวนการกลุ่มเพื่อระดมสมอง ร่วมคิด และร่วมปฏิบัติเพื่อให้เกิดความเข้าใจที่ชัดเจน หรือเรียกว่าความเข้าใจที่คงทน (Deep Understanding) ในความรู้นั้นๆ ขั้นที่ 3 ขั้นค้นพบและประยุกต์ใช้ (Discovery and Application) เป็นขั้นที่มุ่งให้นักเรียนได้นำความรู้ที่เข้าใจแล้ว ไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ใหม่หรือไปใช้ในการแก้ปัญหา ขั้นนี้มุ่งพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ ความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสมเหตุสมผล (สุนีย์ เหมะประสิทธิ์, 2557) และการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการเรียนรู้แบบค้นพบ จะช่วยเพิ่มพูนสติปัญญาของนักเรียน เพราะนักเรียนจะต้องหาทางแก้ปัญหาและค้นพบสิ่งที่ต้องการจะเรียนรู้ด้วยตนเอง ทำให้เกิดการเรียนรู้ที่มีความหมาย ช่วยเชื่อมโยงความรู้ หรือนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ได้ การที่นักเรียนค้นพบความสัมพันธ์จะส่งเสริมให้รู้จักการคาดการณ์บนพื้นฐานของเหตุผลเพื่อหาคำตอบอย่างเป็นระบบ โดยใช้คำถาม และตัวอย่างที่เหมาะสม ช่วยให้นักเรียนเห็นความเชื่อมโยงระหว่างแนวคิดกับคำถาม (ชนาธิป พรกุล, 2561) นอกจากนี้ การจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการเรียนรู้แบบค้นพบยังเป็นที่นิยมในการพัฒนาการเรียนรู้คณิตศาสตร์ของนักเรียนในประเทศสิงคโปร์ ซึ่งมีการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้โดยมีขั้นตอนต่อไปนี้ 1) **การนำเข้าสู่บทเรียน** เป็นการสร้างแรงจูงใจในการเรียนโดยใช้สถานการณ์ในชีวิตจริงมาเชื่อมโยงกับเนื้อหาสาระของบทเรียน เพื่อสร้างความตระหนักถึงประโยชน์ของการเรียนคณิตศาสตร์ผ่านเรื่องราว การสนทนากัน หรือการตั้งคำถามนำเข้าสู่เรื่อง **การทบทวน-เตรียมความพร้อม** เป็นการทบทวนความรู้เดิมซึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญและเตรียมความพร้อมก่อนเริ่มเรียนเนื้อหา **2) การสร้างความรู้ความเข้าใจ** เป็นการมุ่งเน้นให้ผู้เรียนสร้างความรู้ความเข้าใจในมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์จากการใช้คำถามกระตุ้น เพื่อให้เกิดการสำรวจ ตั้งข้อสังเกต คิดวิเคราะห์ และหาข้อสรุปเกี่ยวกับความรู้ใหม่ที่เชื่อมโยงกับความรู้เดิม โดยมีการตั้งคำถามหรือการลงมือปฏิบัติกิจกรรมทั้งที่เป็นรายบุคคลและการร่วมมือกัน เพื่อตรวจสอบความรู้ความเข้าใจ **3) การเสริมสร้างปฏิสัมพันธ์ทางสังคม** เป็นการส่งเสริมให้ผู้เรียนนำความรู้ความเข้าใจ ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ที่ได้เรียนรู้มาใช้แก้ปัญหาร่วมกัน ผ่านกิจกรรมที่มุ่งเน้นการเสริมสร้างเจตคติที่ดีต่อการเรียนรู้คณิตศาสตร์ **4) การสรุป ขยายความคิด และสะท้อนความคิด** เป็นการร่วมกันสรุปยืนยันสิ่งที่ได้จากการเรียนรู้ และมีการประยุกต์ หรือต่อยอดสิ่งที่ได้จากการเรียนรู้ไปใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์ที่เกี่ยวข้อง อีกทั้งยังส่งเสริมให้ผู้เรียนมีโอกาสได้สะท้อนผลการเรียนรู้ของตนเอง (Lee Ngan Hoe และคณะ, 2565) กิจกรรมการเรียนรู้ดังกล่าว เน้นให้นักเรียนค้นพบคำตอบ หรือความรู้ด้วยตนเอง เช่น การแนะให้นักเรียนพบแนวคิดทางคณิตศาสตร์ด้วยตนเองโดยวิธีอุปนัย ช่วยทำให้นักเรียนคิดอย่างมีเหตุผล จดจำสิ่งที่ค้นพบได้นานและเข้าใจอย่างชัดเจน นักเรียนมีความมั่นใจเพราะได้เรียนรู้สิ่งใหม่อย่างเข้าใจ ช่วยในการพัฒนาด้านความคิด ปลูกฝังนิสัยรักการค้นคว้า เพื่อหาคำตอบจากการค้นพบ ทำให้สามารถถ่ายทอดไปยังการเรียนเรื่องใหม่ได้โดยง่าย ดังนั้น การจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการเรียนรู้แบบค้นพบ จึงน่าจะช่วยพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์สำหรับผู้เรียนให้สูงขึ้นได้

ด้วยเหตุผลและความสำคัญดังกล่าว ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้กระบวนการเรียนรู้แบบค้นพบ ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง การอ่านและเขียนตารางทางเดียว ของนักเรียนชั้น

ประถมศึกษาปีที่ 3 ซึ่งจะทำให้เกิดประโยชน์ต่อการพัฒนาคุณภาพของการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ในระดับประถมศึกษาต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง การอ่านและเขียนตารางทางเดียว ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ก่อนเรียนและหลังเรียน ด้วยการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้กระบวนการเรียนรู้แบบค้นพบ
2. เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง การอ่านและเขียนตารางทางเดียว ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 หลังเรียน ด้วยการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้กระบวนการเรียนรู้แบบค้นพบ เทียบกับเกณฑ์ 75/75

ทบทวนวรรณกรรม

งานวิจัยนี้เกี่ยวข้องกับการพัฒนาการเรียนรู้ของผู้เรียนในกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) สาระการเรียนรู้แกนกลาง สาระที่ 3 สถิติและความน่าจะเป็น มาตรฐาน ค 3.1 เข้าใจกระบวนการทางสถิติ และใช้ความรู้ทางสถิติในการแก้ปัญหา ตัวชี้วัดชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ข้อ 2 เขียนตารางทางเดียวจากข้อมูลที่เป็นจำนวนนับ และใช้ข้อมูลจากตารางทางเดียวในการหาคำตอบของโจทย์ปัญหา โดยมีสาระการเรียนรู้แกนกลางที่เกี่ยวข้องกับ การเก็บรวบรวมข้อมูลและการนำเสนอข้อมูลโดยการอ่านและการเขียนตารางทางเดียว (one - way table) ซึ่งสอดคล้องกับคุณภาพผู้เรียนเมื่อจบชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ในส่วนหนึ่ง ซึ่งระบุไว้ว่า ผู้เรียนต้องอ่านและเขียนแผนภูมิรูปภาพ ตารางทางเดียว และนำไปใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560)

ความหมายของการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการเรียนรู้แบบค้นพบ

การจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการเรียนรู้แบบค้นพบได้รับอิทธิพลจากทฤษฎีพุทธินิยม (Cognitivism) โดยมีนักจิตวิทยาคนสำคัญคือ บรูเนอร์ (Bruner) และ ออซูเบล (Ausubel) ซึ่งเชื่อว่าความรู้ไม่ใช่ผลผลิตจากการท่องจำ แต่เป็นผลจากกระบวนการคิดอย่างมีเหตุผล ครูจึงต้องเน้นกระบวนการที่กระตุ้นให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง จากการศึกษาทัศนะของนักการศึกษาและนักวิชาการหลายท่าน สามารถสรุปความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบค้นพบได้ดังนี้ Bruner (1971) มีมุมมองว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการเรียนรู้แบบค้นพบ เป็นกระบวนการแก้ปัญหาและการหาข้อสรุปผ่านการตั้งคำถามและทดสอบสมมติฐาน มากกว่าการรับความรู้เฉพาะเรื่อง สำหรับบุญชม ศรีสะอาด (2545) และสุวิทย์ มูลคำ (2549) ได้ระบุว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการเรียนรู้แบบค้นพบเป็นวิธีการที่นักเรียนค้นพบคำตอบหรือมโนทัศน์ด้วยตนเองผ่านสถานการณ์ปัญหาที่ครูสร้างขึ้น โดยใช้กระบวนการที่ตรงตามธรรมชาติของวิชานั้น ๆ นอกจากนี้ทิศนา แขมมณี (2560) ได้กล่าวว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการเรียนรู้แบบค้นพบมุ่งเน้นการจัดสภาพการณ์ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนเลือกหัวข้อและวิธีการศึกษาตามความสนใจ โดยมีครูเป็นที่ปรึกษาและช่วยพัฒนาทักษะการเรียนรู้

สรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการเรียนรู้แบบค้นพบ คือ กระบวนการเรียนรู้ที่เน้นให้ผู้เรียนเผชิญกับสถานการณ์ปัญหา แล้วดำเนินการศึกษา วิเคราะห์ และหาข้อสรุปเพื่อสร้างองค์ความรู้ใหม่ด้วยตนเอง โดยเชื่อมโยงกับประสบการณ์เดิม

หลักการ จุดมุ่งหมาย และลักษณะของการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการเรียนรู้แบบค้นพบ

Bruner (1971) และนักการศึกษาท่านอื่นๆ ได้วางหลักการสำคัญของการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการเรียนรู้แบบค้นพบไว้ ดังนี้ 1) การจัดโครงสร้างความรู้ (Structure) ต้องเหมาะสมกับวัยและพัฒนาการทางสติปัญญาของผู้เรียน 2) การจัดลำดับความยากง่าย (Sequence) คำนึงถึงพัฒนาการ 3 ระดับ ได้แก่ ระดับที่ 1 การเรียนรู้ด้วยการกระทำ (Enactive) ผ่านประสบการณ์ตรงและการสัมผัส ระดับที่ 2 การเรียนรู้จากรูปภาพ (Iconic) ผ่านภาพหรือการวาดภาพในใจ ระดับที่ 3 การเรียนรู้โดยใช้สัญลักษณ์ (Symbolic) ผ่านภาษาและการเขียน 3) แรงจูงใจและแรงเสริมภายใน (Self-reinforcement) ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดความอยากรู้อยากเห็น และภาคภูมิใจเมื่อค้นพบคำตอบด้วยตนเองมากกว่าการได้รับรางวัลจากภายนอก และ 4) ปฏิสัมพันธ์ในห้องเรียน ครูควรสร้างสภาพแวดล้อมที่เอื้อต่อการสำรวจ และทำหน้าที่เป็นผู้สนับสนุน (Facilitator)

สำหรับจุดมุ่งหมายของการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการเรียนรู้แบบค้นพบ มีดังนี้ 1) เพื่อพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ สังเคราะห์ และการแก้ปัญหาอย่างมีระบบ 2) เพื่อให้ผู้เรียนเกิดความคิดสร้างสรรค์และรู้จักใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ในการหาความจริง 3) เพื่อสร้างความมั่นใจในตนเองและส่งเสริมเจตคติที่ดีต่อการเรียน และ 4) เพื่อให้ผู้เรียนสามารถสรุปกฎเกณฑ์หรือหลักการได้ด้วยตนเอง

นักการศึกษาได้แบ่งลักษณะของการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการเรียนรู้แบบค้นพบออกเป็น 2 ประเภทหลัก ดังนี้ 1) การค้นพบแบบอิสระหรือแบบแท้จริง (Pure/Unguided Discovery) มีลักษณะที่ผู้เรียนดำเนินการค้นคว้าและแก้ปัญหาเองทั้งหมดโดยครูไม่ชี้แนะ หรือแนะเพียงเล็กน้อยในส่วนของคำศัพท์พื้นฐาน และ 2) การค้นพบโดยการชี้แนะ (Guided Discovery) มีลักษณะที่ครูเป็นผู้สร้างสถานการณ์และใช้ชุดคำถามที่ผ่านการวางแผนมาอย่างดี เพื่อประคับประคองและนำทางผู้เรียนให้เข้าถึงมโนทัศน์หรือหลักการที่ต้องการ (บุญชม ศรีสะอาด, 2545; สุวิทย์ มูลคำ, 2549; ทิศนา แขมมณี, 2560)

ขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการเรียนรู้แบบค้นพบ

จากการสังเคราะห์ขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการเรียนรู้แบบค้นพบของ พจนา ทรัพย์สมาน (2550) สุนีย์ เหมะประสิทธิ์ (2557) Bruner (1971) และนักวิชาการท่านอื่นๆ สามารถสรุปขั้นตอนในการนำไปใช้จริงได้ 5 ขั้นตอน ดังนี้ 1) ขั้นเผชิญสถานการณ์ปัญหา ครูนำเสนอสถานการณ์หรือปัญหาที่น่าสนใจเพื่อกระตุ้นความอยากรู้ 2) ขั้นสำรวจและระบุปัญหา ผู้เรียนร่วมกันวิเคราะห์ ทำความเข้าใจ และระบุสิ่งที่ต้องการหาคำตอบ 3) ขั้นดำเนินการค้นพบ ผู้เรียนลงมือศึกษา ค้นคว้า รวบรวมข้อมูล หรือทดลองเพื่อหาคำตอบด้วยตนเอง 4) ขั้นสรุปผล นำข้อมูลที่ค้นพบมาอภิปรายวิเคราะห์ความสัมพันธ์ และสรุปเป็นหลักเกณฑ์หรือมโนทัศน์ และ 5) ขั้นนำไปใช้ นำความรู้หรือข้อสรุปที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ใหม่ๆ เพื่อทดสอบความเข้าใจ นอกจากนี้ Lee Ngan Hoe และคณะ (2565) ได้ออกแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการเรียนรู้แบบค้นพบโดยมีขั้นตอนในการเรียนรู้ดังนี้ ขั้นที่ 1 ขั้นกระตุ้นความสนใจ เป็นขั้นที่ครูนำเข้าสู่บทเรียน เพื่อสร้างแรงจูงใจในการเรียนโดยใช้สถานการณ์ในชีวิตจริงมาเชื่อมโยงกับเนื้อหาสาระของบทเรียน เป็นการสร้างความตระหนักถึงประโยชน์ของการเรียนคณิตศาสตร์ผ่านเรื่องราว การสนทนากัน หรือการตั้งคำถามนำเข้าสู่เรื่อง ขั้นที่ 2 ขั้นเรียนรู้ เป็นขั้นที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนสร้างความรู้ความเข้าใจในมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์จากการใช้คำถามกระตุ้นเพื่อให้เกิดการสำรวจตั้งข้อสังเกต คิดวิเคราะห์ และหาข้อสรุปเกี่ยวกับความรู้ใหม่ที่เชื่อมโยงกับความรู้เดิม โดยมีการตั้งคำถามหรือการลงมือปฏิบัติกิจกรรมทั้งที่เป็นรายบุคคลและการร่วมมือกัน เพื่อตรวจสอบความรู้ความเข้าใจ ขั้นที่ 3 ขั้นค้นพบและนำไปประยุกต์ใช้ เป็นขั้นที่นักเรียนนำความรู้ความเข้าใจ ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ที่ได้เรียนรู้มาใช้แก้ปัญหาร่วมกัน ผ่านกิจกรรมที่มุ่งเน้นการเสริมสร้างเจตคติที่ดีต่อการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ขั้นที่ 4 ขั้นสรุปและสะท้อนความคิดเป็นขั้นที่นักเรียนร่วมกันสรุปยืนยันสิ่งที่ได้จากการเรียนรู้ และสะท้อนผลการเรียนรู้ของตนเอง

ในการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการเรียนรู้แบบค้นพบ ครูมีบทบาทดังนี้ 1) เป็นผู้อำนวยความสะดวก (Facilitator) ในการเตรียมอุปกรณ์ สื่อ และจัดสิ่งแวดล้อมให้พร้อมสำหรับการค้นพบ 2) เป็นผู้ตั้งคำถาม (Questioner) เตรียมชุดคำถามที่กระตุ้นให้คิด มากกว่าการบอกคำตอบโดยตรง 3) เป็นผู้แนะแนวทาง ช่วยเหลือเมื่อผู้เรียนพบอุปสรรคในการเรียนรู้ และช่วยขัดเกลาข้อสรุปของผู้เรียนให้รัดกุมและถูกต้องตามหลักวิชาการ และ 4) เป็นผู้สร้างบรรยากาศ ส่งเสริมให้ผู้เรียนกล้าแสดงความคิดเห็นอย่างเสรีและยอมรับความคิดเห็นของผู้อื่น สำหรับนักเรียนมีบทบาทดังนี้ 1) พิจารณาและสำรวจปัญหาเพื่อทำความเข้าใจปัญหา ร่วมแสดงความคิดเห็นอย่างอิสระ 2) ปฏิบัติกิจกรรม และระดมความคิด ค้นคว้าหาข้อมูลจากแหล่งเรียนรู้ต่างๆ เพื่อนำไปสู่การค้นพบความรู้ 3) สรุปข้อค้นพบที่ได้จากการทดลองและการค้นคว้าหาข้อมูล 4) ร่วมกันทำความเข้าใจกับปัญหาจากสถานการณ์ ระดมความคิดเห็นเพื่อหาแนวทาง/วิธีการแก้ปัญหา 5) ร่วมกันปฏิบัติการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณ (สุนีย์ เหมะประสิทธิ์, 2557; วิสุดา บุญแฝง, 2560; จิราภา ปั้นทอง, 2563)

ข้อดีและข้อจำกัดของการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการเรียนรู้แบบค้นพบ

การจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการเรียนรู้แบบค้นพบส่งผลดีต่อผู้เรียนในหลายมิติ ทั้งด้านสติปัญญา กระบวนการคิด และจิตพิสัย ซึ่งสรุปประเด็นสำคัญได้ดังนี้ 1) ด้านการพัฒนาสติปัญญาและกระบวนการคิด ประกอบด้วย (1) เพิ่มพูนศักยภาพทางสติปัญญา ช่วยให้ผู้เรียนได้พัฒนาความคิดอย่างเต็มที่ ฝึกการตั้งสมมติฐาน และสอนให้ผู้เรียน "คิดเป็น" มากกว่าการท่องจำความรู้เพียงอย่างเดียว (2) การเรียนรู้มีความหมาย เมื่อผู้เรียนค้นพบข้อเท็จจริงหรือมโนทัศน์ด้วยตนเอง จะทำให้เข้าใจความหมายของสิ่งที่เรียนอย่างลึกซึ้ง (3) ฝึกทักษะการแสวงหาความรู้ ผู้เรียนได้ฝึกระบบการคิดและวิธีการจัดลำดับข้อมูล ซึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญในการแสวงหาความรู้ด้วยตนเองตลอดชีวิต 2) ด้านความคงทนและการถ่ายโยงการเรียนรู้ ประกอบด้วย (1) ความจำระยะยาว ข้อมูลที่เกิดจากการลงมือปฏิบัติและค้นพบด้วยตนเองจะถูกจัดเก็บในหน่วยความจำได้ดีกว่าการฟังบรรยาย ทำให้ความรู้คงทนไม่สูญหายง่าย (2) การถ่ายโยงความรู้ ผู้เรียนสามารถนำหลักการที่ค้นพบไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ใหม่ๆ หรือใช้แก้ปัญหาที่คล้ายคลึงกันได้ดีขึ้น 3) ด้านจิตพิสัยและแรงจูงใจ ประกอบด้วย (1) สร้างแรงจูงใจภายใน (Intrinsic Motivation) การค้นพบคำตอบด้วยตนเองทำให้นักเรียนเกิดความพึงพอใจและภาคภูมิใจ (Self-Reinforcement) กระตุ้นให้อยากเรียนรู้เพิ่มขึ้นโดยไม่ต้องรอรางวัลภายนอก (2) สร้างความเชื่อมั่นในตนเอง ช่วยให้ผู้เรียนเห็นศักยภาพของตนเองในการแก้ปัญหา ส่งเสริมให้มีความกล้าและความเชื่อมั่นในการเผชิญกับสถานการณ์ที่ซับซ้อน 4) ด้านการจัดการเรียนการสอน ประกอบด้วย (1) ผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง เปลี่ยนบทบาทผู้เรียนจากผู้รับข้อมูลเป็นผู้สร้างความรู้ และเปิดโอกาสให้มีการอภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็นระหว่างครูและนักเรียน (2) ความหลากหลายของแหล่งเรียนรู้ ส่งเสริมให้ผู้เรียนเข้าถึงแหล่งข้อมูลที่หลากหลาย ไม่จำกัดเพียงในตำราเรียน ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของ จิราภา ปั้นทอง (2563) ที่ได้ศึกษาวิจัยเรื่อง ผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบค้นพบร่วมกับคำถามระดับสูงที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย ซึ่งผลการวิจัยพบว่า ความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบค้นพบร่วมกับคำถามระดับสูง สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 และ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบค้นพบร่วมกับคำถามระดับสูง สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังนั้น การจัดการเรียนรู้แบบค้นพบ สามารถส่งเสริมให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มีความสนใจในการเรียน มีความสามารถในการคิดวิเคราะห์ คิดแก้ปัญหา และมีทัศนคติที่ดีต่อการเรียนสูงขึ้น

ข้อจำกัดของการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการเรียนรู้แบบค้นพบที่ควรคำนึงถึงมีดังนี้ 1) การใช้เวลา กระบวนการค้นพบมักใช้เวลานานกว่าการสอนแบบบรรยาย ครูจะต้องบริหารจัดการเวลาที่ทำให้สอนได้ครบตามหลักสูตร 2) ความแตกต่างระหว่างบุคคล ผู้เรียนที่มีพื้นฐานความรู้เดิมน้อยหรือขาดทักษะการคิดวิเคราะห์ อาจเกิดความคับข้องใจ

(Frustration) หากไม่สามารถค้นพบคำตอบได้ 3) ภาระงานของครู ครูต้องเตรียมตัวอย่างมากในการสร้างสถานการณ์ปัญหา เตรียมสื่ออุปกรณ์ และต้องมีทักษะการตั้งคำถามที่ชัดเจนเพื่อชี้แนะแนวทางให้ผู้เรียน 4) ความเสี่ยงในการสรุปผิด หากไม่มีการตรวจสอบหรือสรุปบทเรียน (Wrap-up) ที่ดี ผู้เรียนอาจสร้างข้อสรุปหรือความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนจากหลักการที่ถูกต้อง (สุรางค์ โค้วตระกูล, 2554; สุนีย์ เหมะประสิทธิ์, 2557; ทิศนา แขมมณี, 2560; วิสุดา บุญแฝง, 2560; จิราภา ปั้นทอง, 2563; Bruner, 1971)

สรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการเรียนรู้แบบค้นพบเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพในการพัฒนาผู้เรียนให้เป็นบุคคลแห่งการเรียนรู้ ช่วยให้ความรู้มีความคงทนและสร้างแรงจูงใจภายในได้ดี อย่างไรก็ตาม ครูผู้สอนจำเป็นต้องคำนึงถึงความพร้อมของผู้เรียนและการออกแบบสถานการณ์ปัญหาที่เหมาะสมกับเวลา เพื่อให้การเรียนรู้เกิดประโยชน์สูงสุด

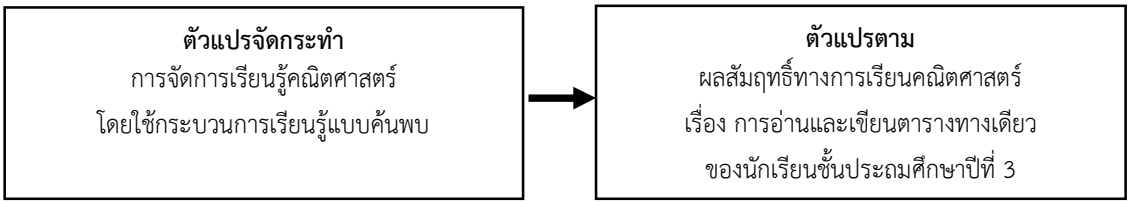
สำหรับในงานวิจัยนี้ การจัดเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้กระบวนการเรียนรู้แบบค้นพบ เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นกระบวนการตอบสนองของนักเรียนต่อสถานการณ์ต่างๆ ที่เน้นนักเรียนเป็นศูนย์กลางผ่านการเรียนรู้และค้นพบความรู้ โดยมีครูเป็นผู้กระตุ้นและอำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ ซึ่งมีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ประกอบด้วย 4 ขั้น ดังนี้ 1) **ขั้นกระตุ้นความสนใจ** เป็นขั้นที่ครูนำเข้าสู่บทเรียน เพื่อสร้างแรงจูงใจในการเรียนโดยใช้สถานการณ์ในชีวิตจริงมาเชื่อมโยงกับเนื้อหาสาระของบทเรียน เป็นการสร้างความตระหนักถึงประโยชน์ของการเรียนคณิตศาสตร์ผ่านเรื่องราว การสนทนากัน หรือการตั้งคำถามนำเข้าสู่เรื่อง 2) **ขั้นเรียนรู้** เป็นขั้นที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนสร้างความรู้ความเข้าใจในมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์จากการใช้คำถามกระตุ้นเพื่อให้เกิดการสำรวจตั้งข้อสังเกต คิดวิเคราะห์ และหาข้อสรุปเกี่ยวกับความรู้ใหม่ที่เชื่อมโยงกับความรู้เดิม โดยมีการตั้งคำถามหรือการลงมือปฏิบัติกิจกรรมทั้งที่เป็นรายบุคคลและการร่วมมือกันเพื่อตรวจสอบความรู้ความเข้าใจ 3) **ขั้นค้นพบและนำไปประยุกต์ใช้** เป็นขั้นที่นักเรียนนำความรู้ความเข้าใจทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ที่ได้เรียนรู้มาใช้แก้ปัญหาร่วมกัน ผ่านกิจกรรมที่มุ่งเน้นการเสริมสร้างเจตคติที่ดีต่อการเรียนรู้คณิตศาสตร์ และ 4) **ขั้นสรุปและสะท้อนความคิด** เป็นขั้นที่นักเรียนร่วมกันสรุปยืนยันสิ่งที่ได้จากการเรียนรู้ และสะท้อนผลการเรียนรู้ของตนเอง

ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย

ตัวแปรจัดกระทำ ได้แก่ การจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้กระบวนการเรียนรู้แบบค้นพบ

ตัวแปรตาม ได้แก่ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง การอ่านและเขียนตารางทางเดียว ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3

กรอบแนวคิดการวิจัย



ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เรียกว่า กลุ่มเป้าหมายเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนเทศบาล 2 บ้านตลาดเก่า ที่เรียนสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เรื่อง การอ่านและเขียนตารางทางเดียว ในภาคการศึกษาที่ 2 ปีการศึกษา 2568 จำนวน 1 ห้องเรียน มีนักเรียน จำนวน 27 คน ซึ่งได้มาจากการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Selecting)

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง และเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้กระบวนการเรียนรู้แบบค้นพบ เรื่อง การอ่านและเขียนตารางทางเดียว ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 4 แผน มีจำนวนคาบเรียนที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ทั้งหมด 4 คาบเรียน คาบเรียนละ 60 นาที ซึ่งผู้วิจัยเป็นผู้สร้างขึ้นเอง โดยศึกษาค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เรื่อง การอ่านและเขียนตารางทางเดียว ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 และการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้กระบวนการเรียนรู้แบบค้นพบ ที่พัฒนามาจากงานของ Lee Ngan Hoe และคณะ (2565) แล้วสร้างแผนการจัดการเรียนรู้โดยมีการศึกษามาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด เพื่อกำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ ออกแบบการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้กระบวนการเรียนรู้แบบค้นพบ เรื่อง การอ่านและเขียนตารางทางเดียว ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ซึ่งประกอบด้วย 4 ขั้น ดังนี้ 1) ขั้นกระตุ้นความสนใจ เป็นขั้นที่ครูนำเข้าสู่บทเรียน เพื่อสร้างแรงจูงใจในการเรียนโดยใช้สถานการณ์ในชีวิตจริงมาเชื่อมโยงกับเนื้อหาสาระของบทเรียน เป็นการสร้างความตระหนักถึงประโยชน์ของการเรียนคณิตศาสตร์ผ่านเรื่องราว การสนทนากัน หรือการตั้งคำถามนำเข้าสู่เรื่อง 2) ขั้นเรียนรู้ เป็นขั้นที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนสร้างความรู้ความเข้าใจในมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์จากการใช้คำถามกระตุ้นเพื่อให้เกิดการสำรวจตั้งข้อสังเกต คิดวิเคราะห์ และหาข้อสรุปเกี่ยวกับความรู้ใหม่ที่เชื่อมโยงกับความรู้เดิม โดยมีการตั้งคำถามหรือการลงมือปฏิบัติกิจกรรมทั้งที่เป็นรายบุคคลและการร่วมมือกัน เพื่อตรวจสอบความรู้ความเข้าใจ 3) ขั้นค้นพบและนำไปประยุกต์ใช้ เป็นขั้นที่นักเรียนนำความรู้ความเข้าใจทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ที่ได้เรียนรู้มาใช้แก้ปัญหาร่วมกัน ผ่านกิจกรรมที่มุ่งเน้นการเสริมสร้างเจตคติที่ดีต่อการเรียนรู้คณิตศาสตร์ และ 4) ขั้นสรุปและสะท้อนความคิด เป็นขั้นที่นักเรียนร่วมกันสรุปยืนยันสิ่งที่ได้จากการเรียนรู้ และสะท้อนผลการเรียนรู้ของตนเอง จัดทำสื่อการเรียนรู้ และกำหนดวิธีวัดและประเมินผลการเรียนรู้ จากนั้นจึงนำแผนการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้กระบวนการเรียนรู้แบบค้นพบ เรื่อง การอ่านและเขียนตารางทางเดียว ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 เสนอต่ออาจารย์นิเทศก์ และครูพี่เลี้ยง เพื่อพิจารณาให้ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับความเหมาะสมของการจัดการเรียนรู้ สื่อการเรียนรู้ การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ของนักเรียน จำนวนคาบเรียนที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ แล้วนำข้อเสนอแนะของอาจารย์นิเทศก์ และครูพี่เลี้ยงมาใช้ในการปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ให้มีความเหมาะสม พร้อมที่จะนำไปใช้ในการทดลองกับกลุ่มเป้าหมาย

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง การอ่านและเขียนตารางทางเดียว ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 เป็นแบบปรนัย ชนิดเลือกตอบ 3 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ และแบบอัตนัย ชนิดเขียนตอบ จำนวน 1 ข้อ มีคะแนนเต็ม 25 คะแนน ใช้เวลาในการทดสอบ 60 นาที ซึ่งผู้วิจัยเป็นผู้สร้างขึ้นเอง ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลก่อนเรียนและหลังเรียน โดยศึกษาหลักการพื้นฐานของการวัดและประเมินผลในเชิงปริมาณ และแนวทางการสร้างเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลในส่วนของแบบทดสอบที่มีลักษณะเป็นแบบปรนัยและอัตนัย เพื่อวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียน ศึกษาการวัดพฤติกรรมด้านพุทธิพิสัยทางคณิตศาสตร์ คุณลักษณะที่ดีของแบบทดสอบ การวิเคราะห์ข้อสอบ แล้ววิเคราะห์มาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด สาระการเรียนรู้แกนกลาง เรื่อง การอ่านและเขียนตารางทางเดียว ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 และจุดประสงค์การเรียนรู้ สร้างตารางวิเคราะห์ความสอดคล้องระหว่างเนื้อหา จุดประสงค์การเรียนรู้ กับข้อสอบในแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง การอ่านและเขียนตารางทางเดียว ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 1 ฉบับ เป็นแบบทดสอบที่มีลักษณะเป็นแบบปรนัยและอัตนัย สำหรับข้อสอบที่มีลักษณะเป็นปรนัย ชนิดเลือกตอบ 3 ตัวเลือก มีจำนวนข้อสอบ 20 ข้อ มีคะแนนเต็ม 20 คะแนน ซึ่งนักเรียนแต่ละคนจะต้องเลือกคำตอบ

ที่ถูกต้องเพียงคำตอบเดียวตามลักษณะของข้อคำถาม โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้ ถ้าตอบถูก ให้ข้อละ 1 คะแนน ถ้าตอบผิด หรือเลือกตอบมากกว่า 1 ตัวเลือก หรือไม่ตอบ ให้ข้อละ 0 คะแนน ในส่วนของข้อสอบที่มีลักษณะเป็นอัตนัย ชนิดเขียนตอบ มีจำนวนข้อสอบ 1 ข้อ มีคะแนนเต็ม 5 คะแนน โดยที่เกณฑ์การให้คะแนนใช้เกณฑ์รูบริคแบบแยกองค์ประกอบ (Analytic Rubric) ดังนี้ องค์ประกอบที่ 1 ความเข้าใจข้อมูลและการจัดหมวดหมู่ (1 คะแนน) องค์ประกอบที่ 2 ความถูกต้องครบถ้วนของข้อมูลในตาราง (2 คะแนน) องค์ประกอบที่ 3 รูปแบบและโครงสร้างของตารางทางเดียว (1 คะแนน) องค์ประกอบที่ 4 การแสดงวิธีทำอย่างเป็นลำดับขั้น (1 คะแนน) รวมจำนวนข้อสอบทั้งหมด 21 ข้อ มีคะแนนเต็ม 25 คะแนน จากนั้นจึงนำแบบทดสอบ เสนอต่ออาจารย์นิเทศก์ และครูพี่เลี้ยง เพื่อพิจารณาให้ข้อเสนอแนะเบื้องต้นก่อนนำแบบทดสอบเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 คน เพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) โดยพิจารณาความสอดคล้องระหว่างเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ จุดประสงค์การเรียนรู้ และเนื้อหาของข้อสอบ โดยใช้ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) เป็นเกณฑ์การตัดสิน โดยมีระดับการให้คะแนนดังต่อไปนี้

แน่ใจว่ามีความสอดคล้องกันระหว่างเนื้อหาทางคณิตศาสตร์และจุดประสงค์การเรียนรู้กับเนื้อหาของข้อสอบ ประเมินให้	1	คะแนน
ไม่แน่ใจว่ามีความสอดคล้องกันระหว่างเนื้อหาทางคณิตศาสตร์และจุดประสงค์การเรียนรู้กับเนื้อหาของข้อสอบ ประเมินให้	0	คะแนน
แน่ใจว่าไม่มีความสอดคล้องกันระหว่างเนื้อหาทางคณิตศาสตร์และจุดประสงค์การเรียนรู้กับเนื้อหาของข้อสอบ ประเมินให้	-1	คะแนน

ดำเนินการคำนวณค่าดัชนีความสอดคล้องและแปลผล โดยข้อสอบทั้ง 21 ข้อ มีค่าดัชนีความสอดคล้องในช่วง 0.67-1.00 แสดงว่ามีความสอดคล้องกันระหว่างเนื้อหาทางคณิตศาสตร์และจุดประสงค์การเรียนรู้ กับเนื้อหาของข้อสอบ ผู้วิจัยนำข้อสอบมาปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ แล้วจึงนำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง การอ่านและเขียนตารางทางเดียว ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ที่มีจำนวนข้อสอบทั้งหมด 21 ข้อ คะแนนเต็ม 25 คะแนน ใช้เวลาในการทดสอบ 60 นาที มาจัดรูปแบบให้สมบูรณ์เพื่อนำไปใช้เก็บรวบรวมข้อมูลกับนักเรียนที่เป็นกลุ่มเป้าหมายในการวิจัย

การดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลจากนักเรียนกลุ่มเป้าหมายด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง การอ่านและเขียนตารางทางเดียว ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ซึ่งเป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลก่อนเรียน โดยใช้เวลาในการทดสอบ 60 นาที

2. ผู้วิจัยดำเนินการจัดการเรียนรู้กับนักเรียนกลุ่มเป้าหมายตามแผนการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้กระบวนการเรียนรู้แบบค้นพบ เรื่อง การอ่านและเขียนตารางทางเดียว สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 4 แผน ใช้เวลาเรียน 4 คาบเรียน คาบเรียนละ 60 นาที ในระหว่างดำเนินการจัดการเรียนรู้กับนักเรียนกลุ่มเป้าหมายแต่ละคาบเรียน ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลคะแนนจากการทำกิจกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนซึ่งเป็นการประเมินผลการเรียนรู้ระหว่างการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้กระบวนการเรียนรู้แบบค้นพบ เรื่อง การอ่านและเขียนตารางทางเดียว ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3

3. ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลจากนักเรียนกลุ่มเป้าหมายด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง การอ่านและเขียนตารางทางเดียว ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ภายหลังจากการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้

กระบวนการเรียนรู้แบบค้นพบ เรื่อง การอ่านและเขียนตารางทางเดียว สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 เสร็จสิ้นลง ซึ่งเป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลหลังเรียน โดยใช้เวลาในการทดสอบ 60 นาที

4. ผู้วิจัยนำผลคะแนนจากการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน รวมถึงผลคะแนนจากการประเมินผลการเรียนรู้ระหว่างการจัดการเรียนรู้มาวิเคราะห์

การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้

1. การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง การอ่านและเขียนตารางทางเดียว ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ก่อนเรียนและหลังเรียน ด้วยการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้กระบวนการเรียนรู้แบบค้นพบ โดยนำผลคะแนนที่เก็บรวบรวมได้มาทำการวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา

2. การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง การอ่านและเขียนตารางทางเดียว ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้กระบวนการเรียนรู้แบบค้นพบ เทียบกับเกณฑ์ 75/75 โดยนำผลคะแนนที่เก็บรวบรวมได้มาทำการวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย และร้อยละ พิจารณาจากคะแนนเฉลี่ยไม่น้อยกว่าร้อยละ 75 ของคะแนนเต็ม จากการประเมินผลการเรียนรู้ของนักเรียนระหว่างการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้กระบวนการเรียนรู้แบบค้นพบ และคะแนนเฉลี่ยไม่น้อยกว่าร้อยละ 75 ของคะแนนเต็ม จากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่องการอ่านและเขียนตารางทางเดียว ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 หลังเรียน ด้วยการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้กระบวนการเรียนรู้แบบค้นพบ

ผลการวิจัย

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง การอ่านและเขียนตารางทางเดียว ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ที่เป็นกลุ่มเป้าหมาย ก่อนเรียนและหลังเรียน โดยนำผลคะแนนที่เก็บรวบรวมได้มาทำการวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ปรากฏผลดังตารางที่ 1 ต่อไปนี้

ตารางที่ 1 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง การอ่านและเขียนตารางทางเดียว ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ที่เป็นกลุ่มเป้าหมาย ก่อนเรียนและหลังเรียน

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง การอ่านและเขียนตารางทางเดียว	จำนวนนักเรียน (คน)	คะแนนเต็ม (คะแนน)	คะแนนเฉลี่ย (คะแนน)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ก่อนเรียน	27	25	10.19	3.09
หลังเรียน	27	25	20.19	3.05

จากตารางที่ 1 พบว่า นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 มีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง การอ่านและเขียนตารางทางเดียว ก่อนเรียน 10.19 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 3.09 และมีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง การอ่านและเขียนตารางทางเดียว หลังเรียน 20.19 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 3.05 ดังนั้น

นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 มีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง การอ่านและเขียนตารางทางเดียว หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง การอ่านและเขียนตารางทางเดียว ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้กระบวนการเรียนรู้แบบค้นพบ เทียบกับเกณฑ์ 75/75 โดยนำผลคะแนนที่เก็บรวบรวมได้มาทำการวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย และร้อยละ ปรากฏผลดังตารางที่ 2 ต่อไปนี้

ตารางที่ 2 คะแนนผลการเรียนรู้ของนักเรียนระหว่างการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้กระบวนการเรียนรู้แบบค้นพบ เรื่อง การอ่านและเขียนตารางทางเดียว ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 เทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 75 และคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง การอ่านและเขียนตารางทางเดียว หลังเรียน ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 เทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 75

ผลการวิเคราะห์	จำนวนนักเรียน (คน)	คะแนนเต็ม (คะแนน)	คะแนนเฉลี่ย (คะแนน)	ร้อยละของคะแนนเฉลี่ย
ผลการเรียนรู้ระหว่างการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์	27	40	38.52	96.30
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ หลังเรียน	27	25	20.19	80.76

จากตารางที่ 2 พบว่า นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 มีคะแนนเฉลี่ย 38.52 คะแนน จากคะแนนเต็ม 40 คะแนน คิดเป็นร้อยละของคะแนนเฉลี่ย 96.30 จากการประเมินผลการเรียนรู้ระหว่างการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เรื่อง การอ่านและเขียนตารางทางเดียว โดยใช้กระบวนการเรียนรู้แบบค้นพบ ซึ่งผ่านเกณฑ์คะแนนเฉลี่ยร้อยละ 75 และมีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง การอ่านและเขียนตารางทางเดียว หลังจากที่ได้รับการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้กระบวนการเรียนรู้แบบค้นพบ 20.19 คะแนน จากคะแนนเต็ม 25 คะแนน คิดเป็นร้อยละของคะแนนเฉลี่ย 80.76 ซึ่งผ่านเกณฑ์คะแนนเฉลี่ยร้อยละ 75 ดังนั้นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โดยใช้กระบวนการเรียนรู้แบบค้นพบ มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง การอ่านและเขียนตารางทางเดียว ผ่านเกณฑ์ 75/75 ที่ได้กำหนดไว้

การอภิปรายผล

ในการดำเนินงานวิจัย เรื่อง ผลของการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้กระบวนการเรียนรู้แบบค้นพบ ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง การอ่านและเขียนตารางทางเดียว ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 สามารถอภิปรายผลการวิจัยได้ดังนี้

จากผลการวิจัยที่พบว่า นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้กระบวนการเรียนรู้แบบค้นพบ มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง การอ่านและเขียนตารางทางเดียว หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

และนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 มีคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 96.30 จากการประเมินผลการเรียนรู้ระหว่างการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เรื่อง การอ่านและเขียนตารางทางเดียว โดยใช้กระบวนการเรียนรู้แบบค้นพบ ซึ่งผ่านเกณฑ์คะแนนเฉลี่ยร้อยละ 75 และมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง การอ่านและเขียนตารางทางเดียว หลังจากที่ได้รับการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โดยใช้กระบวนการเรียนรู้แบบค้นพบ คิดเป็นคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 80.76 ซึ่งผ่านเกณฑ์คะแนนเฉลี่ยร้อยละ 75 ดังนั้นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โดยใช้กระบวนการเรียนรู้แบบค้นพบ มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง การอ่านและเขียนตารางทางเดียว ผ่านเกณฑ์ 75/75 ที่ได้กำหนดไว้ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่าในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้เลือกใช้รูปแบบของการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โดยใช้กระบวนการเรียนรู้แบบค้นพบของ Lee Ngan Hoe และคณะ (2565) ที่ได้ออกแบบขั้นตอนในการเรียนรู้ดังนี้ ขั้นที่ 1 ขั้นกระตุ้นความสนใจ ขั้นที่ 2 ขั้นเรียนรู้ ขั้นที่ 3 ขั้นค้นพบและนำไปประยุกต์ใช้และขั้นที่ 4 ขั้นสรุปและสะท้อนความคิด ซึ่งในแต่ละขั้นตอนมีกระบวนการที่ช่วยพัฒนาผลการเรียนรู้ระหว่างเรียนและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ดังนี้ ขั้นกระตุ้นความสนใจ ช่วยสร้างแรงจูงใจในการเรียนผ่านสถานการณ์ในชีวิตจริงมาเชื่อมโยงกับเนื้อหาสาระของบทเรียน ช่วยสร้างความตระหนักถึงประโยชน์ของการเรียนคณิตศาสตร์ผ่านเรื่องราว การสนทนากัน หรือการตั้งคำถามนำเข้าสู่เรื่อง ในขั้นเรียนรู้ มุ่งเน้นให้ผู้เรียนสร้างความรู้ความเข้าใจในมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์จากการใช้คำถามกระตุ้นเพื่อให้เกิดการสำรวจตั้งข้อสังเกต คิดวิเคราะห์ และหาข้อสรุปเกี่ยวกับความรู้ใหม่ที่เชื่อมโยงกับความรู้เดิม โดยมีการตั้งคำถามหรือการลงมือปฏิบัติกิจกรรมทั้งที่เป็นรายบุคคลและการร่วมมือกัน เพื่อตรวจสอบความรู้ความเข้าใจ ขั้นค้นพบและนำไปประยุกต์ใช้ ส่งเสริมให้นักเรียนนำความรู้ความเข้าใจทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ที่ได้เรียนรู้มาใช้แก้ปัญหาร่วมกัน ผ่านกิจกรรมที่มุ่งเน้นการเสริมสร้างเจตคติที่ดีต่อการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ขั้นสรุปและสะท้อนความคิด เป็นขั้นที่นักเรียนร่วมกันสรุปยืนยันสิ่งที่ได้จากการเรียนรู้ และสะท้อนผลการเรียนรู้ของตนเอง

การจัดการเรียนรู้ตามขั้นตอนดังกล่าว เป็นกระบวนการที่ดำเนินไปอย่างต่อเนื่อง จนทำให้นักเรียนสามารถสรุปยืนยันสิ่งที่ได้จากการเรียนรู้ อีกทั้งสามารถสะท้อนผลการเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง โดยเฉพาะในขั้นเรียนรู้ นักเรียนใช้การสำรวจตั้งข้อสังเกต คิดวิเคราะห์ และหาข้อสรุปเกี่ยวกับความรู้ใหม่ที่เชื่อมโยงกับความรู้เดิมได้ ทำให้นักเรียนเรียนรู้คณิตศาสตร์อย่างมีความหมาย จึงทำให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์เรื่อง การอ่านและเขียนตารางทางเดียว หลังการจัดการเรียนรู้ไม่น้อยกว่าร้อยละ 75 ของคะแนนเต็ม คิดเป็นคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 80.76 ซึ่งผ่านเกณฑ์ 75/75 ที่ได้กำหนดไว้ ดังผลการวิจัยข้างต้น ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยส่วนหนึ่งของ จิราภา ปั้นทอง (2563) พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบค้นพบร่วมกับคำถามระดับสูงสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งการจัดการเรียนรู้แบบค้นพบ สามารถส่งเสริมให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ให้สูงขึ้นได้

บทสรุป

สรุปผลการวิจัย

1. นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้กระบวนการเรียนรู้แบบค้นพบมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง การอ่านและเขียนตารางทางเดียว หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

2. นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 มีคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 96.30 จากการประเมินผลการเรียนรู้ระหว่างการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เรื่อง การอ่านและเขียนตารางทางเดียว โดยใช้กระบวนการเรียนรู้แบบค้นพบ ซึ่งผ่านเกณฑ์คะแนนเฉลี่ยร้อยละ 75 และมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง การอ่านและเขียนตารางทางเดียว หลังจากที่ได้รับการจัดการ

เรียนรู้คณิตศาสตร์ โดยใช้กระบวนการเรียนรู้แบบค้นพบ คิดเป็นคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 80.76 ซึ่งผ่านเกณฑ์คะแนนเฉลี่ยร้อยละ 75 ดังนั้นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โดยใช้กระบวนการเรียนรู้แบบค้นพบ มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง การอ่านและเขียนตารางทางเดียว ผ่านเกณฑ์ 75/75 ที่ได้กำหนดไว้

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้แผนการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้กระบวนการเรียนรู้แบบค้นพบ เพื่อใช้เป็นแนวทางพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง การอ่านและเขียนตารางทางเดียว สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3
2. ได้แนวทางในการนำกระบวนการเรียนรู้แบบค้นพบมาใช้ในการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ในระดับประถมศึกษา

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1. จากผลการวิจัยที่พบว่า การจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้รูปแบบของการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนานักเรียนให้มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของ Lee Ngan Hoe และคณะ (2565) ได้ออกแบบการจัดการเรียนรู้แบบค้นพบ เป็นกระบวนการที่มีประสิทธิภาพ สามารถช่วยให้นักเรียนเรียนรู้คณิตศาสตร์ได้ด้วยความเข้าใจและมีความหมายมากขึ้น ซึ่งนอกจากนักเรียนจะต้องมีบทบาทอย่างมากในการสังเกตและตั้งสมมติฐานแล้ว ในขณะที่จัดการเรียนรู้ ครูผู้สอนต้องคอยสังเกตการตอบสนองและการมีปฏิสัมพันธ์ของนักเรียน คอยตั้งคำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนคิด และตั้งข้อสังเกต จนสามารถหาข้อสรุปเกี่ยวกับสาระคณิตศาสตร์ที่เรียนรู้ได้ ทั้งนี้กระบวนการจัดการเรียนรู้ควรดำเนินไปอย่างต่อเนื่อง และครูควรใช้เวลาให้มีความกระชับมากที่สุด เพื่อเชื่อมโยงความรู้ใหม่กับความรู้เดิมได้
2. ในขั้นกระตุ้นความสนใจ เพื่อนำเข้าสู่บทเรียนควรใช้สถานการณ์ในชีวิตจริงที่สอดคล้องกับประสบการณ์ของนักเรียน หรือเป็นสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน เพื่อเชื่อมโยงเข้าสู่สาระของบทเรียน จะช่วยสร้างแรงจูงใจในการเรียนรู้โดยเฉพาะถ้ามีการสนทนา หรือตั้งคำถามจากสถานการณ์ดังกล่าว จะทำให้สามารถเกิดกระบวนการเรียนรู้ในขั้นเรียนรู้ได้ดียิ่งขึ้น

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรมีการศึกษาวิจัยต่อไปว่าการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้กระบวนการเรียนรู้แบบค้นพบจะมีผลทำให้นักเรียนมีความคงทนในการเรียนรู้คณิตศาสตร์หรือไม่ อย่างไร
2. ควรมีการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้กระบวนการเรียนรู้แบบค้นพบเพื่อพัฒนานักเรียนให้มีความรู้ความเข้าใจในมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ในเนื้อหาคณิตศาสตร์อื่นที่มีความยากสำหรับนักเรียนในการเรียนรู้

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อรรถศาสน์ นิมิตรพันธ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ธนพรรษ พฤกษะวัน อาจารย์นิเทศก์ และครูพี่เลี้ยง ที่ได้ให้คำปรึกษาและข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ต่อการวิจัย และขอบคุณนักเรียน และโรงเรียนเทศบาล 2 บ้านตลาดเก่า อำเภอเมืองนครนายก จังหวัดนครนายก ที่อำนวยความสะดวกในฐานะของแหล่งฝึกประสบการณ์วิชาชีพ และแหล่งข้อมูลในการทดลอง และเก็บรวบรวมข้อมูลของผู้วิจัย

เอกสารอ้างอิง

จรียารัตน์ ใช้ช้าง. (2556). ผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะความรู้ 7 ขั้นตอน ที่เน้นการเรียนแบบร่วมมือที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนหนองยางพิทยาคม จังหวัดนครราชสีมา. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

จิราภา ปั้นทอง. (2563). ผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบค้นพบร่วมกับคำถามระดับสูงที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยบูรพา.

ชนาธิป พรกุล. (2561). กระบวนการสร้างความรู้ของครูกรณีการสอนบูรณาการ. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย: กรุงเทพฯ.

บุญชม ศรีสะอาด. (2545). การวิจัยเบื้องต้น. (พิมพ์ครั้งที่ 7). สุวีริยาสาส์น: กรุงเทพฯ.

ทิศนา แขมมณี. (2560). ศาสตร์การสอน: องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ (พิมพ์ครั้งที่ 21). สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย: กรุงเทพฯ.

พจนา ทรัพย์สมาน. (2550). การจัดการเรียนรู้โดยให้ผู้เรียนแสวงหาและค้นพบความรู้ด้วยตนเอง. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย: กรุงเทพฯ.

วิสุดา บุญแฝง. (2560). ผลการจัดการเรียนรู้แบบค้นพบที่เน้นการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณที่ส่งผลต่อความใฝ่รู้ใฝ่เรียนและผลสัมฤทธิ์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. (ปริญญานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

วิสุทธิ์ คงกัลป์. (2563). การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบ MESUK Model สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. คุรุสภาวิทยาจารย์. 1(1): 54-62.

สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ. (2568). ประกาศผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O-NET) ปีการศึกษา 2567. สืบค้นจาก https://www.niets.or.th/

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2560). คู่มือการใช้หลักสูตร กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560). โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย: กรุงเทพฯ.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2560). สรุปผลวิจัยโครงการ TIMSS 2015. สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี: กรุงเทพฯ.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2568). ผลการประเมิน PISA 2022 คณิตศาสตร์ การอ่าน และวิทยาศาสตร์ (ฉบับสมบูรณ์). สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี: กรุงเทพฯ.

สิริพร ทิพย์คง. (2549). หลักสูตรและการสอนคณิตศาสตร์. พัฒนาคุณภาพวิชาการ (พว.): กรุงเทพฯ.

สุนีย์ เหมะประสิทธิ์. (2557). การยกระดับคุณภาพการจัดการเรียนรู้ภายใต้กรอบมาตรฐานคุณวุฒิระดับอุดมศึกษาสำหรับนิสิตครูโดยการเรียนรู้แบบค้นพบ. วารสารศรีนครินทรวิโรฒวิจัยและพัฒนา (สาขามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์). 6: 199-211.

สุรางค์ โค้วตระกูล. (2554). จิตวิทยาการศึกษา. (พิมพ์ครั้งที่ 4). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย: กรุงเทพฯ.

สุวิทย์ มูลคำ. (2549). กลยุทธ์การสอนคิดวิเคราะห์. ภาพพิมพ์: กรุงเทพฯ.

Bruner J. (1971). The process of education. Harvard University Press: Cambridge, Massachusetle.

Mapradit T., Wongsan W. and Hunsuwan K. (2024). The Development of Thai Language Activity Set on Spelling Rules Using 5E Inquiry-Based Learning for Prathomsuksa 2 Students in The Primary Educational Service Area Office Bangkok, Chom Thong District. Journal of Education Rajabhat Maha Sarakham University. 21(2): 165–174.

Lee Ngan Hoe และคณะ. (2565). หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐานคณิตศาสตร์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 เล่ม 1 ตามมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551. อมรินทร์บุ๊คเซ็นเตอร์: นนทบุรี.

ผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน ที่มีต่อทักษะการเขียนสะกดคำ ที่มีความยากต่อการเรียนรู้ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

The Effects of Game-Based Learning Management on the Spelling Skills of Sixth-Grade Students that are Difficult to Learn

จุฑานันท์ ปิ่นแก้ว อรรถศาสน์ นิมิตรพันธ์* และธนพรรษ พฤกษะวัน
Jutanun Pinkaew, Auttasart Nimitpun* and Tanapat Brikshavana

คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต ศูนย์การศึกษา นครนายก
Faculty of Education Suan Dusit University Nakhon Nayok
**Corresponding Author E-mail Address : atsnmp5@gmail.com*

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ดังนี้ 1) เพื่อเปรียบเทียบทักษะการเขียนสะกดคำที่มีความยากต่อการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ก่อนเรียนและหลังเรียน ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน 2) เพื่อศึกษาทักษะการเขียนสะกดคำที่มีความยากต่อการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 หลังเรียน ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐานเทียบกับเกณฑ์การบรรลุเป้าหมายของการจัดการเรียนรู้ที่กำหนดไว้ กลุ่มเป้าหมายในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนสาธิตละอออุทิศ นครนายก ที่เรียนสาระการเรียนรู้ภาษาไทย ในภาคการศึกษาที่ 2 ปีการศึกษา 2568 จำนวน 25 คน ซึ่งได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ทั้งก่อนเรียนและหลังเรียน คือ แบบทดสอบวัดทักษะการเขียนสะกดคำที่มีความยากต่อการเรียนรู้ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 เป็นแบบปรนัยและอัตนัย จำนวนทั้งหมด 30 ข้อ มีคะแนนเต็ม 30 คะแนน ที่มีค่าความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาในช่วง 0.67 – 1.00 วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ การหาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และหาค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยทักษะการเขียนสะกดคำที่มีความยากต่อการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 หลังเรียน ด้วยการจัดการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน ไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม ผลการวิจัยมีดังนี้ 1) นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน มีทักษะการเขียนสะกดคำที่มีความยากต่อการเรียนรู้ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และ 2) นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน มีคะแนนเฉลี่ยทักษะการเขียนสะกดคำที่มีความยากต่อการเรียนรู้ หลังเรียน คิดเป็นร้อยละ 54.53 ซึ่งไม่บรรลุเป้าหมายของการจัดการเรียนรู้ที่กำหนดไว้

คำสำคัญ: การจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน ทักษะการเขียนสะกดคำ

Abstract

This research aimed to: 1) compare the spelling skills of sixth-grade students with difficult words before and after instruction using game-based learning; and 2) examine the post-instructional scores of sixth-grade students with difficult words using game-based learning against established learning objectives. The target group for this research consisted of 25 sixth-grade students from La-orutis Demonstration School, Nakhon Nayok, studying the Thai language in the second semester of the 2025 academic year. These students received game-based learning. Data were collected both before and after the intervention using a 30-item multiple-choice and essay test with a maximum score of 30, possessing content validity ranging from 0.67 to 1.00. Descriptive statistics, including mean, standard deviation, and percentage of the post-instructional scores on difficult words, were used. The research findings, which aimed for a score of at least 70% of the total score, are as follows: 1) Sixth-grade students who received game-based learning demonstrated significantly higher post-test scores in spelling difficult words compared to pre-test scores; and 2) Sixth-grade students who received game-based learning had an average post-test score of 54.53% in spelling difficult words, which did not meet the set learning objectives.

Keywords: game-based learning, the spelling skills

บทนำ

ในสังคมยุคดิจิทัล ภาษาไทยไม่ได้เป็นเพียงภาษาที่ใช้ในการสื่อสารภายในประเทศเท่านั้น หากยังเป็นองค์ประกอบสำคัญในการรักษาเอกลักษณ์ทางวัฒนธรรมและอัตลักษณ์ของชาติ อีกทั้งยังเป็นเครื่องมือในการถ่ายทอดภูมิปัญญา ความคิดและค่านิยมของสังคมไทยจากรุ่นหนึ่งไปสู่อีกรุ่นหนึ่ง การส่งเสริมให้เยาวชนมีความรู้ ความเข้าใจ และทักษะการใช้ภาษาไทยอย่างถูกต้อง จึงมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการธำรงไว้ซึ่งความเป็นไทยท่ามกลางกระแสการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วของสื่อเทคโนโลยี และบริบททางการเรียนรู้ มีผลทำให้ระบบการศึกษาไทยจำเป็นต้องปรับกระบวนการเรียนรู้ให้เท่าทันกับการเปลี่ยนแปลงนั้น อาทิ การประยุกต์ใช้สื่อออนไลน์ แพลตฟอร์มเกม และสื่อการเรียนรู้เชิงโต้ตอบกับผู้เรียน ซึ่งสอดคล้องกับแนวโน้มการศึกษาทั่วโลกที่มุ่งเน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง และส่งเสริมการเรียนรู้แบบบูรณาการที่เชื่อมโยงความรู้ใหม่กับเทคโนโลยีสารสนเทศ ดังนั้น การศึกษาภาษาไทยในปัจจุบันจึงไม่ได้จำกัดอยู่เพียงการเรียนรู้ทักษะทางภาษาในระดับพื้นฐานเท่านั้น แต่ยังมุ่งเน้นการพัฒนาความสามารถของผู้เรียนในการใช้ภาษาไทยได้อย่างถูกต้อง เหมาะสม และมีประสิทธิภาพในบริบทที่หลากหลายทั้งในห้องเรียนและนอกห้องเรียน (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560)

สำหรับในด้านการศึกษานั้น ภาษาไทยเป็นภาษาประจำชาติที่มีความสำคัญอย่างยิ่ง เนื่องจากเป็นเครื่องมือพื้นฐานในการสื่อสาร การเรียนรู้ และการดำรงชีวิตของคนไทย การใช้ภาษาไทยอย่างถูกต้องทั้งในด้านการฟัง การพูด การอ่าน และการเขียน จึงเป็นรากฐานสำคัญของการเรียนรู้ในทุกกลุ่มสาระการเรียนรู้ และสร้างความเข้าใจร่วมกันระหว่างผู้เรียนกับผู้สอน โดยเฉพาะ “ทักษะการเขียน” ซึ่งเป็นกระบวนการที่แสดงออกทางความคิด เหตุผล และความรู้สึกอย่างเป็นระบบ การเขียนให้ถูกต้องตามหลักอักขรวิธีของภาษาไทยจึงเป็นทักษะที่ผู้เรียนควรได้รับการส่งเสริมและฝึกฝนอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ระดับ

ประถมศึกษา เพื่อสร้างพื้นฐานด้านภาษาให้กับนักเรียน โดยเฉพาะนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ซึ่งเป็นช่วงชั้นสำคัญก่อนเข้าสู่การศึกษาในระดับที่สูงขึ้น

ทักษะการเขียนสะกดคำ เป็นความสามารถเฉพาะเชิงกระบวนการที่มีความซับซ้อนมากกว่าทักษะอื่น ซึ่งในภาษาไทยมีระบบวรรณยุกต์ พยัญชนะ สระ และการผสมคำที่มีรูปแบบเฉพาะ อีกทั้งยังมีการยืมคำจากภาษาต่างประเทศจำนวนมาก ซึ่งส่งผลให้การสะกดคำได้ถูกต้องเป็นเรื่องที่ต้องอาศัยความเข้าใจในโครงสร้างของภาษาและการฝึกฝนอย่างต่อเนื่อง ความผิดพลาดในการสะกดคำไม่เพียงส่งผลต่อความสวยงามของภาษาเท่านั้น แต่ยังอาจทำให้ความหมายของข้อความเปลี่ยนแปลงไป ทำให้เกิดความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนได้ การพัฒนาทักษะการเขียนสะกดคำจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งในระดับประถมศึกษา ซึ่งเป็นช่วงวัยที่ผู้เรียนเริ่มสร้างพื้นฐานทางภาษา ซึ่งสอดคล้องงานวิจัยของ นันทิชา นาล่อง และอัฐพล อินต๊ะเสนา (2568) ที่ให้ความสำคัญกับการพัฒนาทักษะการเขียนสะกดคำภาษาไทยของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสมองเป็นฐานร่วมกับแบบฝึกทักษะ ซึ่งมีผลการวิจัยพบว่า คะแนนเฉลี่ยหลังการเรียนของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 คิดเป็นร้อยละ 88.57 ซึ่งสูงกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และจากการที่ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ความสำเร็จของการเขียนสะกดคำในระดับประถมศึกษา โดยการสัมภาษณ์ครู พบว่านักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 มีทักษะการเขียนสะกดคำที่ยังไม่น่าพอใจเท่าที่ควร และยังมีความยากสำหรับนักเรียนในการเรียนรู้โดยเฉพาะการเขียนสะกดคำที่มีความยากต่อการเรียนรู้ ซึ่งได้ระบุไว้ในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551

ในปัจจุบัน การเรียนรู้เกี่ยวกับการสะกดคำภาษาไทยได้มีการพัฒนาและปรับเปลี่ยนรูปแบบให้สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยีและพฤติกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียน แพลตฟอร์มออนไลน์และเกมการศึกษามีบทบาทสำคัญในการส่งเสริมการเรียนรู้เชิงรุก (Active Learning) โดยช่วยกระตุ้นความสนใจของผู้เรียนและสร้างแรงจูงใจในการเรียนรู้ให้เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง การเรียนรู้ผ่านสื่อดิจิทัลไม่เพียงเป็นการถ่ายทอดความรู้เชิงเนื้อหาเท่านั้น แต่ยังเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้ผ่านการโต้ตอบ และการแข่งขันระหว่างผู้เรียน ทำให้การสะกดคำไม่ใช่เพียงการท่องจำเชิงกลไกหากแต่เป็นกระบวนการเรียนรู้ที่ผู้เรียนสามารถคิดวิเคราะห์ เชื่อมโยงหลักภาษา และฝึกปฏิบัติด้วยตนเอง บทเรียนออนไลน์ที่นำเสนอผ่านกิจกรรมแบบมีส่วนร่วม เช่น เกมจับคู่คำสะกด การสะกดคำผ่านเสียง และแบบฝึกหัดเชิงโต้ตอบ ส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถจดจำลักษณะพยัญชนะ สระ วรรณยุกต์ ตัวสะกด และตัวการันต์ ได้ดีกว่าการจัดการเรียนรู้แบบเดิม อีกทั้งยังช่วยให้ผู้เรียนเกิดความมั่นใจในการใช้ภาษาไทยมากขึ้น (กันยารัตน์ พุดตาลดง และกาญจนา วิชญาปกรณ์, 2566) ยกตัวอย่างแพลตฟอร์มดิจิทัล เช่น Baamboozle, Wordwall หรือ Blooket สามารถออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการมีส่วนร่วมของผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ส่งผลให้กระบวนการเรียนรู้การสะกดคำภาษาไทยกลายเป็นกิจกรรมที่สนุกสนาน มีความท้าทาย และช่วยพัฒนาทักษะทางภาษาในระยะยาว การบูรณาการเทคโนโลยีเข้ากับการเรียนรู้การสะกดคำภาษาไทยจึงเป็นแนวทางสำคัญของการจัดการเรียนรู้ภาษาไทยในศตวรรษที่ 21 ซึ่งเน้นให้ผู้เรียนเป็นผู้สร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองผ่านประสบการณ์ตรง โดยเฉพาะในระดับประถมศึกษา ซึ่งเป็นช่วงวัยที่ผู้เรียนเริ่มพัฒนาความสามารถด้านการอ่านและการเขียน การใช้แพลตฟอร์มออนไลน์และเกมการศึกษาจึงช่วยเสริมสร้างแรงจูงใจ และความเข้าใจในหลักภาษาไทยมากยิ่งขึ้น (จุฑามาศ ชำนาญ และคณะ, 2568)

การจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน เป็นการสร้างความสนใจให้กับนักเรียนได้มีความสนุกสนานไปพร้อมกับการเรียนสาระความรู้ ซึ่งกิจกรรมเกมจะช่วยเพิ่มทักษะความสามารถด้านอื่น ๆ ให้นักเรียนเกิดความเข้าใจในการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์ที่ครูได้มีการกำหนด นักเรียนจะต้องปฏิบัติตามกติกา สามารถนำความรู้ความเข้าใจ ข้อมูลของเกม วิธีการเล่นและผลการเล่นกิจกรรมเกมของนักเรียนมาใช้เพื่อสรุปการเรียนรู้ การจัดประสบการณ์โดยนำกิจกรรมเกมการจัดประสบการณ์ตรง เน้นนักเรียนเป็นสำคัญในกิจกรรมการเรียนรู้ ส่งเสริมกระบวนการเล่น ฝึกการสังเกต มีมโนทัศน์เกี่ยวกับสิ่งที่เรียน สรุป

ความรู้ที่ได้รับอย่างสนุกสนาน (กฤดาภัทร สีหารี, 2561; ภวิกา เลาหไพฑูรย์ และกมล โพธิเย็น, 2561) การจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน จึงเป็นการนำรูปแบบกิจกรรมเกมเข้ามาเป็นส่วนหนึ่งของการสร้างแรงจูงใจให้บรรยากาศการจัดกิจกรรมภายในชั้นเรียนมีความน่าสนใจมากยิ่งขึ้น เป็นการแก้ปัญหาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในรูปแบบเดิม ที่นักเรียนมีส่วนร่วมภายในชั้นเรียน แต่ยังพบอุปสรรคในการขาดแรงจูงใจในการเรียนรู้

จากเหตุผลและความสำคัญดังกล่าว ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน ที่มีต่อทักษะการเขียนสะกดคำที่มีความยากต่อการเรียนรู้ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการปรับปรุงทักษะการเขียนสะกดคำของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 และเป็นแนวทางสำหรับผู้สอนในการจัดการเรียนรู้เกี่ยวกับการพัฒนาทักษะการเขียนสะกดคำที่มีความยากต่อการเรียนรู้ของนักเรียนต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบทักษะการเขียนสะกดคำที่มีความยากต่อการเรียนรู้ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ก่อนเรียนและหลังเรียน ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน
2. เพื่อศึกษาทักษะการเขียนสะกดคำที่มีความยากต่อการเรียนรู้ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน เทียบกับเกณฑ์การบรรลุเป้าหมายของการจัดการเรียนรู้ที่กำหนดไว้

ทบทวนวรรณกรรม

งานวิจัยนี้เกี่ยวข้องกับการพัฒนาการเรียนรู้ของผู้เรียนในกลุ่มสาระการเรียนรู้ภาษาไทย ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) สาระการเรียนรู้แกนกลาง สาระที่ 2 การเขียน มาตรฐาน ท 2.1 ใช้กระบวนการเขียนสื่อสาร เขียนเรียงความ ย่อความ และเขียนเรื่องราวในรูปแบบต่าง ๆ เขียนรายงานข้อมูลสารสนเทศและรายงานการศึกษาค้นคว้าอย่างมีประสิทธิภาพ ตัวชี้วัดชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ข้อ 2 เขียนสื่อสารโดยการใช้คำได้ถูกต้องชัดเจนและเหมาะสม โดยมีสาระการเรียนรู้แกนกลางที่เกี่ยวข้องกับการเขียนสะกดคำตามอักขรวิธี ซึ่งสอดคล้องกับคุณภาพผู้เรียนเมื่อจบชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ในส่วนหนึ่ง ซึ่งระบุไว้ว่า ผู้เรียนต้องมีทักษะการเขียนสะกดคำ แต่งประโยค และเขียนข้อความ ตลอดจนเขียนสื่อสารโดยใช้ถ้อยคำชัดเจนเหมาะสม (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560)

แนวคิดเกี่ยวกับการเขียนสะกดคำ

การเขียนสะกดคำเป็นทักษะพื้นฐานที่สำคัญของการสื่อสารทางลายลักษณ์อักษร ซึ่งนักวิชาการหลายท่านได้ให้ความหมายไว้ในทิศทางที่สอดคล้องกัน ดังนี้ การเขียนสะกดคำ หมายถึง การถ่ายทอดภาษาพูดออกมาเป็นตัวอักษรโดยใช้ระบบอักขรวิธีของภาษาไทยให้ถูกต้อง ประกอบด้วย การจัดวางพยัญชนะ สระ วรรณยุกต์ ตัวสะกด และตัวการันต์ ตามโครงสร้างและกฎเกณฑ์ของภาษา เพื่อให้คำที่เขียนมีรูปแบบที่สมบูรณ์และสามารถสื่อความหมายได้อย่างแม่นยำ กุสุมา คำผาง และภาวิณี โสธายะเพ็ชร (2564) ระบุว่า ทักษะดังกล่าวสะท้อนถึงความสามารถของผู้เรียนในการจัดลำดับอักขระให้สอดคล้องกับมาตราตัวสะกดอย่างเป็นระบบตามหลักเกณฑ์ทางภาษาไทย สำหรับ เจษฎา บุญมาโฮม และปนัดดา พินรัตน์ (2566) ให้ความเห็นว่า การเขียนสะกดคำเป็นการเขียนคำตามกฎอักขรวิธีที่ถูกต้อง ครอบคลุมทั้งส่วนที่เป็นพยัญชนะ สระ วรรณยุกต์ ตัวสะกด และตัวการันต์ อีกทั้ง พรพักตร์ อินคง และสมิต ค่อยประเสริฐ (2568) เน้นย้ำว่า การเขียนสะกดคำเป็นความสามารถในการใช้ตัวสะกดตามมาตราต่าง ๆ ได้อย่างถูกต้อง ซึ่งถือเป็นองค์ประกอบสำคัญที่แสดงถึงความแม่นยำในการใช้ภาษาไทยในรูปแบบงานเขียน

สรุปความหมายของการเขียนสะกดคำในการวิจัยครั้งนี้ หมายถึง ความสามารถของผู้เรียนในการใช้ตัวอักษรและสระภาษาไทยให้ถูกต้องตามหลักการเขียนและการสะกดคำ ทั้งในด้านรูปแบบคำ การวางสระ การใช้วรรณยุกต์ และการเว้นวรรคอย่างเหมาะสม เพื่อให้ข้อความที่เขียนมีความถูกต้อง ชัดเจน และเข้าใจง่าย ทั้งนี้ ณัฐพงศ์ เชื้อเพชร (2560) ได้ศึกษาปัญหาการเขียนสะกดคำของนักเรียนระดับประถมศึกษา ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีการสะกดคำผิดเฉลี่ยร้อยละ 30 ของแบบทดสอบมาตรฐาน โดยเฉพาะคำที่มีมาตราตัวสะกดที่มีความยากและซับซ้อน โดยในงานวิจัยนี้ให้ความสำคัญกับการเขียนสะกดคำที่มีความยากต่อการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ซึ่งหมายถึง คำที่มักเขียนผิดได้รับการกำหนดไว้ในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 ชั้นประถมศึกษาปี่ 6 ที่นักเรียนมักเขียนผิดหรือมีความซับซ้อนทางโครงสร้างภาษา อันเนื่องมาจากรูปแบบการประสมคำ การใช้ตัวสะกดไม่ตรงตามมาตรา การใช้พยัญชนะควบกล้ำ ตัวการันต์ วรรณยุกต์ ส่งผลให้เกิดความสับสนในการสะกดคำ

การเขียนสะกดคำที่ถูกต้องไม่ได้เป็นเพียงการทำตามกฎเกณฑ์เท่านั้น แต่ยังมีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาศักยภาพของผู้เรียนในหลายมิติ ดังนี้ 1) ประสิทธิภาพในการสื่อสาร การสะกดคำที่ถูกต้องช่วยลดความคลาดเคลื่อนในการสื่อความหมาย ป้องกันการเข้าใจผิดที่อาจเกิดจากการใช้รูปคำผิดเพี้ยนไปจากมาตรฐาน 2) การสะท้อนตัวตนและภาพลักษณ์ การเขียนสะกดคำสะท้อนถึงระดับความรู้ ความประณีต และความเอาใจใส่ของผู้เขียน ซึ่งเป็นภาพลักษณ์ที่สำคัญในการติดต่อสื่อสารผ่านเอกสาร หรือจดหมายในปัจจุบัน 3) ความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะการสะกดคำมีความสัมพันธ์โดยตรงกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาภาษาไทยในภาพรวม และเป็นรากฐานสำคัญในการต่อยอดไปสู่ทักษะการอ่าน การสรุปใจความ และการสร้างสรรค์งานเขียนที่ซับซ้อนขึ้น (สารสิน เล็กเจริญ, 2554; พระมหาโยธิน ไกรษร, 2565; จุฑามาศ ชำนาญ และคณะ, 2568)

สรุปความสำคัญของการเขียนสะกดคำได้ว่า เป็นดัชนีชี้วัดความเข้าใจในโครงสร้างภาษาไทย ทั้งด้านระบบเสียงและการผสมคำ ช่วยสร้างความเชื่อมั่นในการสื่อสาร และเป็นปัจจัยหลักในการพัฒนาสมรรถนะทางภาษาอย่างยั่งยืน

จากการศึกษาประโยชน์ของการเขียนสะกดคำ พบว่า เมื่อผู้เรียนพัฒนาทักษะการเขียนสะกดคำให้ดีขึ้น จะได้รับประโยชน์ในด้านต่าง ๆ ดังนี้ 1) เสริมสร้างทักษะทางภาษาด้านอื่น ๆ ทักษะการสะกดคำที่ดีจะส่งผลบวกต่อความสามารถในการอ่านเชิงวิเคราะห์ เพราะเมื่อนักเรียนเข้าใจโครงสร้างของคำที่ถูกต้อง จะทำให้การผลิตข้อความและการรับสารมีประสิทธิภาพสูงขึ้น 2) พัฒนาทัศนคติและความเชื่อมั่น ผู้เรียนที่สามารถสะกดคำได้แม่นยำมักมีแนวโน้มที่จะมีทัศนคติที่ดีต่อการเรียนภาษาไทย มีความภาคภูมิใจ และกล้าที่จะมีส่วนร่วมในกิจกรรมทางภาษาอย่างกระตือรือร้น 3) สร้างนิสัยความรอบคอบ กระบวนการฝึกเขียนสะกดคำช่วยปลูกฝังนิสัยการทำงานที่ละเอียดรอบคอบ และความตระหนักถึงคุณค่าของการใช้ภาษาประจำชาติให้ถูกต้องเหมาะสม (วจนะพร สีเกาะ และคณะ, 2567; จุฑามาศ ชำนาญ และคณะ, 2568)

สรุปประโยชน์ของการเขียนสะกดคำได้ว่า การเขียนสะกดคำที่ถูกต้องเป็นหัวใจสำคัญที่ช่วยยกระดับความแม่นยำในการสื่อสาร เพิ่มพูนความมั่นใจให้กับผู้เรียน และเป็นเครื่องมือสำคัญในการแสวงหาความรู้ในระดับชั้นที่สูงขึ้นต่อไป

แนวคิดเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน

ในการศึกษาแนวคิดเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน นักการศึกษาทั้งในประเทศและต่างประเทศได้ให้ความหมายของการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน ไว้ในทิศทางที่สอดคล้องกัน ดังนี้ ในมิติด้านวัตถุประสงค์และการออกแบบนั้น Cojocariua and Boghian (2014) และ Dalton (2016) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน เป็นรูปแบบการเล่นเกมที่มีการกำหนดผลการเรียนรู้และวัตถุประสงค์ไว้อย่างชัดเจน โดยเนื้อหาในเกมต้องมีความเหมาะสมกับระดับความสามารถของผู้เล่น เพื่อให้ผู้เล่นสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้ ในมิติด้านการมีส่วนร่วมและแรงจูงใจ Homer and Kinzer (2015) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน เป็นสื่อที่สร้างแรงจูงใจและกระตุ้นการมี

ส่วนร่วม ช่วยเปลี่ยนเนื้อหาที่ยากหรือซับซ้อนให้เข้าใจง่ายขึ้นผ่านความสนุกสนาน ทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง ในมิติด้านนวัตกรรมและสื่อการสอน ประหยัด จิระวรพงศ์ (2546) สุชาติ แสนพิช (2555) และ ฉัตรกมล ประจวบลาภ (2559) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน เป็นนวัตกรรมสื่อการเรียนรู้ที่สอดแทรกเนื้อหาหลักสูตรลงในเกม เพื่อให้ผู้เรียนได้ฝึกปฏิบัติและได้รับความรู้ไปพร้อมกับความเพลิดเพลิน

สรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน เป็นกระบวนการจัดกิจกรรมที่ผู้วิจัยออกแบบโดยใช้เกมเป็นสื่อหลัก มีกติกาและเป้าหมายที่สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ผ่านการเล่นและการลงมือปฏิบัติอย่างกระตือรือร้น

จากการศึกษาแนวคิดของ สุวิทย์ มูลคำ และอรทัย มูลคำ (2545) รวมถึง ทิศนา แขมมณี (2560) สามารถสรุปองค์ประกอบสำคัญของการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน ได้ 4 ประการ ดังนี้ 1) บุคลากร ประกอบด้วยผู้สอนที่ทำหน้าที่ผู้อำนวยความสะดวก และผู้เรียน 2) เครื่องมือและกฎเกณฑ์ ได้แก่ ตัวเกม และกติกาการเล่นที่ชัดเจน 3) กระบวนการ เป็นการดำเนินกิจกรรมหรือการเล่นตามกติกาที่กำหนด และ 4) การสะท้อนเรียนรู้ เป็นการอภิปรายผลหลังการเล่นเพื่อสรุปองค์ความรู้และประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สำหรับในการจำแนกประเภทของเกมสามารถจำแนกตามลักษณะต่าง ๆ เพื่อความสะดวกในการเลือกใช้ได้ ดังนี้ 1) จำแนกตามวัตถุประสงค์ ประกอบด้วย เกมที่มีวัสดุ และ เกมที่ไม่มีวัสดุ เช่น บอร์ดเกม ไพ่ บทบาทสมมติ เกมใบ้คำ 2) จำแนกตามจำนวนผู้เล่น ประกอบด้วย รายบุคคล รายกลุ่ม แบ่งเป็นผลัด เช่น เกมต่อภาพ เกมทีม เกมบิงโกแบบผลัด 3) จำแนกตามลักษณะการเล่น ประกอบด้วย การแข่งขัน การสร้างสัมพันธ์กลุ่ม เช่น เกมที่มีแพ้-ชนะ เกมละลายพฤติกรรม เป็นต้น

ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยเลือกใช้ เกมแข่งขัน (Competition Game) โดยแบ่งผู้เรียนเป็นกลุ่มเพื่อตอบคำถามและสะสมคะแนน เพื่อกระตุ้นความกระตือรือร้นและการทำงานร่วมกัน

ผู้วิจัยได้สังเคราะห์กระบวนการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐานจากแนวคิดของ ภาสกร ใหลสกุล (2558) และ Guido (2016) แบ่งออกเป็น 5 ขั้นตอนหลัก ดังนี้ 1) ขั้นวิเคราะห์ มีการศึกษาความต้องการ วัยของผู้เรียน และขอบเขตเนื้อหาบทเรียน 2) ขั้นกำหนดเป้าหมาย มีการกำหนดวัตถุประสงค์การเรียนรู้ให้ชัดเจน 3) ขั้นสร้างและพัฒนา มีการออกแบบหรือเลือกเกมที่เหมาะสมกับเนื้อหา 4) ขั้นทดสอบ มีการนำเกมไปทดลองใช้ (Try-out) เพื่อปรับปรุงข้อบกพร่อง 5) ขั้นนำไปใช้จริง มีการดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้กับกลุ่มเป้าหมาย

ในการนำเกมมาใช้ประกอบการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยได้สรุปขั้นตอนการดำเนินกิจกรรมไว้ 4 ขั้นตอน ตามแนวคิดของ ศิริพร หงส์พันธุ์ (2542) และ ทิศนา แขมมณี (2560) ดังนี้ 1) ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน เป็นการกระตุ้นความสนใจและเตรียมความพร้อมผู้เรียน 2) ขั้นกิจกรรม มีการชี้แจงกติกา สาธิตวิธีการ และดำเนินการเล่นเกมตามที่กำหนด 3) ขั้นประเมินผลการเล่น มีการประกาศผลการแข่งขัน ให้รางวัล และประเมินพฤติกรรมการเรียนรู้ 4) ขั้นสรุป ครูและผู้เรียนร่วมกันอภิปราย สรุปความรู้ที่ได้รับ และทบทวนความเข้าใจ ทั้งนี้มีผลการวิจัยของ สุนิษฐา บุญศรี และคณะ (2563) ได้ศึกษาผลการใช้แผนการจัดการเรียนรู้ผ่านเกม เรื่อง การเขียนสะกดคำ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 พบว่า แผนการจัดการเรียนรู้ผ่านเกม เรื่อง การเขียนสะกดคำ มีประสิทธิภาพเท่ากับ 90.22/88 และนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ที่เรียนด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ผ่านเกม เรื่อง การเขียนสะกดคำ มีคะแนนเขียนสะกดคำสูงกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 และมีผลการวิจัยบางประการของ ประไพ สุวรรณสารคุณ (2553) ได้ศึกษาการพัฒนาทักษะผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านการเขียนสะกดคำยาก ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมการศึกษา พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านการเขียนสะกดคำยาก ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 หลังการได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมการศึกษา สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 นอกจากนี้มีผลการวิจัยของ Nurul (2018) ที่ได้ศึกษาประสิทธิภาพของการสะกดคำ ด้วยเกมกับความเชี่ยวชาญด้านคำศัพท์

ของนักเรียน พบว่า เกมเป็นเครื่องมือสำหรับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ และการใช้เกมสะกดคำเป็นเครื่องมือในการจัดการเรียนรู้เพิ่มความเชี่ยวชาญในการเรียนรู้คำศัพท์ของนักเรียนได้

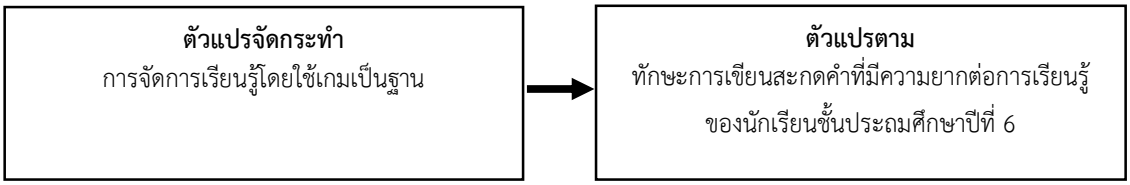
สำหรับในงานวิจัยนี้ การจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน หมายถึง กระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยออกแบบและนำเกมมาใช้เป็นสื่อและเครื่องมือหลักในการจัดการเรียนการสอน โดยมีการกำหนดกติกา ขั้นตอน และเป้าหมายของเกมอย่างชัดเจน ให้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้และเนื้อหาของรายวิชา เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ผ่านการเล่น การลงมือปฏิบัติ และการมีส่วนร่วมในกิจกรรมอย่างกระตือรือร้น มี 4 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน 2) ขั้นกิจกรรมนักเรียนศึกษากติกาและเริ่มเล่นเกม 3) ขั้นประเมินผลการเล่นเกม 4) ขั้นสรุป ทบทวนความรู้ความเข้าใจ โดยการวิจัยในครั้งนี้จะใช้เกมการแข่งขัน (Competition Game)

ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย

ตัวแปรจัดกระทำ ได้แก่ การจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน

ตัวแปรตาม ได้แก่ ทักษะการเขียนสะกดคำที่มีความยากต่อการเรียนรู้ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

กรอบแนวคิดการวิจัย



ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เรียกว่า กลุ่มเป้าหมายเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนสาธิตละอออุทิศนครนายก ที่เรียนสาระการเรียนรู้ภาษาไทย ในภาคการศึกษาที่ 2 ปีการศึกษา 2568 จำนวน 25 คน ซึ่งได้มาจากการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Selecting) ประกอบด้วยนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6/1 จำนวน 14 คน และนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6/2 จำนวน 11 คน โดยที่โรงเรียนได้จัดห้องเรียนแบบคละความสามารถในการเรียนรู้ของนักเรียน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง และเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ภาษาไทยโดยใช้เกมเป็นฐาน เรื่อง ภาษาพาที สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 4 แผน มีจำนวนคาบเรียนที่ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทั้งหมด 4 คาบเรียน คาบเรียนละ 50 นาที ซึ่งผู้วิจัยเป็นผู้สร้างขึ้นเอง โดยศึกษาค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ภาษาไทย เรื่อง ภาษาพาที ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่มุ่งเน้นการพัฒนาทักษะการเขียนสะกดคำ และการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐานเพื่อพัฒนาทักษะการเขียนสะกดคำที่มีความยากต่อการเรียนรู้ ซึ่งประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน 2) ขั้นกิจกรรม 3) ขั้นประเมินผลการเล่นเกม 4) ขั้นสรุป แล้วสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ โดยมีการศึกษามาตรฐานการเรียนรู้ตัวชี้วัด เพื่อกำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ ออกแบบการจัดการเรียนรู้ภาษาไทยโดยใช้เกมเป็นฐาน เรื่อง ภาษาพาที สำหรับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ซึ่งประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน 2) ขั้นกิจกรรม นักเรียนศึกษากติกาและเริ่มเล่น

เกม 3) ขั้นประเมินผลการเล่นเกม 4) ขั้นสรุป ทบทวนความรู้ความเข้าใจ โดยการวิจัยในครั้งนี้จะใช้เกมการแข่งขัน แล้วจัดทำสื่อการเรียนรู้ และกำหนดวิธีวัดและประเมินผลการเรียนรู้ จากนั้นจึงนำแผนการจัดการเรียนรู้ภาษาไทยโดยใช้เกมเป็นฐาน เรื่อง ภาษาพาที สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 เสนอต่ออาจารย์นิเทศก์ และครูพี่เลี้ยง เพื่อพิจารณาให้ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับความเหมาะสมของการจัดการเรียนรู้ สื่อการเรียนรู้ การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ของนักเรียน จำนวนคาบเรียนที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ แล้วนำข้อเสนอแนะของอาจารย์นิเทศก์ และครูพี่เลี้ยงมาใช้ในการปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ให้มีความเหมาะสม พร้อมที่จะนำไปใช้ในการทดลองกับกลุ่มเป้าหมาย

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แบบทดสอบวัดทักษะการเขียนสะกดคำที่มีความยากต่อการเรียนรู้ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 เป็นแบบปรนัยและอัตนัย แบ่งออกเป็น 4 ตอน ได้แก่ ตอนที่ 1 ให้นักเรียนวงกลมคำที่สะกดถูกต้อง ตอนที่ 2 ให้นักเรียนเขียนคำลงในช่องว่างให้ถูกต้อง ตอนที่ 3 ให้นักเรียนเติมพยัญชนะและสระที่หายไปให้เป็นคำที่สมบูรณ์ ตอนที่ 4 ให้นักเรียนเขียนพยัญชนะและสระที่กำหนดให้ต่อไปนี้ให้เป็นคำที่ถูกต้อง มีข้อสอบทั้งหมดจำนวน 30 ข้อ ใช้เวลาในการทดสอบ 50 นาที ซึ่งผู้วิจัยเป็นผู้สร้างขึ้นเอง ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลก่อนเรียนและหลังเรียน โดยศึกษาหลักการพื้นฐานของการวัดและประเมินผลในเชิงปริมาณ และแนวทางการสร้างเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลในส่วนของแบบทดสอบที่มีลักษณะเป็นแบบปรนัยและอัตนัย เพื่อวัดทักษะการเขียนสะกดคำที่มีความยากต่อการเรียนรู้ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ศึกษาการวัดพฤติกรรมด้านทักษะพิสัย คุณลักษณะที่ดีของแบบทดสอบ การวิเคราะห์ข้อสอบ แล้ววิเคราะห์มาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด สาระการเรียนรู้ภาษาไทย เรื่อง ภาษาพาที ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 และจุดประสงค์การเรียนรู้ สร้างตารางวิเคราะห์ความสอดคล้องระหว่างเนื้อหา จุดประสงค์การเรียนรู้ กับข้อสอบในแบบทดสอบวัดทักษะการเขียนสะกดคำที่มีความยากต่อการเรียนรู้ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 เป็นแบบปรนัยและอัตนัย จำนวน 1 ฉบับ มีจำนวนข้อสอบทั้งหมด 60 ข้อ นำไปใช้จริง 30 ข้อ ซึ่งนักเรียนแต่ละคนจะต้องทำแบบทดสอบลักษณะเป็นแบบปรนัยและอัตนัย แบ่งออกเป็น 4 ตอน ได้แก่ ตอนที่ 1 ให้นักเรียนวงกลมคำที่สะกดถูกต้อง ตอนที่ 2 ให้นักเรียนเขียนคำลงในช่องว่างให้ถูกต้อง ตอนที่ 3 ให้นักเรียนเติมพยัญชนะและสระที่หายไปให้เป็นคำที่สมบูรณ์ ตอนที่ 4 ให้นักเรียนเขียนพยัญชนะและสระที่กำหนดให้ต่อไปนี้ให้เป็นคำที่ถูกต้อง โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้ ถ้าตอบถูก ให้ข้อละ 1 คะแนน ถ้าตอบผิด หรือเลือกตอบมากกว่า 1 ตัวเลือก หรือไม่ตอบ ให้ข้อละ 0 คะแนน จากนั้นจึงนำแบบทดสอบ เสนอต่ออาจารย์นิเทศก์ และครูพี่เลี้ยง เพื่อพิจารณาให้ข้อเสนอแนะเบื้องต้นก่อนนำแบบทดสอบเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 คน เพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) โดยพิจารณาความสอดคล้องระหว่างเนื้อหาภาษาไทย จุดประสงค์การเรียนรู้ และเนื้อหาของข้อสอบ โดยใช้ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) เป็นเกณฑ์การตัดสิน โดยมีระดับการให้คะแนนดังต่อไปนี้

แน่ใจว่ามีความสอดคล้องกันระหว่างเนื้อหาภาษาไทย และจุดประสงค์การเรียนรู้กับเนื้อหาของข้อสอบ ประเมินให้	1	คะแนน
ไม่แน่ใจว่ามีความสอดคล้องกันระหว่างเนื้อหาภาษาไทย และจุดประสงค์การเรียนรู้กับเนื้อหาของข้อสอบ ประเมินให้	0	คะแนน
แน่ใจว่าไม่มีความสอดคล้องกันระหว่างเนื้อหาภาษาไทย และจุดประสงค์การเรียนรู้กับเนื้อหาของข้อสอบ ประเมินให้	-1	คะแนน

ดำเนินการคำนวณค่าดัชนีความสอดคล้องและแปลผล โดยคัดเลือกข้อสอบที่มีความครอบคลุมเนื้อหาและสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ไว้จำนวน 30 ข้อ มีค่าดัชนีความสอดคล้องในช่วง 0.67-1.00 แสดงว่ามีความสอดคล้องกันระหว่างเนื้อหาภาษาไทยและจุดประสงค์การเรียนรู้ กับเนื้อหาของข้อสอบ ผู้วิจัยนำข้อสอบมาปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ แล้วจึงนำแบบทดสอบวัดทักษะการเขียนสะกดคำที่มีความยากต่อการเรียนรู้ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่มีจำนวนข้อสอบทั้งหมด 30 ข้อ คะแนนเต็ม 30 คะแนน ใช้เวลาในการทดสอบ 30 นาที มาจัดรูปแบบให้สมบูรณ์เพื่อนำไปใช้เก็บรวบรวมข้อมูลกับนักเรียนที่เป็นกลุ่มเป้าหมายในการวิจัย

การดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลจากนักเรียนกลุ่มเป้าหมายด้วยแบบทดสอบวัดทักษะการเขียนสะกดคำที่มีความยากต่อการเรียนรู้ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ซึ่งเป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลก่อนเรียน โดยใช้เวลาในการทดสอบ 50 นาที
2. ผู้วิจัยดำเนินการจัดการเรียนรู้ภาษาไทยโดยใช้เกมเป็นฐาน เรื่อง ภาษาพาที สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 4 แผน ใช้เวลาเรียน 4 คาบเรียน คาบเรียนละ 50 นาที
3. ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลจากนักเรียนกลุ่มเป้าหมายด้วยแบบทดสอบวัดทักษะการเขียนสะกดคำที่มีความยากต่อการเรียนรู้ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ภายหลังจากการจัดการเรียนรู้ภาษาไทยโดยใช้เกมเป็นฐาน เรื่อง ภาษาพาที สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 เสร็จสิ้นลง ซึ่งเป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลหลังเรียน โดยใช้เวลาในการทดสอบ 50 นาที
4. ผู้วิจัยนำผลคะแนนจากการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนมาวิเคราะห์

การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้

การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อประเมินทักษะการเขียนสะกดคำที่มีความยากต่อการเรียนรู้ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ของนักเรียน เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลในเชิงปริมาณ โดยนำผลคะแนนที่เก็บรวบรวมได้มาทำการวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของคะแนนทักษะการเขียนสะกดคำที่มีความยากต่อการเรียนรู้ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้สถิติเชิงพรรณนา และคำนวณค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยทักษะการเขียนสะกดคำที่มีความยากต่อการเรียนรู้ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 หลังเรียนของนักเรียนที่เป็นกลุ่มเป้าหมาย เทียบกับเกณฑ์การบรรลุเป้าหมายของการจัดการเรียนรู้ ซึ่งกำหนดไว้ว่านักเรียนกลุ่มเป้าหมายต้องมีค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยทักษะการเขียนสะกดคำที่มีความยากต่อการเรียนรู้ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 หลังเรียน ไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม

ผลการวิจัย

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ทักษะการเขียนสะกดคำที่มีความยากต่อการเรียนรู้ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่เป็นกลุ่มเป้าหมาย ก่อนเรียนและหลังเรียน โดยนำผลคะแนนที่เก็บรวบรวมได้มาทำการวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ปรากฏผลดังตารางที่ 1 ต่อไปนี้

ตารางที่ 1 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของคะแนนทักษะการเขียนสะกดคำที่มีความยากต่อการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่เป็นกลุ่มเป้าหมาย ก่อนเรียนและหลังเรียน

ทักษะการเขียนสะกดคำที่มีความยากต่อการเรียนรู้	จำนวนนักเรียน (คน)	คะแนนเต็ม (คะแนน)	คะแนนเฉลี่ย (คะแนน)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ก่อนเรียน	25	30	10.84	3.98
หลังเรียน	25	30	16.36	4.81

จากตารางที่ 1 พบว่า นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 มีคะแนนเฉลี่ยทักษะการเขียนสะกดคำที่มีความยากต่อการเรียนรู้ ก่อนเรียน 10.84 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 3.98 และมีคะแนนเฉลี่ยทักษะการเขียนสะกดคำที่มีความยากต่อการเรียนรู้ หลังเรียน 16.36 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 4.81 ดังนั้น นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 มีคะแนนเฉลี่ยทักษะการเขียนสะกดคำที่มีความยากต่อการเรียนรู้ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ทักษะการเขียนสะกดคำที่มีความยากต่อการเรียนรู้ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่เป็นกลุ่มเป้าหมาย หลังเรียน เทียบกับเกณฑ์การบรรลุเป้าหมายของการจัดการเรียนรู้ โดยนำผลคะแนนที่เก็บรวบรวมได้มาทำการวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย และค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ย เทียบกับเกณฑ์ไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม 30 คะแนน ปรากฏผลดังตารางที่ 2 ต่อไปนี้

ตารางที่ 2 คะแนนทักษะการเขียนสะกดคำที่มีความยากต่อการเรียนรู้ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 หลังเรียน เทียบกับเกณฑ์ไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม 30 คะแนน

ทักษะการเขียนสะกดคำที่มีความยากต่อการเรียนรู้	จำนวนนักเรียน (คน)	คะแนนเฉลี่ยผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม 30 คะแนน (คะแนน)	คะแนนเฉลี่ยที่ได้ของคะแนนเต็ม 30 คะแนน (คะแนน)	ค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยที่ได้
หลังเรียน	25	21	16.36	54.53

จากตารางที่ 2 พบว่า นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 มีคะแนนเฉลี่ยทักษะการเขียนสะกดคำที่มีความยากต่อการเรียนรู้ หลังเรียน 16.36 คะแนน จากคะแนนเต็ม 30 คะแนน คิดเป็นค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ย 54.53 ซึ่งไม่ผ่านเกณฑ์การบรรลุเป้าหมายของการจัดการเรียนรู้โดยต้องมีคะแนนเฉลี่ยไม่น้อยกว่า 21 คะแนน จากคะแนนเต็ม 30 คะแนน ซึ่งคิดเป็นค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ย 70 ที่กำหนด ดังนั้น นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 มีคะแนนเฉลี่ยทักษะการเขียนสะกดคำที่มีความยากต่อการเรียนรู้ หลังเรียน 16.36 คะแนน จากคะแนนเต็ม 30 คะแนน คิดเป็นคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 54.53 ซึ่งไม่ผ่านเกณฑ์คะแนนเฉลี่ยร้อยละ 70 ที่กำหนดไว้

การอภิปรายผล

ในการดำเนินงานวิจัย เรื่อง ผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน ที่มีต่อทักษะการเขียนสะกดคำ ที่มีความยากต่อการเรียนรู้ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 สามารถอภิปรายผลการวิจัยได้ดังนี้

จากผลการวิจัยที่พบว่า นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน มีทักษะการเขียนสะกดคำที่มีความยากต่อการเรียนรู้ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่าในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้เลือกใช้รูปแบบของการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนานักเรียนให้มีความสามารถในการเขียนสะกดคำที่มีความยากต่อการเรียนรู้ โดยใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน ซึ่งเป็นแนวทางหนึ่งที่ช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ทั้งในระดับความจำและความเข้าใจ เนื่องจากเกมเป็นสื่อที่สร้างแรงจูงใจและกระตุ้นความสนใจของผู้เรียนให้มีส่วนร่วมในการเรียนรู้ ช่วยสร้างบรรยากาศที่สนุกสนาน ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง ดังที่ สุชาติ แสนพิช (2555) ได้กล่าวไว้ว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐานเป็นนวัตกรรมสื่อการเรียนรู้รูปแบบใหม่ที่ออกแบบและสอดแทรกเนื้อหาบทเรียนลงไปในเกมให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ลงมือเล่นและฝึกปฏิบัติในการเรียนรู้ด้วยตนเอง ซึ่งในขณะที่ลงมือเล่นเกมผู้เรียนจะได้รับทักษะ และความรู้จากเนื้อหาบทเรียนไปด้วยขณะที่เล่น เกมมักมีสถานการณ์จำลองเพื่อดึงดูดความสนใจของผู้เรียน เพื่อให้ผู้เรียนรู้สึกท้าทายและอยากที่จะเล่นซึ่งกระบวนการการจัดการเรียนรู้ดังกล่าว ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน 2) ขั้นกิจกรรม 3) ขั้นประเมินผลการเล่นเกม และ4) ขั้นสรุป

การจัดการเรียนรู้ตามกระบวนการดังกล่าว ดำเนินไปอย่างต่อเนื่อง เริ่มจากขั้นนำเข้าสู่บทเรียนด้วยการให้นักเรียนรับชมสื่อวิดีทัศน์ที่สอดคล้องกับเนื้อหาบทเรียน เพื่อกระตุ้นความสนใจและสร้างความพร้อมในการเรียนรู้ จากนั้นให้นักเรียนอ่านเนื้อหาจากหนังสือภาษาพาที ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 แล้วจึงจัดการเรียนรู้ผ่านเกม โดยนำคำศัพท์จำนวน 10 คำจากหนังสือเรียน และคำศัพท์เพิ่มเติมอีก 5 คำ ที่นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ควรทราบ มาใช้เป็นองค์ประกอบของเกมการเรียนรู้ ทั้งนี้เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนสามารถเขียนสะกดคำศัพท์ได้อย่างถูกต้อง และนำคำไปใช้ได้อย่างเหมาะสม ภายหลังการเล่นเกม ผู้วิจัยได้สรุปผลคะแนนจากกิจกรรม ทบทวนเนื้อหาบทเรียน และคำศัพท์ที่ได้เรียนรู้จากเกม รวมถึงเปิดโอกาสให้นักเรียนสะท้อนผลสิ่งที่ได้รับจากการเรียนรู้ในครั้งนั้น เพื่อเสริมสร้างความเข้าใจและความคงทนในการเรียนรู้ ดังนั้นผลการวิจัยครั้งนี้จึงสะท้อนให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน สามารถส่งเสริมความสามารถในการเขียนสะกดคำที่มีความยากต่อการเรียนรู้ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ให้สูงขึ้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ อีกทั้งยังทำให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจในหลักการสะกดคำและโครงสร้างการเขียนภาษาไทยได้อย่างเป็นรูปธรรม ผ่านกระบวนการเรียนรู้ที่เน้นการลงมือปฏิบัติและการฝึกซ้ำอย่างมีความหมาย ส่งผลให้ความถูกต้องในการเขียนสะกดคำเพิ่มขึ้น และข้อผิดพลาดในการเขียนสะกดคำลดลง ตลอดจนมีส่วนช่วยพัฒนาทักษะที่สำคัญในการเรียนรู้ อาทิ ทักษะการคิดวิเคราะห์ และการตัดสินใจจากการแก้ปัญหาในเกม ทักษะการจดจำและการเชื่อมโยงรูปแบบของคำกับเสียงของคำนั้น ๆ และเสริมสร้างทักษะการทำงานร่วมกับผู้อื่น สร้างความมั่นใจและทัศนคติที่ดีต่อการเรียนภาษาไทย จึงทำให้นักเรียนมีความสามารถในการเขียนสะกดคำที่มีความยากต่อการเรียนรู้ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยบางประการของ สุนิษฐา บุญศรี และคณะ (2563) ที่ได้ศึกษาผลการใช้แผนการจัดการเรียนรู้ผ่านเกม เรื่อง การเขียนสะกดคำ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ซึ่งผลการวิจัยพบว่า นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ที่เรียนด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ผ่านเกม เรื่อง การเขียนสะกดคำ มีคะแนนเขียนสะกดคำ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

และจากผลการวิจัยที่พบว่า นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน มีคะแนนเฉลี่ยทักษะการเขียนสะกดคำที่มีความยากต่อการเรียนรู้ หลังเรียน คิดเป็นร้อยละ 54.53 ซึ่งไม่บรรลุเป้าหมายของการจัดการ

เรียนรู้ที่กำหนดไว้ แต่เมื่อวิเคราะห์แล้วผู้วิจัยพบว่า คะแนนเฉลี่ยการประเมินผลด้านทักษะการเขียนสะกดคำที่มีความยากต่อการเรียนรู้หลังเรียน มีคะแนนคิดเป็นร้อยละ 54.53 ซึ่งยังมีคะแนนสูงกว่าผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O-NET) ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ปีการศึกษา 2567 ในระดับประเทศที่มีคะแนนเฉลี่ยสาระการเรียนรู้ภาษาไทย 54.20 คะแนน และในระดับจังหวัด 53.31 คะแนน นอกจากนี้ผลการวิจัยยังมีคะแนนสูงกว่าสาระการเขียนในระดับประเทศที่มีคะแนนเฉลี่ย 54.09 คะแนน ทำให้เมื่อพิจารณาแล้วคะแนนเฉลี่ยการประเมินผลด้านทักษะการเขียนสะกดคำที่มีความยากต่อการเรียนรู้ หลังเรียนครั้งนี้ ยังมีความน่าพอใจในระดับหนึ่ง ถึงแม้ว่าจะยังไม่บรรลุเป้าหมายที่กำหนดไว้ก็ตาม ทั้งนี้อาจเป็นเพราะระยะเวลาที่ใช้ในการทดลองสำหรับการวิจัยครั้งนี้มีความจำกัดเพียงแค่ 4 คาบเรียน จึงอาจยังไม่เพียงพอต่อการส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงด้านทักษะการเขียนสะกดคำที่มีความยากต่อการเรียนรู้เท่าที่ควร นอกจากนี้เมื่อพิจารณาจากขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ 4 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน 2) ขั้นกิจกรรม นักเรียนศึกษากติกาและเริ่มเล่นเกม 3) ขั้นประเมินผลการเล่นเกม 4) ขั้นสรุป ทบทวนความรู้ความเข้าใจ พบว่าในขั้นสุดท้ายซึ่งเป็นขั้นสรุป ทบทวนความรู้ความเข้าใจในแต่ละคาบเรียนที่ผู้วิจัยได้ดำเนินการทดลองมีความจำกัดในเงื่อนไขของเวลาค่อนข้างมาก อาจทำให้สิ่งที่ได้เรียนรู้จากเกมสามารถถ่ายโยงเข้าสู่ขั้นสรุป ซึ่งจะทำให้นักเรียนมีการพัฒนาทักษะการเขียนสะกดคำที่มีความยากต่อการเรียนรู้ไม่เต็มที่เท่าที่ควร ดังที่ ศิริพร หงส์พันธุ์ (2542) กล่าวไว้ว่า ขั้นสรุป ทบทวนความรู้ความเข้าใจ เป็นขั้นตอนที่ผู้สอนและผู้เรียนร่วมกันสะท้อนผลจากการเล่นเกมโดยเชื่อมโยงประสบการณ์ที่เกิดขึ้นในเนื้อหาบทเรียน เพื่อให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจที่ถูกต้องและสามารถนำความรู้ไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

บทสรุป

สรุปผลการวิจัย

1. นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน มีทักษะการเขียนสะกดคำที่มีความยากต่อการเรียนรู้ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

2. นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน มีคะแนนเฉลี่ยทักษะการเขียนสะกดคำที่มีความยากต่อการเรียนรู้ หลังเรียน คิดเป็นร้อยละ 54.53 ซึ่งไม่บรรลุเป้าหมายของการจัดการเรียนรู้ที่กำหนดไว้

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ผู้เรียนได้รับการพัฒนาทักษะการเขียนสะกดคำที่มีความยากต่อการเรียนอย่างเป็นระบบ และมีประสิทธิภาพผ่านการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน

2. ผู้สอนมีแนวทางในการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน ที่สามารถนำไปใช้ในการพัฒนาทักษะการเขียนสะกดคำที่มีความยากในชั้นเรียนได้อย่างเป็นรูปธรรม

3. โรงเรียนมีนวัตกรรมการจัดการเรียนรู้ในสังคมยุคดิจิทัล ที่สามารถนำไปขยายผลและต่อยอดสู่ชั้นเรียนอื่น หรือรายวิชาอื่น เพื่อยกระดับคุณภาพการจัดการเรียนรู้ภาษาไทย

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1. จากผลการวิจัยครั้งนี้พบว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน ผู้สอนควรให้ความสำคัญกับการทำความเข้าใจการสื่อสารและกระบวนการคิดของผู้เรียนอย่างรอบด้าน ทั้งการสื่อสารด้วยวาจา ภาษากาย และการแสดงออกผ่านการเล่นเกม เนื่องจากผู้เรียนที่ได้มีส่วนร่วมในการเรียนรู้ผ่านเกม และลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง มักใช้คำศัพท์ หรือวิธีการเขียนตามความ

เข้าใจของตนเอง ซึ่งอาจทำให้การสื่อสารให้ทราบถึงทักษะการเขียนสะกดคำยังไม่ชัดเจน หรือผู้เรียนบางคนอาจเข้าใจหลักการเขียนสะกดคำที่มีความยากแล้ว แต่ยังไม่สามารถเรียบเรียงคำหรือถ่ายทอดความคิดออกมาได้อย่างเหมาะสม ดังนั้น ผู้สอนควรสังเกต และทำความเข้าใจ แนวคิดของผู้เรียนจากพฤติกรรมการเล่นเกม พร้อมทั้งทำหน้าที่เป็นผู้สนับสนุนการเรียนรู้ สร้างแรงจูงใจในการเรียนรู้ และสร้างบรรยากาศการเรียนรู้เชิงรุกในชั้นเรียน

2. การจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน ควรดำเนินอย่างต่อเนื่องและสม่ำเสมอ เพื่อให้ผู้เรียนได้ฝึกฝนทักษะการเขียนสะกดคำอย่างเป็นระบบ เพื่อเสริมสร้างความแม่นยำและความคงทนของความรู้ความสามารถดังกล่าว นอกจากนี้ ผู้สอนควรมีการติดตามผล และสะท้อนผลการเรียนรู้ร่วมกับผู้เรียนภายหลังการจัดการเรียนรู้ เพื่อให้ผู้เรียนตระหนักถึงข้อบกพร่องของตนเอง และนำไปสู่การพัฒนาทักษะการเขียนสะกดคำ โดยเฉพาะเป็นคำที่มีความยากต่อการเรียนรู้ของผู้เรียน

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรมีการศึกษาวิจัยต่อไปเกี่ยวกับผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐานในมิติอื่นเพิ่มเติม เช่น ความคงทนในการเรียนรู้

2. ควรมีการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการใช้ทักษะการเขียนสะกดคำที่มีความยากต่อการเรียนรู้ โดยขยายขอบเขตของเนื้อหาที่นำไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ โดยอาจนำไปประยุกต์ใช้กับเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้คำศัพท์ทางด้านภาษาที่มีความยากต่อการเรียนรู้ของผู้เรียน

3. ควรมีการศึกษาวิจัยเพื่อปรับปรุง ผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน ที่มีต่อทักษะการเขียนสะกดคำ ที่มีความยากต่อการเรียนรู้ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 อีกครั้งในปีการศึกษาถัดไป โดยใช้เวลาในการทดลองเพิ่มมากขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อรรถศาสน์ นิมิตรพันธ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ธนพรรษ พฤกษะวัน อาจารย์นิเทศก์ และครูจันทกานต์ ไตรจักร ครูพี่เลี้ยง ที่ได้ให้คำปรึกษาและข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ต่อการวิจัย และขอบคุณนักเรียน และโรงเรียนสาธิตละอออุทิศ นครนายก ที่อำนวยความสะดวกในฐานะของแหล่งฝึกประสบการณ์วิชาชีพและแหล่งข้อมูลในการทดลอง และเก็บรวบรวมข้อมูลของผู้วิจัย

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560). โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย: กรุงเทพฯ.

กฤดาภัทร สีหารี. (2561). มุมมองวิศวกรรมซอฟต์แวร์ต่อการเรียนรู้ด้วยเกมดิจิทัลสำหรับการศึกษา ประเทศไทย 4.0. วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. 28(2): 477-488.

กันยารัตน์ พุดตาลดง และกาญจนา วิชญาปกรณ์. (2566). การพัฒนาทักษะการอ่านสะกดคำ โดยใช้การจัดการเรียนรู้ด้วยสมองเป็นฐาน ร่วมกับเกมการศึกษาของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4. วารสารการบริหารนิติบุคคลและนวัตกรรมท้องถิ่น. 9(8): 909-918.

กุสุมา คำผาง และภาวิณี โสธายะเพ็ชร. (2564). ทักษะการเขียนสะกดคำภาษาไทยของผู้เรียนระดับประถมศึกษา. วารสารศึกษาศาสตร์. 44(3): 45–60.

เจษฎา บุญมาโฮม และปนัดดา พินรัตน์ (2566). การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาภาษาไทย เรื่อง การเขียนสะกดคำของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยใช้แบบฝึกทักษะ. วารสารมนุษยศาสตร์ สังคมศาสตร์ และนวัตกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์. 2(2): 51–63.

จุฑามาศ ชำนาญ ณิชาภาท์ กันขุนทศ และนาตยา หกพันนา. (2568). ความสัมพันธ์ระหว่างการสะกดคำกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนภาษาไทยและทัศนคติของผู้เรียน. วารสารวิจัยทางการศึกษา. 18(2): 89–104.

ฉัตรกมล ประจวบลาภ. (2559*).* นวัตกรรมสื่อการเรียนรู้ด้วยเกม. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ: กรุงเทพฯ.

ทิศนา แขมมณี. (2560). ศาสตร์การสอน: องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ. (พิมพ์ครั้งที่ 21). สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย: กรุงเทพฯ.

ณัฐพงศ์ เชื้อเพชร. (2560). ปัญหาการเขียนสะกดคำของนักเรียนระดับประถมศึกษา. วารสารภาษาไทยศึกษา. 7(2): 55–70.

นันทิชา นาล่อง และอัฐพล อินต๊ะเสนา. (2568). การพัฒนาทักษะการเขียนสะกดคำภาษาไทยโดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสมองเป็นฐานร่วมกับแบบฝึกทักษะสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1. วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม. 19(1): 81–91.

ประไพ สุวรรณสารคุณ. (2553). การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านการเขียนสะกดคำยากของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมการศึกษา. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศิลปากร.

ประหยัด จิระวรพงศ์. (2546). เกมการศึกษา. โอเดียนสโตร์: กรุงเทพฯ.

พรพักตร์ อินคง และสมิต ค่อยประเสริฐ. (2568). การเขียนสะกดคำภาษาไทยกับการพัฒนาทักษะการเขียนของผู้เรียน. วารสารภาษาไทยศึกษา. 12(1): 1–15.

พระมหาโยธิน ไกรษร. (2565). การใช้ภาษาไทยอย่างถูกต้องในยุคดิจิทัล. มหาจุฬาลงกรณ์ราชวิทยาลัย: กรุงเทพฯ.

ภวิกา เลาหไพฑูรย์ และ กมล โพธิเย็น. (2561). การสอนโดยใช้เกมเพื่อส่งเสริมความสามารถในการเขียนเลข 3 หลัก ของนักเรียนที่มีความบกพร่องทางสติปัญญา. วารสารวิชาการ บัณฑิตวิทยาลัยสวนดุสิต. 14(2): 155-170.

ภาสกร ใหลสกุล. (2558). Digital Game Base Learning เรียน ๆ เล่น ๆ สร้างความเป็นเลิศ. TEDNET: กรุงเทพฯ.

ศิริพร หงส์พันธุ์. (2542). การใช้เกมประกอบการสอน. สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ: กรุงเทพฯ.

สารสิน เล็กเจริญ. (2554). การใช้ภาษาไทยเพื่อการสื่อสาร. สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย: กรุงเทพฯ.

สุนิษฐา บุญศรี อัษฎา พลอยโสภณ และ รัชนี อิ่มอก. (2563). ผลการใช้แผนการจัดการเรียนรู้ผ่านเกมเรื่องการเขียนสะกดคำของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3. วารสารการวิจัยทางการศึกษา. 15(2): 77–92.

สุชาติ แสนพิช. (2555). การจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย: กรุงเทพฯ.

สุวิทย์ มูลคำ และ อรทัย มูลคำ. (2545). วิธีการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนากระบวนการคิด. ภาพพิมพ์: กรุงเทพฯ.

วจนะพร สีเกาะ ธัญลักษณ์ เขจรภักษ์ และ สมาน เอกพิมพ์. (2567). ผลของทักษะการเขียนสะกดคำที่มีต่อความสามารถด้านการอ่านและการเขียนของผู้เรียน. วารสารภาษาและการเรียนรู้. 10(1): 55–57.

Cojocariu V. M. and Boghian I. (2014). Teaching the relevance of game-based learning to preschool and primary teachers. Procedia – Social and Behavioral Sciences. 142: 640–646.

Dalton B. (2016). Game-based learning for literacy development. Educational Technology Research and Development. 64(4): 847–867.

Guido M. (2016). The gamification of learning and instruction. Pfeiffer: The United States of America.

Homer B. D. and Kinzer C. K. (2015). The design of game-based learning environments. Educational Psychologist. 50(1): 1–16.

Nurul W. (2018). The effectiveness of spelling games on students' vocabulary mastery. Journal of Educational Research. 6(2): 112–120.

การพัฒนาความคิดรวบยอดและความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ เรื่อง ไฟฟ้ากระแส โดยใช้การจัดการเรียนรู้ ICLEAR สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนเทพลีลา

Development of Conceptual Understanding and Problem-Solving Ability in Physics on the Subject of Electric Current Using The ICLEAR Learning Management for Mathayom Suksa 5 Student at Tepleela School

กัญจน์ณัฏฐ์ อ่อนหนู*
Kamjanut Onnu*

*กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โรงเรียนเทพลีลาสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษากรุงเทพมหานคร เขต 2
*Corresponding Author E-mail Address : Kanjanut.o@tepleela.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาความคิดรวบยอดและความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ เรื่อง ไฟฟ้ากระแส โดยใช้การจัดการเรียนรู้ ICLEAR สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การวิจัยและพัฒนา ซึ่งแบ่งการวิจัยออกเป็น 4 ระยะ คือ ระยะที่ 1 การวิเคราะห์ (Analysis) ศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ เรื่อง ไฟฟ้ากระแส สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ระยะที่ 2 การออกแบบและพัฒนา (Design and Development) ออกแบบและพัฒนาการจัดการเรียนรู้ ICLEAR เพื่อพัฒนาความคิดรวบยอดและความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ เรื่องไฟฟ้ากระแส ระยะที่ 3 การนำไปใช้ (Impremention) นำการจัดการเรียนรู้ ICLEAR ไปใช้จริงกับกลุ่มตัวอย่างที่เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนเทพลีลา ปีการศึกษา 2568 ภาคเรียนที่ 2 จำนวน 37 คน กลุ่มตัวอย่างได้มาโดยการสุ่มแบบกลุ่มแล้วใช้การชักตัวอย่าง เครื่องมือวิจัย คือ แบบวัดความคิดรวบยอดและแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ วิเคราะห์ข้อมูลโดยการทดสอบค่าที (t-test) และการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม (Analysis of Covariance) ระยะที่ 4 การประเมิน (Evaluation) การดำเนินการแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน คือ 1) การประเมินระหว่างการใช้การจัดการเรียนรู้ ICLEAR 2) การประเมินหลังการใช้การจัดการเรียนรู้ ICLEARผลการวิจัย1)แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ฟิสิกส์ โดยใช้การจัดการเรียนรู้ ICLEAR เป็นการจัดการเรียนรู้ ที่พัฒนาความคิดรวบยอดและความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ เรื่อง ไฟฟ้ากระแส2)แผนการจัดการเรียนรู้ วิชาฟิสิกส์ เรื่องไฟฟ้ากระแส สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนเทพลีลา โดยใช้การจัดการเรียนรู้ ICLEAR จำนวน 11 แผนการจัดการเรียนรู้ มีประสิทธิภาพ 80.61/82.44 สูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ 75/753)คะแนนความคิดรวบยอด เรื่อง ไฟฟ้ากระแส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนโดยใช้การจัดการเรียนรู้ ICLEAR หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 4)คะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ ไฟฟ้ากระแส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนโดยใช้การจัดการเรียนรู้ ICLEAR หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 5)นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนเรื่อง ไฟฟ้ากระแส โดยใช้การจัดการเรียนรู้ ICLEAR มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก

คำสำคัญ: การจัดการเรียนรู้ ICLEAR ความคิดรวบยอดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ ไฟฟ้ากระแส

Abstract

This study aimed to enhance students' conceptual understanding and problem-solving ability in physics, specifically on the topic of electric current, through the implementation of the ICLEAR instructional approach. The research employed a research and development (R&D) methodology comprising four phases: (1) Analysis, involving a review of existing instructional practices in teaching electric current to Mathayom Suksa 5 students; (2) Design and Development, focusing on the creation of ICLEAR-based instructional plans to improve conceptual understanding and problem-solving skills; (3) Implementation, in which the developed instructional approach was applied to a sample of 37 Mathayom Suksa 5 students at Tepleela School during the second semester of the 2025 academic year, selected through cluster random sampling; and (4) Evaluation, consisting of both formative and summative assessments.The research instruments included a conceptual understanding test and a physics problem-solving ability test. Data were analyzed using dependent samples t-test and Analysis of Covariance (ANCOVA).The findings indicated that: (1) the ICLEAR instructional approach effectively improved students' conceptual understanding and problem-solving ability in electric current; (2) the developed instructional plans (11 lesson plans) achieved an efficiency of 80.61/82.44, exceeding the predetermined criterion of 75/75; (3) students' post-instruction conceptual understanding scores were significantly higher than their pre-instruction scores at the .01 level; (4) students' post-instruction problem-solving ability scores were significantly higher than their pre-instruction scores at the .01 level; and (5) students reported a high level of satisfaction with the ICLEAR instructional approach.

Keywords: ICLEAR learning management conceptual understanding physics problem-solving ability electrostatic and electric current

บทนำ

วิทยาศาสตร์มีบทบาทสำคัญยิ่งในสังคมโลกปัจจุบันและอนาคตที่เปลี่ยนแปลงไปตามความเจริญก้าวหน้าของเทคโนโลยีและข้อมูลข่าวสารที่เชื่อมโยงถึงกันได้อย่างรวดเร็ว ความรอบรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเป็นคุณสมบัติสำคัญที่จำเป็นต้องพัฒนาให้เกิดกับทุกคนในโลกสมัยใหม่ซึ่งเป็นสังคมแห่งการเรียนรู้ เพื่อที่จะมีความรู้ความเข้าใจในโลกธรรมชาติและเทคโนโลยีที่มนุษย์สร้างสรรค์ขึ้น และนำความรู้ไปใช้อย่างมีเหตุผล สร้างสรรค์ มีคุณธรรม วิทยาศาสตร์ช่วยให้มนุษย์ได้พัฒนาวิธีคิด ทั้งความคิดที่เป็นเหตุเป็นผล คิดอย่างสร้างสรรค์ คิดวิเคราะห์วิจารณ์ มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าหาความรู้ มีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ สามารถตัดสินใจโดยใช้ข้อมูลที่หลากหลายและมีประจักษ์พยานที่ตรวจสอบได้ วิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องกับทุกคนทั้งในชีวิตประจำวันและการงานอาชีพต่าง ๆ ตลอดจนเทคโนโลยี เครื่องมือเครื่องใช้และผลผลิตต่าง ๆ ที่มนุษย์ได้ใช้เพื่ออำนวยความสะดวกในชีวิตและการทำงาน นอกจากนี้ความรู้วิทยาศาสตร์ยังช่วยเพิ่มขีดความสามารถในการพัฒนาเศรษฐกิจ สามารถแข่งขันกับนานาประเทศและดำเนินชีวิตอยู่ร่วมกันในสังคมโลกได้อย่างมี

ความสุข (กระทรวงศึกษาธิการ, สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา, 2551) กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มุ่งหวังให้ผู้เรียน ได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นการเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการ มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้โดยใช้กระบวนการในการสืบเสาะหาความรู้และการแก้ปัญหาที่หลากหลาย ให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ทุกขั้นตอน มีการทำกิจกรรมด้วยการลงมือปฏิบัติจริงอย่างหลากหลาย เหมาะสมกับระดับชั้นเพื่อพัฒนาผู้เรียนตามศักยภาพ (กระทรวงศึกษาธิการ, สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา, 2551) หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) ได้กำหนดให้นักเรียนได้เรียนรู้แนวคิดทางฟิสิกส์ ในสาระที่ 6 โดยจัดให้มีการเรียนรู้แนวคิดตั้งแต่ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6 ตามช่วงวัยของนักเรียน อีกทั้งยังมุ่งส่งเสริมให้นักเรียนมีทักษะการคิดที่เป็นกระบวนการคิดอย่างนักวิทยาศาสตร์ โดยเป็นการคิดอย่างเป็นเหตุเป็นผล และคิดเพื่อแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์จึงเป็นทักษะสำคัญที่ผู้เรียนควรได้รับการพัฒนา เพราะช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถวิเคราะห์สถานการณ์ วางแผน เลือกใช้หลักการทางฟิสิกส์ และดำเนินการแก้ปัญหาได้อย่างเป็นระบบ (อศัลยา ดวงระหว้า, 2563) ทำให้ผู้เรียนมีความสามารถในการวิเคราะห์โจทย์ วางแผน และเลือกใช้หลักการทางฟิสิกส์ในการแก้โจทย์ปัญหาได้ดี ส่งผลให้ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์สูงขึ้น(อมราลักษณ์ ฤทธิเดช, 2564) ความสามารถในการแก้ปัญหาจึงเป็นทักษะที่สำคัญและจำเป็นต่อผู้เรียน การจัดการเรียนรู้ต้องเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ฝึกและพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาเพื่อให้ผู้เรียนสามารถนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างเหมาะสม จากประสบการณ์ในการสอนวิทยาศาสตร์ (ฟิสิกส์) ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง ไฟฟ้ากระแส มีเนื้อหาค่อนข้างยาก มีสูตร สมการ การคำนวณที่ต้องอาศัยทักษะการคำนวณทางคณิตศาสตร์ ทำให้ผู้เรียนไม่อยากเรียน เกิดความเบื่อหน่ายได้ง่าย เมื่อต้องเจอกับตัวเลขและการคำนวณโจทย์ปัญหา ส่งผลให้มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำ ทำให้ค่าร้อยละของนักเรียนที่ผ่านค่าเป้าหมายลดลงดังนี้ ภาคเรียนที่ 2/2565 จำนวนนักเรียนที่ผ่านค่าเป้าหมาย ร้อยละ 91.79 ภาคเรียนที่ 2/2566 จำนวนนักเรียนที่ผ่านค่าเป้าหมาย ร้อยละ 90.48 ภาคเรียนที่ 2/2567 จำนวนนักเรียนที่ผ่านค่าเป้าหมาย ร้อยละ 85.59 (เอกสารวิชาการ กวช.11 โรงเรียนเทพลีลา)จากเหตุผลดังกล่าวผู้วิจัยซึ่งเป็นครูผู้สอนวิชาฟิสิกส์ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีความประสงค์ที่จะทำการวิจัยเพื่อพัฒนากิจกรรมการจัดการเรียนรู้ จากทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง ร่วมกับการปฏิบัติการหรือทดลอง และการสะท้อนการเรียนรู้ เพื่อพัฒนาความคิดรวบยอดและความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ เรื่อง ไฟฟ้ากระแส โดยใช้การจัดการเรียนรู้ ICLEAR ซึ่งประกอบด้วย 6 ขั้น ดังนี้ ขั้นที่ 1 ขั้นนำและตรวจสอบความรู้เดิม (I : introduction) ขั้นที่ 2 ขั้นสร้างความรู้ (C : construction of knowledge) ขั้นที่ 3 ขั้นปฏิบัติการทดลอง (L : laboratory Method) ขั้นที่ 4 ขั้นอธิบายแลกเปลี่ยนความรู้และตรวจสอบความรู้ (E : explanation and evaluation) ขั้นที่ 5 ขั้นวิเคราะห์และประยุกต์ความรู้ (A : analysis and application) ขั้นที่ 6 ขั้นสะท้อนการเรียนรู้ (R : reflective Learning) เพื่อให้ผู้เรียนมีความคิดรวบยอดและความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ นำไปสู่องค์ความรู้ที่ผู้เรียนเป็นผู้สร้างเองจากการลงมือปฏิบัติและการมีปฏิสัมพันธ์กับผู้อื่นและให้ผู้เรียนเกิดทักษะในการแก้โจทย์ปัญหา ซึ่งเป็นผลมาจากการที่ผู้เรียนมีความคิดรวบยอดในเรื่องนั้น

กรอบแนวคิดการวิจัย

การจัดการเรียนรู้

การจัดการเรียนรู้ เป็นกระบวนการจัดประสบการณ์การเรียนรู้ที่ ช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจผ่านการลงมือปฏิบัติ การทดลอง การอภิปราย และการแก้ปัญหา ซึ่งช่วยให้ผู้เรียนสามารถสร้างความรู้ด้วยตนเอง

ทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ (constructivism) การจัดการเรียนรู้ ตามแนวทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ เป็นกระบวนการที่ครูผู้สอนจัดสถานการณ์ให้ผู้เรียนสร้างองค์ความรู้ใหม่ของตนเองโดยให้ผู้เรียนได้ศึกษา คิด ค้นคว้า ทดลอง ระดมสมอง ศึกษาจากใบความรู้ สื่อหรือแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ ซึ่งจะมีการเชื่อมโยงความรู้ใหม่ที่เกิดขึ้นกับความรู้เดิมที่ผู้เรียนมีอยู่แล้ว จนเกิดความคิดรวบยอด ผู้เรียนที่มีความคิดรวบยอดเกี่ยวกับเรื่องใดเรื่องหนึ่งจะเข้าใจและจำเนื้อหาได้นาน มองเห็นความสัมพันธ์ของเนื้อหาในภาพรวม สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้กับทุกสถานการณ์ ทำให้ผู้เรียนมีพัฒนาการทางกระบวนการคิด เกิดเป็นเครื่องมือทางปัญญาที่ใช้วิเคราะห์แก้ปัญหาที่ไม่คุ้นเคยหรือปัญหาที่เกิดขึ้นจริงในชีวิตประจำวันได้ เกิดเป็นความสามารถในการแก้ปัญหา สามารถต่อยอดองค์ความรู้ใหม่เพิ่มขึ้นตลอดเวลา

การจัดการเรียนรู้แบบปฏิบัติการทดลอง (Laboratory Method) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ผู้เรียนได้ลงมือทำการทดลองด้วยตนเอง ได้กำหนดปัญหาข้อสงสัย ได้ออกแบบหาคำตอบข้อสงสัย ได้แลกเปลี่ยนเรียนรู้ มีปฏิสัมพันธ์กับเพื่อนต่างกลุ่มและครูผู้สอน (ผู้เรียนได้ปฏิบัติ ในขั้นที่ 3 (L : Laboratory Medthod) ของการจัดการเรียนรู้ ICLEAR)

การจัดการเรียนรู้แบบสะท้อนการเรียนรู้ (Reflective Learning) เป็นเทคนิคและเครื่องมือที่ช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ผ่านกระบวนการคิดไตร่ตรองทบทวน (Reflective Thinking) ทำให้บุคคลได้ทบทวนและสะท้อนการกระทำของตน (Reflective Practice) ช่วยให้เกิดความเข้าใจและเกิดการเรียนรู้จากประสบการณ์ไปสู่การปรับปรุงตนเองและการแก้ปัญหาต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิผล

ตัวแปรต้น

การจัดการเรียนรู้ ICLEAR เรื่อง ไฟฟ้ากระแส ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 (I : introduction) คือ ขั้นนำและตรวจสอบความรู้เดิม

ขั้นตอนที่ 2 (C : construction of knowledge) คือ ขั้นสร้างความรู้

ขั้นตอนที่ 3 (L : Laboratory Method) คือ ขั้นปฏิบัติการทดลอง

ขั้นตอนที่ 4 (E : explanation and evaluation) คือ ขั้นอธิบาย แลกเปลี่ยนความรู้และตรวจสอบความรู้

ขั้นตอนที่ 5 (A : Analysis and application) คือ ขั้นวิเคราะห์และประยุกต์ความรู้ (เป็นขั้นที่ใช้เทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาของโพลยา)

ขั้นตอนที่ 6 (R : Reflective Learning) คือ ขั้นสะท้อนการเรียนรู้

ตัวแปรตาม

1) ความคิดรวบยอด เรื่อง ไฟฟ้ากระแส ที่เรียนโดยการจัดการเรียนรู้ ICLEAR

2) ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ เรื่อง ไฟฟ้ากระแส ที่เรียนโดยการจัดการเรียนรู้ ICLEAR

3) ความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่มีต่อการเรียนโดยการจัดการเรียนรู้ ICLEAR เรื่อง ไฟฟ้ากระแส

สมมติฐานของการศึกษา

ผู้วิจัยกำหนดสมมติฐานการวิจัย เพื่อเปรียบเทียบความคิดรวบยอด และความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ เรื่อง ไฟฟ้ากระแส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 5 ดังนี้

1. การจัดการเรียนรู้ ICLEAR เรื่องไฟฟ้ากระแส เพื่อพัฒนาความคิดรวบยอดและความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนเทพลีลา มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 75/75
2. ความคิดรวบยอดและความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ เรื่องไฟฟ้ากระแส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังเรียนด้วยกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ ICLEAR สูงกว่าก่อนเรียน
3. ความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังเรียนด้วยกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ ICLEAR เรื่องไฟฟ้ากระแส มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับความคิดรวบยอดและความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ เรื่อง ไฟฟ้ากระแส นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนเทพลีลา
2. เพื่อพัฒนาและหาคุณภาพของกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ ICLEAR เรื่อง ไฟฟ้ากระแส เพื่อส่งเสริมความคิดรวบยอดและความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนเทพลีลา
3. เพื่อเปรียบเทียบความคิดรวบยอดและความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ เรื่อง ไฟฟ้ากระแส หลังเรียนด้วยกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ ICLEAR
4. เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนเทพลีลา หลังเรียนด้วยกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ ICLEAR เรื่องไฟฟ้ากระแส

งานวิจัยที่ศึกษา

รัชนีกร กันธิวงศ์ (2564)ศึกษาการสร้างรูปแบบการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง ของไหล โดยวิเคราะห์การไหลของวัสดุเม็ด ในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

เกริก ศักดิ์สุภาพ (2564)ศึกษาการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้เชิงรุกวิชาฟิสิกส์โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเพื่อเสริมสร้างทักษะการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ศิวกร กตัญญูนุสรณ์ (2564)ศึกษาการพัฒนาชุดทดลองฟิสิกส์ เรื่อง แรงเสียดทาน สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษา

ศตวรรษ เหล่าประเสริฐ (2565)ศึกษาการพัฒนาบทเรียนอีเลิร์นนิงแบบผสมผสาน วิชาฟิสิกส์ เรื่อง งาน

พรทิพย์ บุญมา (2567)ศึกษาการพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบ SSCS ร่วมกับเทคนิค TGT

จากการศึกษางานวิจัยดังกล่าวผู้วิจัยซึ่งเป็นครูผู้สอนวิชาฟิสิกส์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีความประสงค์ที่จะทำการวิจัยเพื่อพัฒนารูปแบบการสอนจากทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง ร่วมกับการปฏิบัติการหรือทดลอง และการสะท้อนการเรียนรู้ มาพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อให้ผู้เรียนมีความคิดรวบยอดและความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ ซึ่งนำไปสู่องค์ความรู้ที่ผู้เรียนเป็นผู้สร้างเองจากการลงมือปฏิบัติและการมีปฏิสัมพันธ์กับผู้อื่นและให้ผู้เรียนเกิดทักษะในการแก้โจทย์ปัญหา ซึ่งเป็นผลมาจากการที่ผู้เรียนมีความคิดรวบยอดในเรื่องนั้น โดยนำการจัดการเรียนรู้ ICLEAR เรื่องไฟฟ้ากระแส สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 5เพื่อให้นักเรียนพัฒนาความคิดรวบยอดและมีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์

โดยมีวิธีดำเนินการวิจัยและขอบเขตของการวิจัยดังนี้ผู้วิจัยแบ่งการจัดการเรียนรู้ออกเป็น 3 ระยะ ดังต่อไปนี้

1. ลักษณะการจัดการเรียนรู้ ICLEAR

การจัดการเรียนรู้ ICLEAR แบ่งออกเป็น 3 ระยะ ดังนี้

ระยะที่ 1 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 เป็นการทดลองใช้แผนการจัดการเรียนรู้ CLEAR เรื่องไฟฟ้ากระแสและตรวจสอบแผนการจัดการเรียนรู้ CLEAR เรื่องไฟฟ้ากระแส (Try out)

ระยะที่ 2 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 เป็นการทดลองหาประสิทธิภาพแผนการจัดการเรียนรู้ CLEAR เรื่องไฟฟ้ากระแส และเปรียบเทียบความคิดรวบยอดและความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ เรื่องไฟฟ้ากระแส

ระยะที่ 3 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2568 เป็นการทดลองหาประสิทธิภาพแผนการจัดการเรียนรู้ CLEAR เรื่องไฟฟ้ากระแส และเปรียบเทียบความคิดรวบยอดและความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ เรื่องไฟฟ้ากระแส (ทดลองซ้ำ)

2. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย ผู้วิจัยได้ทำการแบ่งกลุ่มประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยออกเป็น 3 ระยะ ระหว่างปีการศึกษา 2566-2568 ดังนี้

ระยะที่ 1 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 เป็นการทดลองใช้แผนการจัดการเรียนรู้ CLEAR เรื่องไฟฟ้ากระแสและตรวจสอบแผนการจัดการเรียนรู้ CLEAR เรื่องไฟฟ้ากระแส (Try out)

ประชากร คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ห้อง 1 และห้อง 2 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ โรงเรียนเทพลีลา จำนวน 69 คน

กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ห้อง 1 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ โรงเรียนเทพลีลา ซึ่งได้มาโดยวิธีการสุ่มตัวอย่างแบบกลุ่ม (cluster random sampling) จากห้องเรียนทั้งหมด 2 ห้องเรียน โดยใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยสุ่ม ได้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 1 ห้องเรียนนักเรียนจำนวน 39 คน

ระยะที่ 2 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 เป็นการทดลองหาประสิทธิภาพแผนการจัดการเรียนรู้ CLEAR เรื่องไฟฟ้ากระแส และเปรียบเทียบความคิดรวบยอดและความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ เรื่องไฟฟ้ากระแส

ประชากร คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ห้อง 1 และห้อง 2 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ โรงเรียนเทพลีลา จำนวน 76 คน

กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ห้อง 1 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ โรงเรียนเทพลีลา ซึ่งได้มาโดยวิธีการสุ่มตัวอย่างแบบกลุ่ม (cluster random sampling) จากห้องเรียนทั้งหมด 2 ห้องเรียน โดยใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยสุ่ม ได้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 1 ห้องเรียนนักเรียนจำนวน 36 คน

ระยะที่ 3 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2568 เป็นการทดลองหาประสิทธิภาพแผนการจัดการเรียนรู้ CLEAR เรื่องไฟฟ้ากระแส และเปรียบเทียบความคิดรวบยอดและความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ เรื่องไฟฟ้ากระแส (ทดลองซ้ำ)

ประชากร คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ห้อง 1 และห้อง 2 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ โรงเรียนเทพลีลา จำนวน 80 คน

กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ห้อง 1 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ โรงเรียนเทพลีลา ซึ่งได้มาโดยวิธีการสุ่มตัวอย่างแบบกลุ่ม (cluster random sampling) จากห้องเรียนทั้งหมด 2 ห้องเรียน โดยใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยสุ่ม ได้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 1 ห้องเรียนนักเรียนจำนวน 39 คน

3. ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา

2.1 ตัวแปรต้น

การจัดการเรียนรู้ ICLEAR เรื่อง ไฟฟ้ากระแส เพื่อพัฒนาความคิดรวบยอดและความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนเทพลีลา

2.2 ตัวแปรตาม

1) ความคิดรวบยอด เรื่องไฟฟ้ากระแส ที่เรียนโดยการจัดการเรียนรู้ ICLEAR

2) ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ เรื่องไฟฟ้ากระแส ที่เรียนโดยการจัดการเรียนรู้ ICLEAR

3) ความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่มีต่อการเรียนโดยการจัดการเรียนรู้ ICLEAR

4. เนื้อหา

เนื้อหาที่ใช้เป็นเนื้อหาในวิชาฟิสิกส์ 4 รหัสวิชา ว32202 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 มาตรฐาน ว 5.3 เข้าใจแรงไฟฟ้าและกฎของคูลอมบ์ สนามไฟฟ้า ศักย์ไฟฟ้า ความจุไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าและกฎของโอห์ม วงจรไฟฟ้ากระแสตรง พลังงานไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้า การเปลี่ยนพลังงานทดแทนเป็นพลังงานไฟฟ้า สนามแม่เหล็ก แรงแม่เหล็กที่กระทำกับประจุไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า การเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้าและกฎของฟาราเดย์ ไฟฟ้ากระแสสลับ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและการสื่อสาร รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ หน่วยการเรียนรู้ที่ 14 เรื่องไฟฟ้ากระแส

5. ระยะเวลา

ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 - ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2568

ผู้วิจัยแบ่งขั้นตอนการดำเนินงานเป็น 4 ระยะ ตามกระบวนการวิจัยและพัฒนา (Research and Development) ดังนี้

1. ระยะที่ 1 การวิเคราะห์ (Analysis)เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลที่ใช้ในการพัฒนากิจกรรมการจัดการเรียนรู้

1.1 การศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับความคิดรวบยอดและความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ เรื่อง ไฟฟ้ากระแส

1.2 การศึกษาข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

1.3 การศึกษาแนวคิด ทฤษฎี จากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1.4 การวิเคราะห์ผู้เรียน

1.5 การประเมินระบบสนับสนุนการจัดการเรียนรู้ในโรงเรียน

2. ระยะที่ 2 การออกแบบและพัฒนา (Design and Development)เป็นการพัฒนาการจัดการเรียนรู้ ICLEAR เรื่อง ไฟฟ้ากระแส แบ่งการดำเนินงานออกเป็น 2 ขั้นตอน คือ

2.1 ขั้นที่ 1 การออกแบบ (Design) เพื่อออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ ICLEAR เรื่อง ไฟฟ้ากระแส คู่มือการใช้และรายละเอียดของแผนการจัดการเรียนรู้ สำหรับใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาการจัดการเรียนรู้และการประเมิน

2.1.1 การวิเคราะห์งานและภาระงาน

2.1.2 การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ ICLEAR เรื่องไฟฟ้ากระแส

2.1.3 การจัดทำคู่มือกิจกรรมการเรียนรู้ ICLEAR เรื่องไฟฟ้ากระแส

2.2 ขั้นที่ 2 การพัฒนา (Development) เพื่อพัฒนาการจัดการเรียนรู้ ICLEAR เรื่อง ไฟฟ้ากระแส คู่มือการใช้แผนการจัดการเรียนรู้และเครื่องมือวัดผล

2.2.1 การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ ICLEAR เรื่องไฟฟ้ากระแส คู่มือการใช้และแผนการจัดการเรียนรู้

2.2.2 การพัฒนาเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล

3. ระยะที่ 3 การนำไปใช้ (Implementation)เป็นการนำกิจกรรมการเรียนรู้ ICLEAR เรื่องไฟฟ้ากระแส ที่พัฒนาไปใช้ในสถานการณ์จริง แบ่งการดำเนินการเป็น 3 ขั้น คือ

3.1 ขั้นที่ 1 การเตรียมก่อนการทดลองใช้กิจกรรมการเรียนรู้ ICLEAR เรื่องไฟฟ้ากระแส

3.2 ขั้นที่ 2 การดำเนินการทดลองใช้กิจกรรมการเรียนรู้ ICLEAR เรื่องไฟฟ้ากระแส

3.3 ขั้นที่ 3 การประเมินผลการจัดการเรียนรู้ ICLEAR เรื่องไฟฟ้ากระแส

3.3.1 ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบวัดความคิดรวบยอด แบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาเรื่องไฟฟ้ากระแส และการสัมภาษณ์อย่างไม่เป็นทางการเพื่อตรวจสอบความคิดรวบยอด

3.3.2 ระหว่างการจัดการเรียนรู้ ICLEAR เรื่อง ไฟฟ้ากระแส

4. ระยะที่ 4 การประเมิน (Evaluation)เป็นการประเมินกิจกรรมการเรียนรู้ ICLEAR เรื่องไฟฟ้ากระแส และนำเสนอการจัดการเรียนรู้ แบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน คือ

4.1 ขั้นที่ 1 การประเมินระหว่างการใช้กิจกรรมการเรียนรู้ ICLEAR เรื่องไฟฟ้ากระแส

4.2 ขั้นที่ 2 การประเมินหลังการใช้กิจกรรมการเรียนรู้ ICLEAR เรื่องไฟฟ้ากระแส

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. **การจัดการเรียนรู้ICLEAR เรื่องไฟฟ้ากระแสสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนเทพลีลา** หมายถึง กระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ออกแบบไว้อย่างเป็นระบบ สัมพันธ์และสอดคล้องกับหลักการ แนวคิด ที่ผู้วิจัยสังเคราะห์ขึ้นตามแนวทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นนำและตรวจสอบความรู้เดิม (I : introduction)เป็นขั้นที่ผู้สอนกระตุ้นความสนใจของผู้เรียน แจ้งวัตถุประสงค์เกี่ยวกับเรื่องที่เรียน กิจกรรมที่ใช้ คือ การกำหนดสถานการณ์ การนำเสนอคลิปวีดีทัศน์ การตั้งประเด็นอภิปราย ตรวจสอบความรู้เดิมของผู้เรียนโดยการถามคำถาม การอภิปราย การเขียนบรรยายความรู้ที่ผู้เรียนมีมาก่อนเกี่ยวกับเรื่องที่กำลังจะเรียนเพื่อให้ผู้เรียนมีความพร้อมที่จะเชื่อมโยงความรู้เดิมกับความรู้ใหม่ ในขั้นนี้ผู้สอนสามารถตรวจสอบความเข้าใจคลาดเคลื่อนของผู้เรียนได้ด้วย ซึ่งจะนำมาสู่การปรับปรุงกิจกรรมการเรียนรู้ให้ผู้เรียนปรับเปลี่ยนความเข้าใจให้ถูกต้อง

ขั้นที่ 2 ขั้นสร้างความรู้ (C : construction of knowledge)เป็นขั้นที่ผู้เรียนแสวงหาความรู้โดยการลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง ประกอบด้วยการวางแผน (planning) การรวบรวมข้อมูล (collection of data) การวิเคราะห์และลงข้อสรุป (analysis)

ขั้นที่ 3 ขั้นปฏิบัติการทดลอง (L : laboratory Method)เป็นขั้นที่ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติทำกิจกรรมการทดลอง ประกอบด้วยการตั้งสมมติฐาน เตรียมการทดลอง ปฏิบัติกิจกรรมทดลองอภิปรายแลกเปลี่ยนเรียนรู้วิเคราะห์ผลการทดลองและสรุปผลการทดลอง

ขั้นที่ 4 ขั้นอธิบายแลกเปลี่ยนความรู้และตรวจสอบความรู้ (E : explanation and evaluation)เป็นขั้นที่ผู้เรียนนำเสนอความรู้อธิบายแนวคิดที่ได้จากขั้นปฏิบัติการทดลอง อภิปรายแลกเปลี่ยนเรียนรู้กับกลุ่มอื่นเพื่อสรุปเป็นความคิดรวบยอด

ขั้นที่ 5 ขั้นวิเคราะห์และประยุกต์ความรู้ (A : analysis and application)เป็นขั้นที่ผู้เรียนนำความรู้ที่ได้ ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่โดยผ่านกระบวนการแก้ปัญหา ผู้สอนกระตุ้นและขยายความรู้ ทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมาย โดยการทำแบบฝึกโจทย์ปัญหา (ในขั้นตอนนี้ผู้เรียนใช้กระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา 4 ขั้นตอนที่สังเคราะห์มาได้แก่ ขั้นที่ 1 ขั้นทำความเข้าใจปัญหา เป็นขั้นอ่านโจทย์และทำความเข้าใจโจทย์ เป็นการอ่านโจทย์หลายๆ ครั้งจนเข้าใจว่าโจทย์ถามอะไร ค้นหาคำสำคัญที่โจทย์ให้มา พร้อมทั้งแทนสัญลักษณ์คำสำคัญเหล่านั้น ระบุสิ่งที่โจทย์ถามพร้อมทั้งแทนสัญลักษณ์ และระบุสิ่งที่โจทย์กำหนดมาให้พร้อมทั้งแทนสัญลักษณ์ ขั้นที่ 2 ขั้นวิเคราะห์และวางแผนการแก้ปัญหา เป็นขั้นวิเคราะห์ ทำความเข้าใจ วางแผนแก้ปัญหา เป็นการแปลข้อความจากโจทย์ให้เป็นแผนภาพ ระบุสัญลักษณ์ตัวแปรที่เกี่ยวข้อง

ทั้งที่ทราบค่าและไม่ทราบค่า พิจารณาตัวแปร เลือกหลักการ ทฤษฎี (สมการ) ที่เกี่ยวข้องกับปัญหา ขั้นที่ 3 ขั้นปฏิบัติการแก้ปัญหา เป็นขั้นแทนค่าตัวแปรในสมการเพื่อหาคำตอบของสิ่งที่โจทย์ถาม ประกอบด้วย การแทนค่าตัวเลขในตัวแปร (ที่ทราบค่าจากโจทย์กำหนดมาให้) ตัวแปรที่โจทย์ถามคงไว้ ดำเนินการแก้สมการ และเปลี่ยนหน่วยให้เป็นหน่วยสากล และขั้นที่ 4 ขั้นตรวจคำตอบและสรุป เป็นขั้นตรวจคำตอบและสรุปคำตอบ ประกอบด้วยการตรวจสอบความถูกต้อง หน่วยของคำตอบต้องเป็นหน่วยสากล และตอบทวนคำถามสิ่งที่โจทย์ถามพร้อมระบุหน่วยสากล)

ขั้นที่ 6 ขั้นสะท้อนการเรียนรู้ (R : reflective Learning)เป็นขั้นที่ผู้เรียนได้ตรวจสอบผลการแก้ปัญหาและการตัดสินใจเป็นการพิจารณาสิ่งต่างๆอย่างรอบคอบโดยใช้สติและมีสมาธิโดยการคิดไตร่ตรอง (Reflective Thinking) ทบทวนและสะท้อนการกระทำของตนเอง (Reflective Practice) ช่วยให้เกิดความเข้าใจและเกิดการเรียนรู้จากประสบการณ์แล้วมีการวางแผน หาแนวทางแก้ไขในอนาคต โดยผ่านการพูดหรือเขียนเพื่อปรับปรุงตนเองและนำไปแก้ปัญหาต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิผล (Johns, 2000: 34)กิจกรรมที่ใช้ เช่น บันทึกการเรียนรู้ (Journal writing หรือ Learning log) การสนทนากลุ่ม (Group Dialogue) รูปแบบการสะท้อนคิดมี 3รูปแบบ คือ รูปแบบที่ 1 การสะท้อนคิดแบบเล่าสรุปเรื่องราว (Narrative reflection) รูปแบบที่ 2 การสะท้อนคิดแบบวิเคราะห์เหตุผล (Technical reflection) รูปแบบที่ 3 การสะท้อนคิดอย่างมีวิจารณญาณ (Critical reflection)

3. ประสิทธิภาพของการจัดการเรียนรู้ ICLEAR หมายถึง แผนการจัดการเรียนรู้โดยรูปแบบการเรียนรู้ICLEAR มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 75/75 ซึ่งมีความหมายดังนี้

75 ตัวแรก หมายถึง ร้อยละของคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนทุกคนที่ได้คะแนนจากการทำแบบฝึกและการประเมินผลการปฏิบัติงานระหว่างการจัดการเรียนรู้โดยการจัดการเรียนรู้ICLEAR ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ ได้คะแนนร้อยละ 75

75 ตัวหลัง หมายถึง ร้อยละของคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนทุกคนที่ได้คะแนนจากการทำแบบวัดความคิดรวบยอดหลังการจัดการเรียนรู้โดยการจัดการเรียนรู้ICLEAR ครบทุกแผนการจัดการเรียนรู้ ได้คะแนนร้อยละ 75

4. ประสิทธิผลของการจัดการเรียนรู้ ICLEAR ได้แก่

4.1 คะแนนความคิดรวบยอด หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ ICLEAR

4.2 คะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ ICLEAR

4.3 คะแนนความพึงพอใจที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ICLEAR หลังเรียน

5. ความคิดรวบยอดทางฟิสิกส์ หมายถึง องค์ความรู้ เรื่องไฟฟ้ากระแส หลังได้รับการเรียนโดยการจัดการเรียนรู้ICLEAR ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ซึ่งเป็นแบบทดสอบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ

6. ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ หมายถึงการจัดการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้ใช้กระบวนการค้นพบและคิดแก้โจทย์ปัญหาอย่างเป็นระบบ โดยใช้กระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา ที่ได้สังเคราะห์มา ประกอบด้วยขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหา 4 ขั้นตอน คือ ขั้นที่ 1 ขั้นทำความเข้าใจปัญหา เป็นขั้นอ่านโจทย์และทำความเข้าใจโจทย์ เป็นการอ่านโจทย์หลายๆ ครั้งจนเข้าใจว่าโจทย์ถามอะไร ค้นหาคำสำคัญที่โจทย์ให้มา พร้อมทั้งแทนสัญลักษณ์คำสำคัญเหล่านั้น ระบุสิ่งที่โจทย์ถามพร้อมทั้งแทนสัญลักษณ์ และระบุสิ่งที่โจทย์กำหนดมาให้พร้อมทั้งแทนสัญลักษณ์ ขั้นที่ 2 ขั้นวิเคราะห์และวางแผนการแก้ปัญหา เป็นขั้นวิเคราะห์ ทำความเข้าใจ วางแผนแก้ปัญหา เป็นการแปลข้อความจากโจทย์ให้เป็นแผนภาพ ระบุสัญลักษณ์ตัวแปรที่เกี่ยวข้องทั้งที่ทราบค่าและไม่ทราบค่า พิจารณาตัวแปร เลือกหลักการ ทฤษฎี (สมการ) ที่เกี่ยวข้องกับปัญหา ขั้นที่ 3 ขั้นปฏิบัติการแก้ปัญหา เป็นขั้นแทนค่าตัวแปรในสมการเพื่อหาคำตอบของสิ่งที่โจทย์ถาม ประกอบด้วย การแทนค่าตัวเลขในตัวแปร (ที่ทราบค่าจากโจทย์กำหนดมาให้) ตัวแปรที่โจทย์ถามคงไว้ ดำเนินการแก้สมการ และเปลี่ยนหน่วยให้เป็นหน่วยสากล

และขั้นที่ 4 ขั้นตรวจคำตอบและสรุป เป็นขั้นตรวจคำตอบและสรุปคำตอบ ประกอบด้วยการตรวจสอบความถูกต้อง หน่วยของคำตอบต้องเป็นหน่วยสากล และตอบทวนคำถามสิ่งที่โจทย์ถามพร้อมระบุหน่วยสากล

7. ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ ICLEAR หมายถึง ความรู้สึกชอบหรือประทับใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5จำนวน 20 ข้อ

8. นักเรียน หมายถึง ผู้ที่กำลังเรียนอยู่ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2568 โรงเรียนเทพลีลา แขวงหัวหมาก
เขตบางกะปิ กรุงเทพมหานคร

ผลการศึกษา

ตารางที่ 1 ผลการหาประสิทธิภาพการจัดการเรียนรู้ ICLEAR เรื่องไฟฟ้ากระแสของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

กลุ่มทดลอง	ประสิทธิภาพการจัดการเรียนรู้ ICLEAR	
	คะแนนเฉลี่ยระหว่างเรียน/หลังเรียน($\overline{X}_1$, $\overline{X}_2$)	ร้อยละ E_1/ E_2
รายบุคคล	39.00/20.60	65.00/68.89
กลุ่มเล็ก	42.70/22.70	71.17/74.33
ภาคสนาม	48.37/24.73	80.61/82.44

จากตารางที่ 1 พบว่าประสิทธิภาพของกระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ICLEAR เรื่องไฟฟ้ากระแสของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5มีค่า E_1/E_2รายบุคคลเท่ากับ 65.00/68.89กลุ่มเล็กเท่ากับ 71.17/74.33 และภาคสนามเท่ากับ 80.61/82.44ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานของการศึกษาข้อที่ 1

ตารางที่ 2 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนความคิดรวบยอด เรื่องไฟฟ้ากระแส ก่อนและหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ICLEAR

	N	Mean	S.D.	ผลต่างของค่าเฉลี่ย	t	df	Sig 2 tailed
pre-test	30	11.30	2.52	-7.00	-13.256 **	58	0.000
post-test	30	18.30	1.42				

จากตารางที่ 2 พบว่าความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของแบบทดสอบ ทั้งสองกลุ่ม เป็นดังนี้ ค่าเฉลี่ยของคะแนน pre-test เท่ากับ 11.30 ค่าเฉลี่ยของคะแนนpost-test เท่ากับ 18.30 คะแนน ผลต่างของค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.00คะแนนดังนั้นจากการทดสอบสถิติ t พบว่า คะแนนความคิดรวบยอดเรื่องไฟฟ้ากระแสหลังเรียนสูงกว่าคะแนนความคิดรวบยอดก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 เป็นไปตามสมมติฐานของการศึกษาข้อที่ 2

ตารางที่ 3 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์เรื่อง ไฟฟ้ากระแส ก่อนและหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ICLEAR

	N	Mean	S.D.	ผลต่างของค่าเฉลี่ย	t	df	Sig 1 tailed
pre-test	30	22.63	4.40	-8.77	-9.187 **	58	0.000
post-test	30	31.40	2.82				

จากตารางที่ 3 พบว่าความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของแบบทดสอบ ทั้งสองกลุ่ม เป็นดังนี้ ค่าเฉลี่ยของคะแนน pre-test เท่ากับ 22.63 ค่าเฉลี่ยของคะแนนpost-test เท่ากับ 31.40 คะแนน ผลต่างของค่าเฉลี่ยเท่ากับ 8.77 คะแนนดังนั้น จากการทดสอบสถิติ t พบว่า คะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ เรื่องไฟฟ้ากระแสหลังเรียนสูงกว่าคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ ก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 เป็นไปตามสมมติฐานของการศึกษาข้อที่ 2

ตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และระดับความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ ICLEAR เรื่องไฟฟ้ากระแส

ที่	รายการ	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
1	ด้านเนื้อหา	4.44	0.22	มาก
2	ด้านการจัดการเรียนรู้	4.28	0.19	มาก
3	ด้านสื่อ/นวัตกรรม	4.55	0.14	มากที่สุด
4	ด้านการวัดผลประเมินผล	4.26	0.32	มาก
	เฉลี่ย	4.38	0.13	มาก

จากตารางที่ 4 พบว่า ระดับความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ต่อการการจัดการเรียนรู้ ICLEAR เรื่องไฟฟ้ากระแส ด้านเนื้อหามีค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) เท่ากับ 4.40มีความพึงพอใจระดับมาก ด้านการจัดการเรียนรู้มีค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) เท่ากับ 4.28 มีความพึงพอใจระดับมาก ด้านสื่อ/นวัตกรรมมีค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) เท่ากับ 4.55 มีความพึงพอใจระดับมากที่สุด ด้านการวัดผลประเมินผลมีค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) เท่ากับ 4.26 มีความพึงพอใจระดับมากโดยภาพรวมนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ ICLEAR มีความพึงพอใจในระดับมาก โดยมีความพึงพอใจต่อด้านสื่อ/นวัตกรรม อยู่ในระดับมากที่สุด รองลงมาคือ ด้านเนื้อหา ด้านการจัดการเรียนรู้ และด้านการวัดผลประเมินผลเป็นไปตามสมมติฐานของการศึกษาข้อที่ 3

บทสรุป

สรุปผลการศึกษา

การพัฒนาความคิดรวบยอดและความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ เรื่องไฟฟ้ากระแส โดยใช้การจัดการเรียนรู้ ICLEAR สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนเทพลีลาสรุปผลการวิจัยได้ ดังนี้ เมื่อทดสอบโดยใช้แบบวัดความคิดรวบยอดแบบปรนัยชนิด 4 ตัวเลือกพร้อมให้เหตุผล จำนวน 20 ข้อ 40 คะแนน มีค่าความเชื่อมั่น 0.87 และตรวจสอบด้วยค่าที (*t*-test)พบว่า มีค่าเฉลี่ยของคะแนนความคิดรวบยอดหลังการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ ICLEAR ($\bar{X}$ = 18.30 S.D.=1.42)สูงกว่าก่อนจัดการเรียนรู้ICLEAR ($\bar{X}$ = 11.30 S.D.=2.52)อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 เป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 2 และแบบทดสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ เป็นแบบอัตนัย แสดงวิธีหาคำตอบด้วยกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา 4 ขั้นตอน จำนวน 10 ข้อ ข้อละ 4 คะแนน รวม 40 คะแนน มีค่าความเชื่อมั่น 0.74 และตรวจสอบด้วยค่าที (*t*-test)พบว่า มีค่าเฉลี่ยของคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ หลังการจัดการเรียนรู้ICLEAR ($\bar{X}$ = 31.40 S.D.=2.82)สูงกว่าก่อนจัดการเรียนรู้ICLEAR ($\bar{X}$ = 22.63 S.D.=4.40)อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 เป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 2และความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่มีต่อการการจัดการเรียนรู้ ICLEAR เรื่องไฟฟ้ากระแส อยู่ในระดับมากเป็นไปตามสมมติฐานของการศึกษาข้อที่ 3

อภิปรายผล

จากการใช้การจัดการเรียนรู้ ICLEAR เรื่อง ไฟฟ้ากระแสเพื่อพัฒนาความคิดรวบยอดและความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีผลการวิจัยที่สอดคล้องกับสมมติฐานทั้ง 3ข้อ ทั้งนี้เนื่องจากรูปแบบการจัดการเรียนรู้ ICLEAR ทั้ง 6 ขั้นตอน มีลักษณะที่เอื้อต่อการพัฒนาความคิดรวบยอดและพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา จึงทำให้นักเรียนกลุ่มตัวอย่างซึ่งเรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ ICLEAR มีคะแนนความคิดรวบยอดและคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ เรื่องไฟฟ้ากระแส สูงกว่าก่อนเรียน สอดคล้องกับ วีรดา ลิมปิสวัสดิ์ (2564) ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ ผลการศึกษาพบว่า คะแนนวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง ไฟฟ้าสถิต ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับเทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ระดับ .05 เพราะช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถวิเคราะห์สถานการณ์ วางแผน เลือกใช้หลักการทางฟิสิกส์ และดำเนินการแก้ปัญหาได้อย่างเป็นระบบ (อศัลยา ดวงระหว้า, 2563) ทำให้ผู้เรียนมีความสามารถในการวิเคราะห์โจทย์ วางแผน และเลือกใช้หลักการทางฟิสิกส์ในการแก้โจทย์ปัญหาได้ดี ส่งผลให้ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์สูงขึ้น(อมราลักษณ์ ฤทธิเดช, 2564)

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงศึกษาธิการ, สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา. (2551). ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551.กรุงเทพฯ : ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทยจำกัด.

กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). ตัวชีวัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.

อศัลยา ดวงระหว้า. (2563). การพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 รายวิชาฟิสิกส์ โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอนกระบวนการคิดแก้ปัญหาอนาคตตามแนวคิดของทอร์แรนซ์. วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์. มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

วีรดา ลิมปิสวัสดิ์. (2564). การพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อมราลักษณ์ ฤทธิเดช. (2564). ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่สอนโดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิตสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษาบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงโดยการใช้เกมมิฟิเคชันวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5

Enhancing Advanced Scientific Process Skills through Science Gamification among Grade 5 Students

ธนาภัทร กรองทอง[1*] กวิตา ปานล้ำเลิศ[1] สุนทร เทียนงาม[1]และกิตติกานต์ มาลัย[2]

Tanaphat Krongthong[1*], Kawita Panlumlers[1] Sunthorn Thiangam[1], and Kittikarn Malai[1]

1 คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต วิทยาเขตสุพรรณบุรี จังหวัดสุพรรณบุรี*

1 Faculty of Education, Suan Dusit University, Suphanburi Campus, Suphanburi, Thailand*

2 โรงเรียนบ้านรางกะทุ่ม จังหวัดสุพรรณบุรี

2 Ban Rang Kathum School, Suphanburi, Thailand

Corresponding Author E-mail Address : tanaphatkrongthong821@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมมิฟิเคชันวิทยาศาสตร์ต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 การวิจัยครั้งนี้ดำเนินการตามรูปแบบการวิจัยกึ่งทดลอง โดยใช้การทดลองแบบกลุ่มเดียววัดผลก่อนและหลังการทดลอง กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนบ้านรางกระทุ่ม ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2568 จำนวน 28 คน ได้มาจากการเลือกแบบเจาะจง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง และแบบประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงระหว่างเรียน วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติ t-test แบบกลุ่มตัวอย่างที่ไม่เป็นอิสระต่อกัน ผลการวิจัยพบว่า คะแนนเฉลี่ยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมมิฟิเคชันสามารถพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงของผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: เกมมิฟิเคชัน, วิทยาศาสตร์, ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง, ประถมศึกษา

Abstract

This study aimed to investigate the effects of science gamification-based instruction on the integrated science process skills of Grade 5 students. This study employed a one-group pretest-posttest quasi-experimental design. The sample consisted of 28 Grade 5 students from Ban Rang Kathum School during the second semester of the 2025 academic year, selected through purposive sampling. The research instruments included a integrated science process skills test and a formative assessment rubric used to assess students' higher-order science process skills during instruction. Data were analyzed using mean,

standard deviation, and a paired-samples t-test. The results revealed that the posttest mean scores of higher-order science process skills were significantly higher than the pre-instruction scores at the .05 level of statistical significance. The results suggest that science gamification-based instruction effectively enhances students' integrated science process skills.

Keywords: Gamification, Science Education, Integrated Science Process Skills, Elementary Education

บทนำ

การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในระดับประถมศึกษามุ่งเน้นการพัฒนาผู้เรียนให้มีความสามารถในการคิด วิเคราะห์ และใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการแสวงหาความรู้มากกว่าการจดจำเนื้อหาเพียงอย่างเดียว อย่างไรก็ตาม จากการจัดการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 พบว่านักเรียนส่วนใหญ่ยังขาดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง โดยเฉพาะการตั้งสมมติฐาน การกำหนดและควบคุมตัวแปร และการออกแบบการทดลอง แม้ว่านักเรียนจะสามารถปฏิบัติกิจกรรมตามขั้นตอนได้ แต่ยังไม่สามารถอธิบายเหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์หรือเชื่อมโยงองค์ความรู้ไปสู่สถานการณ์ใหม่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ สภาพปัญหาดังกล่าวสอดคล้องกับแนวคิดของ Padilla (1990) ที่กล่าวว่าทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงต้องได้รับการฝึกฝนอย่างเป็นระบบผ่านการลงมือปฏิบัติจริง

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) กำหนดให้ผู้เรียนพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ทั้งขั้นพื้นฐานและขั้นสูง เพื่อส่งเสริมการคิดอย่างมีเหตุผลและการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน อย่างไรก็ตาม การจัดการเรียนรู้แบบดั้งเดิมที่เน้นการบรรยายและการถ่ายทอดความรู้จากครูสู่ผู้เรียนเป็นหลัก อาจไม่เอื้อต่อการพัฒนาทักษะดังกล่าวอย่างเต็มศักยภาพ

เกมมิฟิเคชัน (Gamification) เป็นแนวคิดที่นำองค์ประกอบของเกม เช่น ภารกิจ ระบบคะแนน ระดับความก้าวหน้า และการให้ข้อมูลย้อนกลับทันที มาประยุกต์ใช้ในบริบทการเรียนรู้ เพื่อกระตุ้นแรงจูงใจและการมีส่วนร่วมของผู้เรียน (Deterding et al., 2011) งานวิจัยจำนวนมากรายงานว่าเกมมิฟิเคชันสามารถส่งเสริมแรงจูงใจภายในและพฤติกรรมการเรียนรู้เชิงบวก (Ryan and Deci, 2020; Hamari et al., 2021) รวมทั้งช่วยพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เมื่อออกแบบกิจกรรมให้สอดคล้องกับกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ (Su and Cheng, 2023)

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมมิฟิเคชันวิทยาศาสตร์ที่มุ่งเน้นการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อพัฒนาเกมมิฟิเคชันวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5
2. การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้เกมมิฟิเคชันวิทยาศาสตร์

สมมติฐานการวิจัย

นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมมิฟิเคชันวิทยาศาสตร์มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงกึ่งทดลอง (Quasi-experimental Research) โดยใช้รูปแบบการทดลองแบบกลุ่มเดียววัดผลก่อนและหลังการทดลอง (One Group Pretest–Posttest Design) เพื่อศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมมิฟิเคชันวิทยาศาสตร์ต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงของนักเรียน กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนบ้านรางกระทุ่ม ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2568 จำนวน 28 คน ได้มาจากการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) ทั้งนี้ การกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างอ้างอิงสูตรของ Krejcie และ Morgan (1970) และเนื่องจากจำนวนประชากรมีขนาดเล็กและใกล้เคียงกับค่าที่คำนวณได้ ผู้วิจัยจึงใช้ประชากรทั้งหมดเป็นกลุ่มตัวอย่าง

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยและการหาคุณภาพ

1. แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง ชนิดปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ ใช้เป็นแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน เพื่อประเมินระดับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงของผู้เรียน โดยผ่านการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) จากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 คน พบว่าค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์การวัด (Index of Item-Objective Congruence: IOC) ของแบบทดสอบทุกข้อมีค่าเท่ากับ 1.00 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ (IOC ≥ 0.50) แสดงให้เห็นว่าแบบทดสอบมีความสอดคล้องกับจุดประสงค์การวิจัยและสามารถนำไปใช้วัดผลได้อย่างเหมาะสม

2. แบบประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงระหว่างเรียน แบบมาตรประมาณค่า 3 ระดับ จำนวน 6 ด้าน ใช้สำหรับประเมินพฤติกรรมและความสามารถของผู้เรียนระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยผ่านการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 คน ผลการประเมินพบว่า ทุกด้านมีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) เท่ากับ 1.00 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ แสดงให้เห็นว่าแบบประเมินมีความครอบคลุมและสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด

ผลการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือทั้งสองฉบับพบว่า ค่า IOC อยู่ในช่วง 0.50–1.00 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด และไม่มีข้อคำถามหรือรายการประเมินใดที่ต่ำกว่าเกณฑ์ที่ยอมรับได้ จึงสามารถสรุปได้ว่าเครื่องมือวิจัยมีความเหมาะสมและมีคุณภาพเพียงพอสำหรับนำไปใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้

การดำเนินการทดลอง

การวิจัยครั้งนี้ดำเนินการตามขั้นตอนอย่างเป็นระบบ โดยเริ่มจากการทดสอบก่อนเรียน (Pretest) เพื่อประเมินระดับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงของนักเรียนก่อนเข้าร่วมกิจกรรมการเรียนรู้ จากนั้นผู้วิจัยได้ดำเนินการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบเกมมิฟิเคชันทางวิทยาศาสตร์ จำนวนทั้งสิ้น 8 ครั้ง เพื่อส่งเสริมและพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงของผู้เรียนอย่างต่อเนื่อง ภายหลังเสร็จสิ้นการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการทดสอบหลังเรียน (Posttest) เพื่อประเมินผลการเปลี่ยนแปลงและพัฒนาการของผู้เรียนหลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ดังกล่าว

ในการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) เพื่ออธิบายลักษณะของข้อมูลเบื้องต้น และใช้สถิติเชิงอนุมานในการเปรียบเทียบคะแนนก่อนและหลังการเรียนรู้ โดยใช้การทดสอบค่าทีสำหรับกลุ่มตัวอย่างที่ไม่เป็นอิสระต่อกัน (Dependent Samples t-test) ทั้งนี้ได้กำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

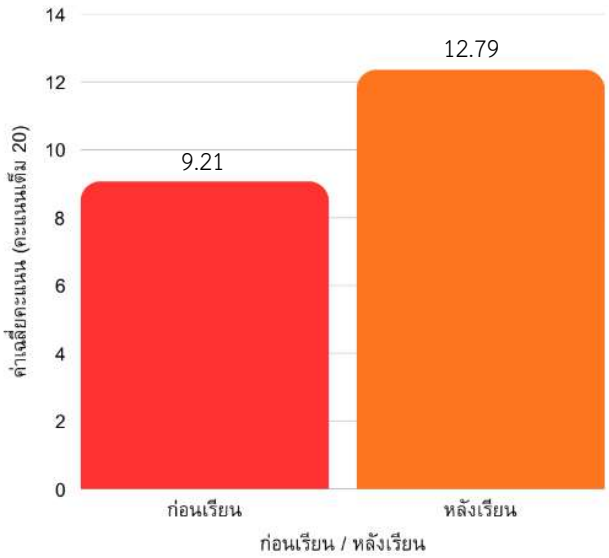
ผลการวิจัย

ผลการวิเคราะห์คะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมมิฟิเคชันวิทยาศาสตร์ แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้

การทดสอบ	n	ค่าเฉลี่ย (Mean)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)	t	Sig.
ก่อนเรียน	28	9.21	3.74		
หลังเรียน	28	12.79	3.21	7.68	.00

ตารางที่ 1 แสดงผลการเปรียบเทียบคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมมิฟิเคชันวิทยาศาสตร์ พบว่า คะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนมีค่าเท่ากับ 9.21 คะแนน (S.D. = 3.74) และคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนมีค่าเท่ากับ 12.79 คะแนน (S.D. = 3.21) ซึ่งสูงกว่าก่อนเรียนอย่างชัดเจน เมื่อเปรียบเทียบคะแนนก่อนและหลังเรียนโดยใช้สถิติ t-test แบบกลุ่มตัวอย่างที่ไม่เป็นอิสระต่อกัน พบว่าคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (t = 7.68, Sig. = .00) แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมมิฟิเคชันวิทยาศาสตร์สามารถส่งเสริมและพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงของผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ



รูปที่ 1 ค่าเฉลี่ยคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้

รูปที่ 1 แสดงค่าเฉลี่ยคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมมิฟิเคชันวิทยาศาสตร์ พบว่า คะแนนเฉลี่ยหลังเรียน (Mean = 12.79) สูงกว่าคะแนนเฉลี่ยก่อน

เรียน (Mean = 9.21) อย่างชัดเจน สะท้อนให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมมิฟิเคชันสามารถส่งเสริมและพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงของผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยผู้เรียนมีพัฒนาการด้านการคิดวิเคราะห์ การตั้งสมมติฐาน การกำหนดตัวแปร และการออกแบบการทดลองที่ดีขึ้นภายหลังการเข้าร่วมกิจกรรมการเรียนรู้

การอภิปรายผล

ผลการวิจัยครั้งนี้สะท้อนให้เห็นว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมมิฟิเคชันวิทยาศาสตร์สามารถพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยพบว่าคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (t = 7.68, Sig. = .00) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากลักษณะสำคัญของเกมมิฟิเคชันที่เน้นการสร้างแรงจูงใจภายใน (Intrinsic Motivation) ผ่านกลไกของเกม เช่น ภารกิจ (Mission) ระบบคะแนน (Point System) ระดับความสำเร็จ (Level) และการให้ข้อมูลย้อนกลับทันที (Immediate Feedback) ซึ่งช่วยกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความกระตือรือร้นในการเรียนรู้และมีส่วนร่วมในกิจกรรมอย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้เชิงรุก (Active Learning) มากกว่าการรับข้อมูลแบบทางเดียวจากครูผู้สอน

นอกจากนี้ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ผ่านเกมมิฟิเคชันยังเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริงผ่านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยผู้เรียนต้องฝึกการตั้งสมมติฐาน การกำหนดและควบคุมตัวแปร การออกแบบการทดลอง การสังเกต และการอภิปรายผลอย่างเป็นระบบ กระบวนการดังกล่าวช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการคิดวิเคราะห์และการเชื่อมโยงองค์ความรู้ด้วยตนเอง ซึ่งเป็นหัวใจสำคัญของการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง โดยเฉพาะในระดับประถมศึกษาที่ผู้เรียนควรได้รับการส่งเสริมให้เรียนรู้ผ่านประสบการณ์ตรงและการค้นพบด้วยตนเองมากกว่าการท่องจำเนื้อหาเพียงอย่างเดียว

อีกทั้ง การจัดกิจกรรมในรูปแบบเกมมิฟิเคชันยังช่วยสร้างบรรยากาศการเรียนรู้ที่สนุก ท้าทาย และลดความวิตกกังวลในการเรียนวิทยาศาสตร์ ผู้เรียนจึงกล้าแสดงความคิดเห็น กล้าทดลอง และกล้าตัดสินใจในการแก้ปัญหามากขึ้น ส่งผลให้เกิดการพัฒนาทักษะการคิดขั้นสูงและทักษะการแก้ปัญหาอย่างเป็นธรรมชาติ สอดคล้องกับแนวคิดของ Deci and Ryan (2020) ที่อธิบายว่าแรงจูงใจภายในมีผลต่อพฤติกรรมการเรียนรู้และการพัฒนาศักยภาพของผู้เรียนในระยะยาว รวมทั้งสอดคล้องกับแนวคิดของ Deterding et al. (2011) ที่กล่าวว่าองค์ประกอบของเกมสามารถช่วยเพิ่มความมีส่วนร่วมและสร้างประสบการณ์การเรียนรู้ที่มีความหมายได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ผลการวิจัยครั้งนี้สอดคล้องกับงานของ Su and Cheng (2023) และ Zainuddin et al. (2020) ที่พบว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมมิฟิเคชันสามารถส่งเสริมแรงจูงใจในการเรียนรู้ การมีส่วนร่วมของผู้เรียน และพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะกิจกรรมที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติ ทดลอง และแก้ปัญหาด้วยตนเอง

ในมิติของการจัดการเรียนรู้แห่งศตวรรษที่ 21 ผลการวิจัยนี้สะท้อนให้เห็นว่าเกมมิฟิเคชันมิได้เป็นเพียงเครื่องมือสร้างความสนุกสนานในการเรียนเท่านั้น แต่ยังเป็นนวัตกรรมทางการศึกษาที่ช่วยส่งเสริมทักษะสำคัญของผู้เรียน ได้แก่ การคิดวิเคราะห์ การแก้ปัญหา การทำงานร่วมกัน การสื่อสาร และการเรียนรู้ด้วยตนเอง ซึ่งเป็นทักษะจำเป็นสำหรับการดำรงชีวิตในสังคมแห่งการเปลี่ยนแปลง ดังนั้น ครูผู้สอนจึงควรประยุกต์ใช้แนวคิดเกมมิฟิเคชันร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้เชิงสืบเสาะอย่างเหมาะสม เพื่อพัฒนาผู้เรียนให้สามารถสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองและนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์จริงได้อย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืน

บทสรุป

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมมิฟิเคชันวิทยาศาสตร์ต่อการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ผลการวิจัยพบว่า หลังการจัดการเรียนรู้ นักเรียนมีคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สะท้อนให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมมิฟิเคชันสามารถส่งเสริมการเรียนรู้เชิงรุก กระตุ้นแรงจูงใจ และเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง ส่งผลให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจเชิงลึกและสามารถพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

จากผลการวิจัยดังกล่าว ครูผู้สอนควรนำแนวคิดเกมมิฟิเคชันไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โดยเน้นการสร้างภารกิจ การให้ข้อมูลย้อนกลับ และการมีส่วนร่วมของผู้เรียน เพื่อพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ การแก้ปัญหา และการเรียนรู้อย่างมีความหมายในบริบทจริง นอกจากนี้ สถานศึกษาสามารถนำรูปแบบดังกล่าวไปใช้ในการพัฒนาการจัดการเรียนรู้ในรายวิชาอื่น เพื่อยกระดับคุณภาพการเรียนรู้ของผู้เรียนในภาพรวม

สำหรับการวิจัยในครั้งต่อไป ควรขยายขนาดกลุ่มตัวอย่างและศึกษาในบริบทที่หลากหลายมากขึ้น รวมทั้งเปรียบเทียบกับรูปแบบการจัดการเรียนรู้อื่น เพื่อยืนยันประสิทธิผลของเกมมิฟิเคชันอย่างชัดเจนยิ่งขึ้น นอกจากนี้ ควรศึกษาตัวแปรเพิ่มเติม เช่น แรงจูงใจในการเรียนรู้ เจตคติทางวิทยาศาสตร์ และทักษะการคิดขั้นสูง เพื่อขยายองค์ความรู้และสนับสนุนการพัฒนานวัตกรรมการจัดการเรียนรู้ให้มีความยั่งยืนต่อไป

นอกจากนี้ ผลการวิจัยยังชี้ให้เห็นว่าแนวทางการจัดการเรียนรู้ด้วยเกมมิฟิเคชันสามารถเป็นกลไกสำคัญในการยกระดับการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในระดับประถมศึกษาให้สอดคล้องกับทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 โดยเฉพาะด้านการคิดวิเคราะห์ การแก้ปัญหา และการเรียนรู้เชิงรุก (Active Learning) ดังนั้น ครูผู้สอนและผู้พัฒนาหลักสูตรควรนำแนวคิดเกมมิฟิเคชันไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์อย่างเป็นระบบ รวมทั้งควรมีการศึกษาวิจัยเพิ่มเติมในบริบทที่หลากหลาย เพื่อยืนยันความสามารถในการขยายผลและความยั่งยืนของรูปแบบการจัดการเรียนรู้นี้ในวงกว้าง

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษา ได้แก่ ดร.กวิตา ปานล้ำเลิศ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุนทร เทียนงาม ที่ให้คำแนะนำและสนับสนุนการดำเนินงานวิจัยเป็นอย่างดี ตลอดจนขอขอบพระคุณครูพี่เลี้ยง ผู้บริหาร คณะครู และบุคลากรโรงเรียนบ้านรางกระทุ่ม รวมถึงนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ที่ให้ความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลและเข้าร่วมการทดลอง ทั้งนี้ผู้วิจัยขอขอบคุณทุกภาคส่วนที่มีส่วนสนับสนุนให้งานวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

Deci, E. L., & Ryan, R. M. (2020). Self-determination theory: Basic psychological needs in motivation, development, and wellness. Guilford Press.

Deterding, S., Dixon, D., Khaled, R., & Nacke, L. (2011). From game design elements to gamefulness: Defining gamification. In Proceedings of the 15th International Academic MindTrek Conference: Envisioning Future Media Environments (pp. 9–15). ACM. https://doi.org/10.1145/2181037.2181040

Hamari, J., Koivisto, J., & Sarsa, H. (2021). Does gamification work? A literature review of empirical studies on gamification. Computers in Human Behavior. 54(1): 19–25.

Padilla, M. J. (1990). The science process skills. Research Matters – To the Science Teacher. 9004, 1–4.

Ryan, R. M., & Deci, E. L. (2020). Intrinsic and extrinsic motivations: Classic definitions and new directions. Contemporary Educational Psychology. 25(1): 54–67.

Su, Y., & Cheng, H. (2023). The effects of gamification on science learning achievement and motivation. Education Sciences. 13(4): 1–15.

Zainuddin, Z., et al. (2020). Gamification in flipped classroom and its impact on science process skills and creativity. Computers & Education. 147: 103–789.

1

การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง ดินรอบตัวเรา ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนสาธิตละอออุทิศ กรุงเทพมหานคร โดยใช้รูปแบบการสอน Inquiry-Based Learning (5Es) ร่วมกับชุดกิจกรรม

The development of Science learning achievement on the topic "Soil Around Us" of grade 2 students at La-orutis Demonstration School, Bangkok, using the Inquiry-Based Learning (5Es) model with activity packages

ศิรยา ภักดี[1] และสินชัย จันทร์เสม[2*]

Siraya Parkdee[1] and Sinchai Jansem[2*]

[1] โรงเรียนสาธิตละอออุทิศ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต กรุงเทพฯ

[1] La-orutis Demonstration School Suan Dusit University Bangkok

[2]คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต กรุงเทพ*

[2]Faculty of Education Suan Dusit University Bangkok*

[*]Corresponding Author E-mail Address : sinchaijansem@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนในรายวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง "ดินรอบตัวเรา" ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนสาธิตละอออุทิศ กรุงเทพมหานคร โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry-Based Learning: 5Es) ร่วมกับชุดกิจกรรม กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2/1 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2568 จำนวน 28 คน ซึ่งได้มาจากการสุ่มอย่างง่าย โดยใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยในการสุ่ม เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ Inquiry-Based Learning (5Es) ร่วมกับชุดกิจกรรม และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน การวิเคราะห์ข้อมูลใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติเชิงอนุมานได้แก่การทดสอบค่าทีสำหรับกลุ่มตัวอย่างที่สัมพันธ์กัน (Paired Samples t-Test) ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($t = 11.021$, $p<0.001$) โดยคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนเท่ากับ 5.11 (S.D. = 1.22) และคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนเท่ากับ 7.18 (S.D. = 0.90) ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ Inquiry-Based Learning (5Es) ร่วมกับชุดกิจกรรม โดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$ = 4.35, S.D. = 0.69)

คำสำคัญ: การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es), ชุดกิจกรรม, วิทยาศาสตร์ระดับประถมศึกษา

Abstract

The objectives of this research were to compare learning achievement and to study student satisfaction in the science course on the topic "Soil Around Us" among Grade 2 students at La-outis Demonstration School, Bangkok. The research utilized the 5Es Inquiry-Based Learning model integrated with activity packages. The sample consisted of 28 Grade 2/1 students in the second semester of the 2025 academic year, obtained through simple random sampling using the classroom as the unit of sampling. The research instruments included lesson plans based on the 5Es Inquiry-Based Learning model with activity packages and a learning achievement test. Data were analyzed using descriptive statistics, including mean ($\bar{X}$) and standard deviation (S.D.), and inferential statistics, specifically Paired Samples t-Test. The research findings revealed that the students' learning achievement after the intervention was significantly higher than before the intervention ($t = 11.021$, $p < .001$). The average pre-test score was 5.11 (S.D. = 1.22), while the average post-test score was 7.18 (S.D. = 0.90). Furthermore, the overall student satisfaction towards the 5Es Inquiry-Based Learning model with activity packages was at the highest level ($\bar{X}$ = 4.35, S.D. = 0.69).

Keywords: Inquiry-Based Learning (5Es), Activity Packages, Elementary Science

บทนำ

วิทยาศาสตร์เป็นวิชาที่มุ่งพัฒนาผู้เรียนให้มีความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมรอบตัว ตลอดจนส่งเสริมทักษะกระบวนการคิด การสังเกต การทดลอง การแก้ปัญหา และการนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวัน การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในระดับประถมศึกษาจึงควรเน้นการเรียนรู้ผ่านประสบการณ์ตรงและการลงมือปฏิบัติจริง เพื่อให้ผู้เรียนสามารถสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560) จากการสังเกตการจัดการเรียนการสอนและการพูดคุยแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับครูผู้สอนที่มีประสบการณ์ในการสอนรายวิชาวิทยาศาสตร์ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนสาธิตละอออุทิศ พบว่านักเรียนยังประสบปัญหาในการเรียนรู้หน่วยการเรียนรู้เรื่อง “ดินรอบตัวเรา” โดยนักเรียนส่วนใหญ่ยังไม่เข้าใจลักษณะและสมบัติของดินอย่างชัดเจน ไม่สามารถจำแนกชนิดของดินได้ถูกต้อง และเกิดความสับสนเกี่ยวกับบทบาทและประโยชน์ของดิน สาเหตุสำคัญส่วนหนึ่งเกิดจากผู้เรียนมีโอกาสเห็นและสัมผัสดินตัวอย่างจริงค่อนข้างน้อย ดินบางชนิดนั้นหายากในบริเวณรอบ ๆ โรงเรียน ทำให้การเรียนรู้ส่วนใหญ่เป็นการฟังคำอธิบายหรือดูภาพประกอบ ส่งผลให้ผู้เรียนเรียนรู้แบบจดจำมากกว่าสร้างความเข้าใจอย่างแท้จริง ซึ่งไม่สอดคล้องกับพัฒนาการด้านความคิดของผู้เรียนในช่วงวัยประถมศึกษาตอนต้นที่ยังอยู่ในขั้นปฏิบัติการทางรูปธรรม (Concrete Operational Stage) ตามแนวคิดของเพียเจต์ (Piaget, 1972) และทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในหน่วยการเรียนรู้นี้ยังไม่เป็นไปตามเป้าหมายที่หลักสูตรกำหนด

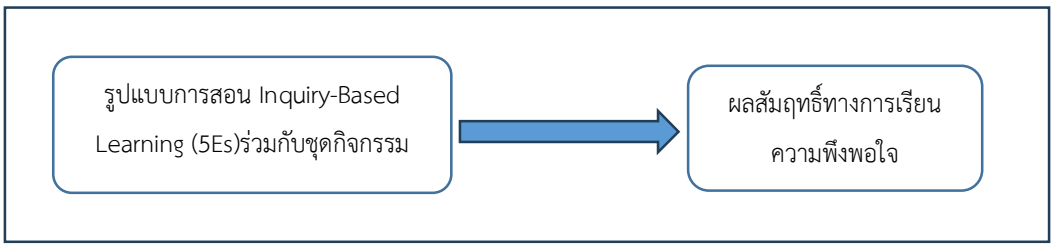
รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบ 5E (Engagement, Exploration, Explanation, Elaboration และ Evaluation) เป็นรูปแบบการสอนตามแนวคิดการสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry-Based Learning) ที่มุ่งให้ผู้เรียนมีบทบาทสำคัญในกระบวนการเรียนรู้ โดยเริ่มจากการกระตุ้นความสนใจ เชื่อมโยงประสบการณ์เดิมของผู้เรียน นำไปสู่การสำรวจ ทดลอง อธิบาย และขยายความรู้ด้วยตนเอง ก่อนประเมินผลการเรียนรู้ในตอนท้าย โดย Bybee (2015) กล่าวว่ารูปแบบ 5E ช่วย

ส่งเสริมการคิดวิเคราะห์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และความเข้าใจเชิงลึกของผู้เรียน งานวิจัยหลายฉบับพบว่า การนำรูปแบบ 5E มาใช้ในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ระดับประถมศึกษาช่วยให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น มีทักษะการทดลอง และสามารถอธิบายแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ได้ดีขึ้น (Buarakun, Prasertsang, & Kalam, 2024)) อย่างไรก็ตาม หากใช้รูปแบบ 5E โดยขาดสื่อหรือกิจกรรมที่เป็นรูปธรรม อาจยังไม่เพียงพอสำหรับผู้เรียนระดับประถมศึกษาตอนต้น จึงควรมีสื่อการเรียนรู้ที่ช่วยสนับสนุนกระบวนการเรียนรู้ในแต่ละขั้นตอนอย่างเหมาะสม (Janyoy & Laksana, 2024 ; Chitrtiphinyo & Phardthaisong, 2024)

ชุดกิจกรรม (Activity Package) เป็นสื่อการเรียนรู้ที่ออกแบบอย่างเป็นลำดับขั้น มีจุดมุ่งหมาย กิจกรรม และใบงานที่ชัดเจน ช่วยให้ผู้เรียนเรียนรู้ด้วยตนเองผ่านการลงมือปฏิบัติจริง ชุดกิจกรรมที่ดีจะช่วยลดความซับซ้อนของเนื้อหา เพิ่มความเข้าใจในเรื่องที่เป็นนามธรรม และกระตุ้นความสนใจในการเรียนรู้ (Suttiwan, & Raksapoln, 2024) สำหรับเนื้อหาเรื่อง "ดินรอบตัวเรา" ซึ่งต้องอาศัยการสังเกต การเปรียบเทียบ และ การทดลอง เช่น การจำแนกชนิดของดิน การสังเกตการซึมน้ำ และการศึกษาประโยชน์ของดิน ชุดกิจกรรมจะช่วยให้ผู้เรียนได้เห็นตัวอย่างจริง ได้ทดลอง และได้เรียนรู้จากประสบการณ์ตรง นอกจากนี้งานวิจัยจำนวนหนึ่งยืนยันว่าการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ช่วยให้ผู้เรียนระดับประถมศึกษามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ (Sateankate & Wongsaphan, 2025; Chitrtiphinyo & Phardthaisong, 2024) ในการวิจัยของ ศรีมาศ, สุกรีวนัส และ ปิ่นทอง (2025) และ ทรเทพ (2023) ซึ่งได้ศึกษาผลของการใช้ชุดกิจกรรมร่วมกับกิจกรรมการทดลอง พบว่าสามารถพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้กับชีวิตประจำวันของผู้เรียนได้ดียิ่งขึ้น นอกจากนี้ Wongpui, Harnkajornsuk , & Pratoomtong, (2023) และ Chitrtiphinyo & Phardthaisong, (2024) ได้ผลการวิจัยที่สอดคล้องกันว่า ชุดกิจกรรมที่เน้นการเรียนรู้จากประสบการณ์ตรงช่วยส่งเสริมความเข้าใจเชิงมโนทัศน์และลดปัญหาการเรียนรู้แบบท่องจำในวิชาวิทยาศาสตร์ระดับประถมศึกษาได้อย่างมีประสิทธิภาพ

การนำชุดกิจกรรมมาผสานร่วมกับรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบ 5E จะช่วยเสริมจุดเด่นของทั้งสองแนวทางให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น โดยรูปแบบ 5E ช่วยจัดโครงสร้างการเรียนรู้ให้เป็นขั้นตอนที่ชัดเจน ขณะที่ชุดกิจกรรมช่วยสนับสนุนให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติจริงในแต่ละขั้นตอนอย่างเหมาะสม สอดคล้องกับพัฒนาการด้านความคิดและความต้องการเรียนรู้ของนักเรียนระดับประถมศึกษาตอนต้น การจัดการเรียนรู้ในลักษณะดังกล่าวจะช่วยให้นักเรียนโรงเรียนสาธิตละอออุทิศ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 เกิดความเข้าใจ เรื่อง "ดินรอบตัวเรา" อย่างเป็นรูปธรรม ลดการเรียนรู้แบบท่องจำ และส่งเสริมการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง นอกจากนี้ การใช้ชุดกิจกรรมที่ออกแบบมาให้น่าสนใจและท้าทายความสามารถตามลำดับขั้นตอนของ 5E ยังช่วยสร้างบรรยากาศการเรียนรู้ที่สนุกสนานและลดความตึงเครียด ส่งผลให้ผู้เรียนเกิดความรู้สึกประสบความสำเร็จในการค้นพบความรู้ด้วยตนเอง (Self-discovery) ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยกระตุ้นแรงจูงใจภายใน (Intrinsic Motivation) ทำให้นักเรียนมีความกระตือรือร้นและมีทัศนคติที่ดีต่อการเรียนวิทยาศาสตร์ ส่งผลให้ระดับความพึงพอใจต่อการเรียนรู้เพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ (Jartitngarm, 2025 ; Nantaburom, 2024)

จากประสิทธิภาพของแนวทางการสอนโดยใช้รูปแบบการสอนแบบ 5E ร่วมกับชุดกิจกรรมที่กล่าวมานี้ ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่นำพัฒนาจัดศึกษาการจัดการเรียนรู้ เรื่อง "ดินรอบตัวเรา" โดยใช้รูปแบบการสอนแบบ 5E ร่วมกับชุดกิจกรรมของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนสาธิตละอออุทิศ กรุงเทพมหานคร เพื่อศึกษาทั้งในด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ โดยมีกรอบแนวคิดการวิจัยดังภาพที่ 1 และจุดประสงค์การวิจัยดังต่อไปนี้



รูปที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

จุดประสงค์การวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้เรื่องดินรอบตัวเรา ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนสาธิตละอออุทิศ กรุงเทพมหานคร โดยใช้รูปแบบการสอน Inquiry-Based Learning (5Es) ร่วมกับชุดกิจกรรม

2. เพื่อศึกษาความพึงพอใจหลังการจัดการเรียนรู้ เรื่องดินรอบตัวเรา ของนักเรียนชั้น ประถมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนสาธิตละอออุทิศ โดยใช้รูปแบบการสอน Inquiry-Based Learning (5Es) ร่วมกับชุดกิจกรรม

วิธีการดำเนินการวิจัย

1.ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร คือ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2568 โรงเรียนสาธิตละอออุทิศจังหวัดกรุงเทพมหานคร จำนวน 3 ห้องเรียน รวมทั้งสิ้น 82 คน

กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2/1 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2568 โรงเรียนสาธิตลออุทิตจังหวัดกรุงเทพมหานคร จำนวน 28 คน ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2568 ได้จากการสุ่มอย่างง่าย (Simple Random Sampling) โดยใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยในการสุ่ม

2. ตัวแปรที่ศึกษา

ตัวแปรจัดกระทำ คือ การจัดการเรียนรู้แบบ Inquiry-Based Learning (5Es) ร่วมกับชุดกิจกรรม

ตัวแปรตาม คือ 1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และ 2) ความพึงพอใจ

3. เครื่องมือในการวิจัยและการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย 1) แผนการจัดการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์โดยใช้รูปแบบการสอน Inquiry-Based Learning (5Es) ร่วมกับชุดกิจกรรม 2) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ดินรอบตัวเรา และ 3) แบบประเมินความพึงพอใจของผู้เรียน ซึ่งเครื่องมือวิจัยทั้งหมดมีการพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพดังนี้

3.1 แผนการจัดการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์โดยใช้รูปแบบการสอน Inquiry-Based Learning (5Es) ร่วมกับชุดกิจกรรม

ในการแผนการจัดการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์โดยใช้รูปแบบการสอน Inquiry-Based Learning (5Es) ร่วมกับชุดกิจกรรม ทีมผู้วิจัยศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) กลุ่มสาระวิทยาศาสตร์ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 ในด้านโครงสร้างรายวิชา มาตรฐานการเรียนรู้ และตัวชี้วัด รวมถึงศึกษาเนื้อหาและจุดประสงค์การเรียนรู้จากคู่มือครูรายวิชาวิทยาศาสตร์ ป.2 เล่ม 2 ของ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.)

ตลอดจนศึกษาแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้แบบใช้กิจกรรมเป็นฐาน เพื่อนำมาพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง "ดินรอบตัวเรา" ให้สอดคล้องกับมาตรฐานและตัวชี้วัดตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน ซึ่งกิจกรรมการดำเนินการสอนเป็นไปตามกระบวนการ 5Es ดังนี้

ขั้นที่ 1. ขั้นสร้างความสนใจ (Engage)

ผู้วิจัยกระตุ้นความสนใจของผู้เรียนโดยใช้คำถามกระตุ้นความคิด เช่น ดินที่เราเห็นในชีวิตประจำวันเหมือนหรือต่างกันอย่างไร หรือดินมีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิตอย่างไร พร้อมทั้งใช้สื่อจริงหรือภาพประกอบ เช่น ตัวอย่างดินหลากหลายชนิด เพื่อให้ผู้เรียนเกิดความสงสัยและอยากค้นหาคำตอบ เชื่อมโยงความรู้เดิมของผู้เรียนกับเนื้อหาใหม่ และเตรียมความพร้อมเข้าสู่การเรียนรู้ในแต่ละคาบ

ขั้นที่ 2. ขั้นสำรวจและค้นหา (Explore)

ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง โดยการสังเกต เปรียบเทียบ และทดลองเกี่ยวกับดิน เช่น การจับลักษณะเนื้อดิน การสังเกตสีและส่วนประกอบของดิน หรือการทดลองการอุ้มน้ำของดินแต่ละประเภท ผู้เรียนทำกิจกรรมเป็นกลุ่ม มีการบันทึกผลจากการสำรวจในใบกิจกรรม เพื่อสร้างประสบการณ์ตรงและพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เช่น การสังเกต การจำแนก และการตั้งคำถาม

ขั้นที่ 3. ขั้นอธิบาย (Explain)

ผู้เรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลการสำรวจและแลกเปลี่ยนความคิดเห็นร่วมกันในชั้นเรียน โดยครูทำหน้าที่เป็นผู้ชี้แนะ ซักถาม และอธิบายเพิ่มเติมเพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์อย่างถูกต้อง เช่น อธิบายส่วนประกอบของดิน ประเภทของดิน และคุณสมบัติของดินแต่ละชนิด พร้อมทั้งเชื่อมโยงข้อมูลที่ผู้เรียนค้นพบเข้ากับเนื้อหาวิชาการอย่างเป็นระบบ

ขั้นที่ 4. ขั้นขยายความรู้ (Elaborate)

ผู้เรียนได้นำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ใหม่ เช่น การเลือกใช้ดินให้เหมาะสมกับการปลูกพืชชนิดต่าง ๆ การแก้ปัญหาเกี่ยวกับดินในชีวิตประจำวัน หรือการออกแบบกิจกรรมเล็ก ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการใช้ดินในชุมชน เพื่อส่งเสริมการคิดวิเคราะห์และการเชื่อมโยงความรู้สู่การใช้งานจริง

ขั้นที่ 5. ขั้นประเมินผล (Evaluate)

ผู้วิจัยประเมินผลการเรียนรู้ของผู้เรียนอย่างหลากหลาย ทั้งจากการสังเกตพฤติกรรมระหว่างทำกิจกรรม การตรวจใบงาน การตอบคำถามในชั้นเรียน และแบบทดสอบหลังเรียน เพื่อวัดความรู้ ความเข้าใจ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน รวมถึงนำผลการประเมินไปใช้ในการปรับปรุงการจัดการเรียนรู้ให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

สำหรับแผนการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นทีมผู้วิจัยได้ออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ โดยกำหนดเนื้อหาแบ่งเป็น 4 คาบเรียน ได้แก่ เรื่อง ดินคืออะไร ส่วนประกอบของดิน ประเภทของดินและคุณสมบัติ และประโยชน์ของดิน ดังแสดงเนื้อหากิจกรรม และสื่อการเรียนรู้ (โดยย่อ) ในรูปที่ 2

สัปดาห์ (ช.ม.)	เนื้อหา	กิจกรรม	สื่อการเรียนรู้
1 (1 ชั่วโมง)	1.ดินคืออะไร	- แบบทดสอบก่อนเรียน - เกม "ฉันคือดินหรือไม่ใช่ดินกันนะ"	1. ชุดกิจกรรม บัตรภาพ 2. สื่อการสอน เรื่อง ดินคืออะไร 3.แบบทดสอบ
2 (1 ชั่วโมง)	2.ส่วนประกอบของดิน	- กล่องปริศนาใต้ดิน - สำรวจดิน	1. ชุดกิจกรรม กล่องปริศนา 2. สื่อการสอน เรื่อง ส่วนประกอบของดิน 3. ใบงาน เรื่อง ส่วนประกอบของดิน
3 (1 ชั่วโมง)	3.ประเภทของดินและคุณสมบัติ	- สำรวจดินแต่ละประเภท - ทำการทดลอง การอุ้มน้ำของดิน	1. ชุดกิจกรรม สำรวจดิน 2. สื่อการสอน เรื่อง ประเภทของดินและคุณสมบัติ 3. ใบงาน เรื่อง ประเภทของดินและคุณสมบัติ
4 (1 ชั่วโมง)	4. ประโยชน์ของดิน	- เกม "ภาพหาย อะไรเกิดกับดิน" - แบบทดสอบหลังเรียน	1. ชุดกิจกรรม "ภาพหาย อะไรเกิดกับดิน" 3.แบบทดสอบ

รูปที่ 2 กิจกรรมการสอน ดินรอบตัวเรา โดยใช้รูปแบบการสอน Inquiry-Based Learning (5Es) ร่วมกับชุดกิจกรรม

สำหรับการตรวจสอบคุณภาพแผนการจัดการเรียนรู้ เป็นการประเมินด้านความสเหมาะสมด้านกิจกรรมการเรียนการสอน โดยได้รับการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ซึ่งแบบเป็นแบบลิเคิร์ทสเกล (Likert Scale) 5 ระดับ ได้ผลการประเมินในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.62, S.D. = 0.66) โดยมีรายละเอียดดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ดินรอบตัวเรา โดยใช้รูปแบบการสอน Inquiry-Based Learning (5Es) ร่วมกับชุดกิจกรรม

ประเด็นคำถาม	Mean	S.D.	การแปลผล
1. ด้านองค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้			
1.1 จุดประสงค์การจัดการเรียนรู้สอดคล้องกับตัวชี้วัด/มาตรฐานการเรียนรู้	4.67	0.59	มากที่สุด
1.2 จุดประสงค์การเรียนรู้มีความชัดเจน สามารถวัดได้	4.67	0.59	มากที่สุด
1.3 สาระสำคัญมีความถูกต้อง สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้และสาระการเรียนรู้	5	0	มากที่สุด
โดยรวมด้านองค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้	4.78	0.79	มากที่สุด
2. ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้			
2.1 กิจกรรมการจัดการเรียนรู้แบบ Inquiry-Based Learning (5Es) มีความเหมาะสมกับระดับผู้เรียน	4.33	0.57	มาก
2.2 กิจกรรมขั้นนำเข้าสู่บทเรียน ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดความสนใจ	4.33	0.57	มาก
2.3 กิจกรรมขั้นนำเข้าสู่บทเรียน ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ร่วมกันวางแผนร่วมกันแก้ปัญหา และร่วมกันคิดวิเคราะห์ผล	4.33	0.57	มาก

ประเด็นคำถาม	Mean	S.D.	การแปลผล
2.4 กิจกรรมขั้นลงมือปฏิบัติกิจกรรม ส่งเสริมให้ผู้เรียนลงมือแก้ปัญหา วางแผนและแลกเปลี่ยนความคิดภายในกลุ่มและทุกคนต้องมีส่วนร่วมในการแก้ปัญหา	4.33	0.57	มาก
2.5 กิจกรรมขั้นสรุปความรู้และประเมินผล ส่งเสริมให้ผู้เรียนร่วมกันสรุปความรู้ หรือ แนวคิดที่ได้ โดยใช้การประเมินผลตามสภาพจริง	4.67	0.59	มากที่สุด
2.6 การจัดการเรียนรู้แบบ Inquiry-Based Learning (5Es) ร่วมกับชุดกิจกรรม ช่วยทำให้ผู้เรียนมีผลการเรียนที่ดีขึ้น	4.33	0.57	มาก
โดยรวมด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	4.39	0.57	มาก
3. ด้านสื่อ			
3.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์ และเนื้อหาที่เรียน	4.67	0.59	มากที่สุด
3.2 สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	4.78	0.79	มากที่สุด
โดยรวมด้านสื่อ	4.73	0.69	มากที่สุด
4. ด้านการวัดและประเมินผล			
4.1 การวัดและประเมินผลสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	4.67	0.59	มากที่สุด
4.2 เครื่องมือวัดและประเมินการเรียนรู้มีความเหมาะสม	4.33	0.57	มาก
4.3 เกณฑ์ที่ใช้ในการวัดและประเมินผลการเรียนรู้มีความชัดเจนและสามารถปฏิบัติได้	4.67	0.59	มากที่สุด
โดยรวมด้านการวัดและประเมินผล	4.56	0.58	มากที่สุด
โดยรวมของแผนการจัดการเรียนรู้	4.62	0.66	มากที่สุด

2.2 แบบประเมินความพึงพอใจของผู้เรียน โดยผู้วิจัยพัฒนาแบบประเมินความพึงพอใจด้านการจัดการเรียนรู้เรื่องดินรอบตัวเรา โดยใช้รูปแบบการสอน Inquiry-Based Learning (5Es) ร่วมกับชุดกิจกรรม ในด้านต่าง ๆ ซึ่งเป็นแบบสอบถามเป็นแบบลิเคิร์ทสเกล (Likert Scale) 5 ระดับ จากนั้นให้ ผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ความเหมาะสมของข้อคำถามในแบบประเมินโดยพิจารณาดัชนีความสอดคล้อง (IOC) จากนั้นนำมาปรับแก้ตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญก่อนที่จะนำมาใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

2.3 ผู้วิจัยสร้างแบบวัดผลสัมฤทธิ์ เรื่อง "ดินรอบตัวเรา" เป็นแบบทดสอบปรนัยชนิดเลือกตอบ 3 ตัวเลือก จำนวน 10 ข้อ ใช้เวลา 15 นาที โดยศึกษามาตรฐาน ตัวชี้วัดและเนื้อหาที่เกี่ยวข้อง ศึกษาทฤษฎี หลักการวัดและประเมินผล รวมถึงเทคนิคการสร้างแบบทดสอบ พร้อมจัดทำตารางวิเคราะห์ข้อสอบให้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ ครอบคลุมพฤติกรรมด้านพุทธิพิสัย ได้แก่ ความรู้ ความเข้าใจ และการนำไปใช้ จากนั้นนำแบบทดสอบให้ผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน พิจารณาความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้ (IOC) พบว่า ข้อสอบทั้ง 10 ข้อ มีค่าดัชนีความสอดคล้องเท่ากับ 1.00 ทุกข้อ แสดงว่าแบบทดสอบมีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาและสามารถนำไปใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลวิจัยได้

4.การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลมีขั้นตอนในการดำเนินงานแบ่งเป็น 3 ระยะ ดังนี้

4.1 ระยะก่อนทดลอง

ศึกษาสภาพปัญหา ข้อมูลพื้นฐานของผู้เรียน เอกสาร ตำรา งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อออกแบบรูปแบบการสอน Inquiry-Based Learning (5Es) ร่วมกับชุดกิจกรรม เรื่อง ดินรอบตัวเรา จากนั้นจึงพัฒนาเครื่องมือ และตรวจตรวจสอบคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญ

4.2 ระยะทดลอง

ผู้วิจัยได้นำรูปแบบการสอน Inquiry-Based Learning (5Es) ร่วมกับชุดกิจกรรมมาใช้ในจัดการเรียนการสอนในรายวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง ดินรอบตัวเรา มีการดำเนินการทั้งสิ้น 4 สัปดาห์ โดยในสัปดาห์ที่ 1 นักศึกษาทำแบบทดสอบก่อนเรียน หลังจากนั้นเรียนเรื่อง ดินคืออะไรและทำชุดกิจกรรม สัปดาห์ที่ 2 เรียนเรื่อง ส่วนประกอบของดินและทำชุดกิจกรรม สัปดาห์ที่ 3 เรียนเรื่อง ประเภทของดินและคุณสมบัติและทำชุดกิจกรรม สัปดาห์ที่ 4 เรียนเรื่อง ประโยชน์ของดินและให้นักเรียนทำแบบทดสอบหลังเรียน พร้อมทั้งประเมินความพึงพอใจของผู้เรียน

4.3 ระยะหลังทดลอง

ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลที่ได้และทำการวิเคราะห์ข้อมูล จากนั้นเขียนสรุปรายงานการวิจัย

5.การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลของการวิจัยนี้เป็นข้อมูลเชิงปริมาณ มีการวิเคราะห์ข้อมูลตามวัตถุประสงค์ของการวิจัยดังนี้

5.1 เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ก่อนเรียนและหลังเรียน วิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง ดินรอบตัวเรา ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 โดยใช้รูปแบบการสอน Inquiry-Based Learning (5Es) ร่วมกับชุดกิจกรรม วิเคราะห์ข้อมูลโดยหาค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) และใช้สถิติทดสอบ Paired Samples t-Test

5.1 ข้อมูลจากการประเมินความพึงพอใจของนักเรียนหลังการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ดินรอบตัวเรา ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 โดยใช้รูปแบบการสอน Inquiry-Based Learning (5Es) ร่วมกับชุดกิจกรรม วิเคราะห์ข้อมูลโดยหาค่าเฉลี่ย (Mean) และ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) แล้วเปรียบเทียบกับเกณฑ์โดยมีเกณฑ์และการแปลความหมายเพื่อจัดระดับค่าเฉลี่ยในช่วงคะแนนดังนี้

คะแนนเฉลี่ย 4.51 – 5.00 แปลความว่า มีพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด

คะแนนเฉลี่ย 3.51 – 4.50 แปลความว่า มีพึงพอใจอยู่ในระดับมาก

คะแนนเฉลี่ย 2.51 – 3.50 แปลความว่า มีพึงพอใจอยู่ในระดับปานกลาง

คะแนนเฉลี่ย 1.51 – 2.50 แปลความว่า มีพึงพอใจอยู่ในระดับน้อย

คะแนนเฉลี่ย 1.00 – 1.50 แปลความว่า มีพึงพอใจอยู่ในระดับน้อยที่สุด

ผลการวิจัย

1. ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

จากการทำทดสอบก่อนและหลังการจัดกิจกรรม เรื่อง ดินรอบตัวเรา โดยใช้รูปแบบการสอน Inquiry-Based Learning (5Es) ร่วมกับชุดกิจกรรม พบว่านักเรียนทุกคนมีผลคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน โดยมีคะแนนเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานดังแสดงในตารางที่ 2 และแสดงผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ โดยใช้สถิติ Paired Sample t-Test .ในตารางที่ 3

ตารางที่ 2 แสดงผลการทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้เรื่องดินรอบตัวเรา ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนสาธิตละอออุทิศ กรุงเทพมหานคร โดยใช้รูปแบบการสอน Inquiry-Based Learning (5Es) ร่วมกับชุดกิจกรรม

	Pre-test	Post-test	Difference
ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$)	5.11	7.18	2.07
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)	1.22	0.90	0.32
คะแนนต่ำสุด	3	5	2
คะแนนสูงสุด	6	9	3

จากตารางที่ 2 พบว่า คะแนนเฉลี่ยหลังเรียนเพิ่มขึ้นจาก 5.11 เป็น 7.18 ซึ่งมีความแตกต่างเพิ่มขึ้น 2.07 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ลดลงจาก 1.22 ก่อนเรียนเหลือ 0.90 หลังเรียน และ S.D. ของความแตกต่างอยู่ที่ 0.32 สะท้อนว่าความสามารถของนักศึกษาเริ่มมีความใกล้เคียงกันมากขึ้น

ตารางที่ 3 แสดงผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้เรื่องดินรอบตัวเรา ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนสาธิตละอออุทิศ กรุงเทพมหานคร โดยใช้รูปแบบการสอน Inquiry-Based Learning (5Es) ร่วมกับชุดกิจกรรมโดยใช้สถิติ Paired Sample t-test

	Pretest-posttest Difference	t-value	p-value
ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$)	5.08	df =27	P < .00001
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD.)	3.38	t=11.201*	

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

3. ผลประเมินความพึงพอใจการจัดการเรียนรู้เรื่องดินรอบตัวเรา ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนสาธิตละอออุทิศ กรุงเทพมหานคร โดยใช้รูปแบบการสอน Inquiry-Based Learning (5Es) ร่วมกับชุดกิจกรรม

จากการประเมินความพึงพอใจของนักศึกษาเรื่อง ดินรอบตัวเรา โดยใช้รูปแบบการสอน Inquiry-Based Learning (5Es) ร่วมกับชุดกิจกรรม ตามแบบประเมิน มาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ วิเคราะห์ข้อมูลโดยหาค่าเฉลี่ย (Mean) และ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) แล้วเปรียบเทียบกับเกณฑ์โดยมีเกณฑ์และการแปลความหมายเพื่อจัดระดับค่าเฉลี่ยซึ่งมีนักศึกษา 28 คนในกลุ่มตัวอย่าง การประเมินความพึงพอใจได้ผลดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการประเมินความพึงพอใจ เรื่อง ดินรอบตัวเรา

หัวข้อการประเมิน	$\bar{x}$	S.D.	การแปลผล	ลำดับ
1. ฉันชอบกิจกรรมการเรียนเรื่องดิน	4.53	0.51	มากที่สุด	3
2. กิจกรรมในห้องเรียนสนุกและน่าสนใจ	4.57	0.50	มากที่สุด	2
3. ฉันได้ลงมือทำกิจกรรมเกี่ยวกับดินด้วยตัวเอง	4.44	0.60	มาก	4
4. ฉันสามารถนำความรู้เรื่องดินไปใช้ในชีวิตประจำวันได้	4.43	0.72	มากท	5
5. ฉันอยากเรียนวิทยาศาสตร์แบบนี้อีก	4.63	0.42	มากที่สุด	1
ความพึงพอใจโดยรวม	4.52	0.55	มากที่สุด	

จากการประเมินความพึงพอใจของนักเรียน เรื่อง "ดินรอบตัวเรา" จำนวน 5 ด้าน พบว่านักเรียนมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากถึงมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 4.43–4.63 จากมาตรวัด 5 ระดับ) โดยภาพรวมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.52 (S.D. = 0.55) อยู่ในระดับมากที่สุด แสดงให้เห็นว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้สามารถตอบสนองต่อความต้องการและสร้างประสบการณ์การเรียนรู้ที่ดีให้กับผู้เรียนได้

เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า "ด้านฉันอยากเรียนวิทยาศาสตร์แบบนี้อีก" ได้รับคะแนนสูงสุด ($\bar{x}$ = 4.63, S.D. = 0.42) รองลงมาคือ "กิจกรรมในห้องเรียนสนุกและน่าสนใจ" ($\bar{x}$ = 4.75,S.D. = 0.50) และ "ฉันชอบกิจกรรมการเรียนเรื่องดิน" ($\bar{x}$ = 4.53, S.D. = 0.5.1) ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่ากิจกรรมการเรียนรู้สามารถสร้างแรงจูงใจและความสนใจในการเรียนวิทยาศาสตร์ให้กับนักเรียนได้เป็นอย่างดีส่วนด้าน "ฉันได้ลงมือทำกิจกรรมเกี่ยวกับดินด้วยตัวเอง" ($\bar{x}$ = 4.44, S.D. = 0.60 และ "ฉันสามารถนำความรู้เรื่องดินไปใช้ในชีวิตประจำวันได้" ($\bar{x}$ = 4.43, S.D. = 0.72) แม้จะมีค่าเฉลี่ยต่ำกว่าด้านอื่นเล็กน้อย แต่ยังคงอยู่ในระดับมาก แสดงให้เห็นว่าผู้เรียนยังคงได้รับประสบการณ์ตรงและสามารถเชื่อมโยงความรู้สู่การใช้จริงได้

นอกจากนี้ ค่า S.D. อยู่ในช่วง 0.42–0.72 ซึ่งบ่งชี้ว่าความคิดเห็นของนักเรียนมีความกระจายตัวไม่มาก สะท้อนถึงความสอดคล้องของความพึงพอใจในทิศทางเดียวกัน สรุปได้ว่ากิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง "ดินรอบตัวเรา" โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ (5Es) ไม่เพียงช่วยส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แต่ยังสร้างประสบการณ์การเรียนรู้ที่น่าสนใจและได้รับการตอบรับเชิงบวกจากนักเรียนอีกด้วย

การอภิปรายผลและการนำไปใช้

1.การอภิปรายผล

ผลการวิจัยพบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง "ดินรอบตัวเรา" ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับชุดกิจกรรมสามารถพัฒนาการเรียนรู้ของผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งนี้เนื่องจากรูปแบบการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมในการเรียนรู้ผ่านการลงมือปฏิบัติ การสำรวจ และการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของ Piaget (1972) และแนวคิดการเรียนรู้แบบค้นพบของ Bruner (1961)

ผลการวิจัยนี้ยังสอดคล้องกับแนวคิดของ Bybee et al. (2006) ที่ระบุว่าการจัดการเรียนรู้แบบ 5E ช่วยส่งเสริมกระบวนการคิดทางวิทยาศาสตร์และการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Minner et al. (2010)

และ Furtak et al. (2012) ที่พบว่าการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ส่งผลเชิงบวกต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์อย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะเมื่อมีการจัดกิจกรรมที่มีการชี้แนะอย่างเหมาะสม

เมื่อพิจารณางานวิจัยในบริบทของประเทศไทย พบว่าผลการวิจัยครั้งนี้สอดคล้องกับหลายการศึกษา เช่น Photisa et al. (2025) พบว่าการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับสื่อกราฟิกสามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับประถมศึกษาได้อย่างมีประสิทธิภาพ และ Chitrtiphinyo & Phardthaisong (2024) พบว่าการใช้กิจกรรมการเรียนรู้แบบ 5E ร่วมกับเกมวิทยาศาสตร์ช่วยพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียนระดับประถมศึกษาได้อย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ Sangsawang & Wutchana (2023) ยังยืนยันว่าชุดการเรียนรู้แบบ 5E สามารถยกระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความพึงพอใจของผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิผล

ในด้านความพึงพอใจของนักเรียน พบว่าอยู่ในระดับมากถึงมากที่สุด โดยเฉพาะด้านความสนุกและความน่าสนใจของกิจกรรม รวมถึงความต้องการเรียนรู้ในรูปแบบนี้ต่อไป ซึ่งสะท้อนว่าการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวสามารถกระตุ้นแรงจูงใจและการมีส่วนร่วมของผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ สอดคล้องกับแนวคิดของ Bybee et al. (2006) และผลการศึกษาของ Soimaneewan et al. (2025) พบว่าการจัดการเรียนรู้แบบ 5E ร่วมกับกิจกรรมเสริมสามารถเพิ่มทั้งผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความพึงพอใจของผู้เรียนได้

อย่างไรก็ตาม ผลการประเมินในด้านการนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวันและการลงมือปฏิบัติด้วยตนเองมีค่าเฉลี่ยต่ำกว่าด้านอื่นเล็กน้อย แม้ยังอยู่ในระดับมาก ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงแนวทางในการพัฒนาเพิ่มเติม โดยครูควรออกแบบกิจกรรมที่เน้นการประยุกต์ใช้ความรู้ในบริบทจริง และเพิ่มโอกาสให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติอย่างหลากหลายมากยิ่งขึ้น เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ที่มีความหมายและยั่งยืน

2. การนำไปใช้

2.1 ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

2.1.1 ด้านการบูรณาการสื่อประจักษ์สายตา ครูผู้สอนควรออกแบบชุดกิจกรรมที่เน้นการใช้แหล่งเรียนรู้รอบตัวในโรงเรียน (เช่น สวนโรงเรียน หรือพื้นที่ธรรมชาติ) เพื่อให้นักเรียนเชื่อมโยงความรู้ในบทเรียนเข้ากับชีวิตจริงได้ง่ายขึ้น

2.1.2 ด้านการปรับบทบาทของครู ในการจัดการเรียนรู้แบบ 5E ครูควรทำหน้าที่เป็น "ผู้อำนวยความสะดวก" (Facilitator) โดยการใช้คำถามกระตุ้นแทนการเฉลยคำตอบ เพื่อให้เด็กได้ฝึกทักษะการคิดวิเคราะห์อย่างเต็มที่

2.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

2.2.1 ควรมีการศึกษาเปรียบเทียบระหว่างการใช้ชุดกิจกรรมในรูปแบบเล่มกระดาษกับการใช้สื่อดิจิทัล (Digital Activity Kits) เพื่อดูผลกระทบต่อความสนใจและผลสัมฤทธิ์ในยุคการศึกษาดิจิทัล

2.2.2 ควรมีการศึกษาผลระยะยาว (Retention) ของการจัดการเรียนรู้แบบ 5E ว่าช่วยให้ผู้เรียนคงสภาพความรู้ในเนื้อหาวิทยาศาสตร์ได้นานเพียงใดเมื่อเทียบกับการสอนแบบปกติ

บทสรุป

การวิจัยครั้งนี้สรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับชุดกิจกรรม ส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนสาธิตละอออุทิศสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 นอกจากนี้ นักเรียนยังมีความพึงพอใจและเจตคติที่ดีต่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในระดับสูงมาก ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึง

ประสิทธิภาพของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวในการส่งเสริมทั้งด้านความรู้ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และคุณลักษณะอันพึงประสงค์ของผู้เรียน

ผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับแนวคิดการจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนมีบทบาทสำคัญในการแสวงหาความรู้ด้วยตนเองผ่านกระบวนการคิด วิเคราะห์ และลงมือปฏิบัติจริง ดังนั้น การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับชุดกิจกรรม จึงเป็นแนวทางที่มีประสิทธิผล และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการพัฒนาการจัดการเรียนรู้ในระดับประถมศึกษาได้อย่างเหมาะสม

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้การสนับสนุนจากโรงเรียนสาธิตลอออุทิศ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต ในการให้เป็นสถานที่ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยจึงขอบผู้บริหาร คณะคุณครู และนักเรียนโรงเรียนสาธิตลอออุทิศ นอกจากนั้นขอขอบพระคุณอาจารย์จากคณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต ทั้ง 3 ท่าน ที่อนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญในการประเมินคุณภาพเครื่องมือการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.

ศรีมาศ ต., สุกรีวนัส ภ., & ปิ่นทอง ธ. . (2025). ผลการใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน ร่วมกับชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่อง วงจรไฟฟ้า ที่มีต่อทักษะการทดลอง และพัฒนาการด้านความรู้ในการทดลองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. วารสารครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์. 3(1): 51–67. สืบค้น จาก https://so07.tci-thaijo.org/index.php/VRUJ/article/view/7380

ทรเทพ ห. (2023). ผลของวงจรการเรียนรู้แบบ 5Es เสริมด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ต่อผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4. Journal of Creative Education Research and Development. 1(2): 1–12. สืบค้น จาก https://so15.tci-thaijo.org/index.php/JCERD/article/view/2632

Buarakun, P., Prasertsang, P., & Kalam, S. (2024). The development of learning activities an Inquiry-Based Learning (5E) to develop science learning achievement for Grade 5 students. Academic Journal of Mahamakut Buddhist University Roi Et Campus. 13(1): 64–78. https://so01.tci-thaijo.org/index.php/AJMBU/article/view/275005

Bruner, J. S. (1961). The act of discovery. Harvard Educational Review, 31(1), 21–32.

Bybee, R. W. (2015). The BSCS 5E instructional model: Creating teachable moments. NSTA Press.

Bybee, R. W., Taylor, J. A., Gardner, A., Van Scotter, P., Powell, J. C., Westbrook, A., & Landes, N. (2006). The BSCS 5E instructional model: Origins and effectiveness. BSCS.

Chitrtiphinyo, M., & Phardthaisong, P. (2024). The development of 5E Inquiry Based Learning Activities with Science Games to enhance Science process skills of the 4th grade students. Journal of Roi Et Rajabhat University. 18(1): 169–179. retrieved from https://so03.tci-thaijo.org/index.php/reru/article/view/268088

Furtak, E. M., Seidel, T., Iverson, H., & Briggs, D. C. (2012). Experimental and quasi-experimental studies of inquiry-based science teaching: A meta-analysis. Review of Educational Research, 82(3), 300–329. https://doi.org/10.3102/0034654312457206

Janyoy , P., & Laksana, K. . (2024). The Development of Third-Grade Students’ Learning Achievement in Science Subject Through the Intrgration of an Inquiry-Based Learning Approach (5 E) and the Science Exercises Titled Air Around Us. Journal of Modern Learning Development. 9(10): 566–584. retrieved from https://so06.tci-thaijo.org/index.php/jomld/article/view/277422

Minner, D. D., Levy, A. J., & Century, J. (2010). Inquiry-based science instruction—What is it and does it matter? Journal of Research in Science Teaching, 47(4), 474–496.https://doi.org/10.1002/tea.20347

Photisa, P., Boontongtherng, A., & Pharanat, A. (2025). The development of inquiry-based learning management (5E) with graphic charts to stimulate science learning achievement for Grade 6 students. Journal for Developing the Social and Community. 12(1): 489–508.

Piaget, J. (1972). The psychology of the child. Basic Books.

Sangsawang, T., & Wutchana, U. (2023). The development of inquiry-based learning package (5E) to increase learning achievement in biology. Academic MCU Buriram Journal. 8(1).

Sateankate, K., & Wongsaphan, M. (2025). Development of 5E Inquiry-Based Learning Activities Combined with Scientific Process Skills Practice Kits on the Topic "Energy on Our Earth" for Grade 3 Students. Journal of Roi Et Rajabhat University. 19(1): 41–49. retrieved from https://so03.tci-thaijo.org/index.php/reru/article/view/282464

Soimaneewan, T., Chaiprasert, P., & Thongsorn, P. (2025). Flipped classroom with inquiry-based learning (5E) enriching science games on science learning achievement and satisfaction. Journal of Buddhist Education and Research. 11(3): 87–102.

Suttiwan, W., & Raksapoln, K. (2024). The development of science learning activities package followed inquiry-based learning for primary school students in Pathum Thani Province. Interdisciplinary Academic and Research Journal. 4(2): 1–14. https://so03.tci-thaijo.org/index.php/IARJ/article/view/282613

Wongpui, S., Harnkajornsuk, S., & Pratoomtong, W. (2023). The development of a guided inquiry-based activity package for promoting the integrated science process skills and scientific reasoning of grade 5 students.Journal of Educational Review Faculty of Education MCU. 10(3): 394–409. https://so02.tci-thaijo.org/index.php/EDMCU/article/view/264873

ความพึงพอใจของนักศึกษาต่อกระบวนการจัดการเรียนรู้ของมหาวิทยาลัยสวนดุสิต ปีการศึกษา 2567

Student Satisfaction with the Teaching and Learning Processes ofSuan Dusit University, Academic Year 2024

นงนุช รุ่งสว่าง[1*] ณัฐณิชา มีงาม[1] จักรพันธ์ คำแก้ว[2] และจิตต์วิมล คล้ายสุบรรณ[1]

Nongnuch Utakud[1*],Natnicha Mengam[1], Jakkrapan Kumkaew[2] and Jitwimon Klaysubun[1]

[1]สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยสวนดุสิต

[1]Research and Development Institute, Suan Dusit University

[2]สำนักงานมหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสวนดุสิต

[2]Office of the President,Suan Dusit University

[*]Corresponding Author E-mail Address : nongnuch_run@dusit.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อกระบวนการจัดการเรียนรู้ของอาจารย์ผู้สอน มหาวิทยาลัยสวนดุสิต ปีการศึกษา 2567 โดยส่งแบบสอบถามแบบออนไลน์กับนักศึกษาทั้งหมดจำนวน 15,731 คน และมีนักศึกษาตอบกลับมาทั้งสิ้นจำนวน 8,860 คน คิดเป็นร้อยละ 56.32 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเป็นแบบสอบถามมีลักษณะเป็นมาตรประมาณค่า 5 ระดับ การวิเคราะห์ข้อมูลใช้สถิติบรรยาย ได้แก่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน การวิจัยครั้งนี้ศึกษา 4 ด้าน ได้แก่ ด้านวัตถุประสงค์ของการเรียนการสอน ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน ด้านการวัดประเมินผลการเรียนการสอน และด้านคุณลักษณะของอาจารย์ผู้สอน ผลการวิจัยพบว่านักศึกษามีความพึงพอใจต่อกระบวนการจัดการเรียนรู้ทั้ง 4 ด้าน โดยภาพรวมนักศึกษามีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด (M = 4.58, SD= 0.72) พิจารณาแต่ละด้าน พบว่า ด้านคุณลักษณะของอาจารย์ผู้สอนมีความพึงพอใจสูงสุด (M = 4.59, SD =0.70) รองลงมาคือ ด้านวัตถุประสงค์ของการเรียนการสอน (M = 4.58, SD =0.71) ด้านการวัดประเมินผลการเรียนการสอน (M = 4.57, SD =0.71) และด้านการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน (M = 4.56, SD =0.72) ตามลำดับ โดยนักศึกษาสังกัดโรงเรียนกฎหมายและการเมือง มีความพึงพอใจมากที่สุด (M = 4.66, SD =0.65) รองลงมาคือ นักศึกษาสังกัดคณะครุศาสตร์ (M = 4.62, SD =0.68) และนักศึกษาสังกัดคณะพยาบาลศาสตร์ (M = 4.58, SD =0.74) ตามลำดับ

คำสำคัญ: ความพึงพอใจของนักศึกษากระบวนการจัดการเรียนรู้ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต ปีการศึกษา 2567

Abstract

This research aims to study to study student satisfaction with the teaching and learning processes of instructors ofSuan Dusit University in academic year 2024 (B.E. 2567). Online questionnaire was sent to 15,731 students, resulting in 8,860 respondents, which accounted for a 56.32% response rate. The research instrument was a 5-point Likert scale questionnaire. Data were analyzed using descriptive statistics, including percentage, mean (M), and standard deviation (SD). This research focuses on four key dimensions: instructional objectives, learning activities, measurement and evaluation, and instructor characteristics. The results found that students were satisfied with the teaching and learning processes across all four dimensions, with the overall satisfaction at the highest level (M = 4.58, SD = 0.72). When considered in each dimension, instructor characteristics received the highest satisfaction rating (M = 4.59, SD = 0.70), followed by instructional objectives (M = 4.58, SD = 0.71), measurement and evaluation (M = 4.57, SD = 0.71), and learning activities (M = 4.56, SD = 0.72), respectively. When categorized by affiliation, students from the School of Law and Politics have the highest level of satisfaction (M = 4.66, SD = 0.65), followed by Faculty of Education (M = 4.62, SD = 0.68) and Faculty of Nursing (M = 4.58, SD = 0.74), respectively.

Keywords: Student Satisfaction, the Teaching and Learning Processes, Suan Dusit University, Academic Year 2024

บทนำ

ในบริบทของสังคมปัจจุบันที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีดิจิทัลและรูปแบบการเรียนรู้ที่หลากหลาย การจัดการศึกษาระดับอุดมศึกษาจำเป็นต้องปรับตัวเพื่อรองรับความต้องการของผู้เรียนและสังคมในอนาคต ซึ่งมุ่งเน้นการพัฒนาผู้เรียนให้มีสมรรถนะรอบด้าน สามารถคิดวิเคราะห์ สื่อสาร และเรียนรู้ได้อย่างต่อเนื่องตลอดชีวิต (UNESCO, 2021; OECD, 2020) การจัดการเรียนรู้จึงไม่จำกัดอยู่เพียงการถ่ายทอดความรู้ แต่ต้องส่งเสริมให้ผู้เรียนมีบทบาทในการสร้างองค์ความรู้และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์จริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

กระบวนการจัดการเรียนรู้ในระดับอุดมศึกษาประกอบด้วยองค์ประกอบสำคัญหลายประการ ได้แก่ การกำหนดวัตถุประสงค์ของการเรียนรู้ การออกแบบกิจกรรมการเรียนการสอน การวัดและประเมินผล ตลอดจนคุณลักษณะของอาจารย์ผู้สอน ซึ่งล้วนมีผลต่อประสบการณ์และผลลัพธ์การเรียนรู้ของนักศึกษา (Biggs & Tang, 2011) แนวคิดการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ (Student-centered learning) จึงได้รับความสำคัญมากขึ้น โดยมุ่งให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ เกิดการเรียนรู้เชิงลึก และสามารถพัฒนาทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 ได้อย่างเหมาะสม (Prince, 2004)นอกจากนี้ การเปลี่ยนแปลงของรูปแบบการเรียนรู้ในยุคดิจิทัลยังส่งผลให้บทบาทของอาจารย์ผู้สอนต้องปรับเปลี่ยนจากผู้ถ่ายทอดความรู้ไปสู่การเป็นผู้ออกแบบการเรียนรู้และผู้อำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ (Facilitator) โดยใช้เทคโนโลยีและวิธีการสอนที่หลากหลายเพื่อสนับสนุนการเรียนรู้ของผู้เรียนให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น (Hodges et al., 2020)

การประเมินความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อกระบวนการจัดการเรียนรู้ของอาจารย์ผู้สอนจึงเป็นเครื่องมือสำคัญในการสะท้อนคุณภาพของการจัดการเรียนการสอน เนื่องจากนักศึกษาเป็นผู้ที่มีประสบการณ์ตรงในการเรียนรู้ และสามารถให้ข้อมูลย้อนกลับที่เป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาการเรียนการสอนในด้านต่าง ๆ ทั้งด้านเนื้อหา วิธีการสอน และการประเมินผล (Kember & Ginns, 2012) ข้อมูลดังกล่าวสามารถนำไปใช้ในการปรับปรุงและยกระดับคุณภาพการจัดการเรียนรู้ให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

มหาวิทยาลัยสวนดุสิตเป็นสถาบันอุดมศึกษาที่มุ่งเน้นการพัฒนาคุณภาพการศึกษา โดยมีอัตลักษณ์ที่โดดเด่นในด้านการศึกษาปฐมวัย อาหาร อุตสาหกรรมบริการ และการพยาบาลและสุขภาวะ พร้อมทั้งให้ความสำคัญกับการจัดการเรียนรู้ที่เชื่อมโยงกับการปฏิบัติงานจริงและการพัฒนาทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 (มหาวิทยาลัยสวนดุสิต, 2568) การดำเนินงานด้านการจัดการเรียนการสอนของมหาวิทยาลัยจึงมุ่งเน้นให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ที่มีคุณภาพและสามารถนำไปใช้ได้จริงในบริบทของวิชาชีพด้วยเหตุนี้ การศึกษาความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อกระบวนการจัดการเรียนรู้ของอาจารย์ผู้สอนในปีการศึกษา 2567 จึงมีความสำคัญในการแสดงถึงคุณภาพการจัดการเรียนการสอนของมหาวิทยาลัยในภาพรวม โดยครอบคลุมองค์ประกอบสำคัญ ได้แก่ วัตถุประสงค์ของการเรียนการสอน การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ การวัดและประเมินผล และคุณลักษณะของอาจารย์ผู้สอน ทั้งนี้เพื่อให้ได้ข้อมูลเชิงประจักษ์สำหรับการพัฒนาการจัดการเรียนรู้ให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น ดังนั้น การวิจัยครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อกระบวนการจัดการเรียนรู้ของอาจารย์ผู้สอนมหาวิทยาลัยสวนดุสิต ในปีการศึกษา 2567

วิธีการ

1. ประชากรที่ศึกษา คือ นักศึกษาระดับปริญญาตรีของมหาวิทยาลัยสวนดุสิตที่เรียนรายวิชาต่าง ๆ ซึ่งสอนโดยอาจารย์ผู้สอนของมหาวิทยาลัยสวนดุสิต ปีการศึกษา 2567 จำนวน จำนวน 15,731 คนดำเนินการการเก็บรวบรวมข้อมูลในระหว่างเดือนธันวาคม 2566 – เดือนมีนาคม 2567โดยให้นักศึกษาตอบแบบสอบถามผ่านเว็บไซต์ http://e-assessment.dusit.ac.th/ซึ่งมีผู้ตอบแบบสอบถามทั้งสิ้นจำนวน 8,860 คน คิดเป็นร้อยละ 56.32 ของประชากรทั้งหมด

2. เครื่องมือวิจัย คือ แบบสอบถาม แบ่งออกเป็น 2 ตอน คือ ตอนที่ 1 ข้อมูลพื้นฐานทั่วไป มี 3 ข้อ และตอนที่ 2 การสอบถามความพึงพอใจของนักศึกษาต่อกระบวนการจัดการเรียนรู้ 4 ด้าน ได้แก่ วัตถุประสงค์ของการเรียนการสอน การจัดกิจกรรมการเรียนการสอน การวัดประเมินผลการเรียนการสอน และคุณลักษณะของอาจารย์ผู้สอน มี 24 ข้อ เป็นแบบสอบถาม มีลักษณะเป็นมาตรประมาณค่า 5 ระดับ โดยมีเกณฑ์การแปลความหมายโดยคะแนนเฉลี่ย 4.51–5.00 มีระดับความพึงพอใจมากที่สุด3.51–4.50 ระดับความพึงพอใจมาก2.51–3.50 ระดับความพึงพอใจปานกลาง1.51–2.50 ระดับความพึงพอใจน้อย และ 1.00 –1.50 ระดับความพึงพอใจน้อยที่สุด ทั้งนี้ผู้วิจัยตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ โดยนำแบบสอบถามฉบับร่างให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน คือ ผู้เชี่ยวชาญด้านวิธีวิทยาการวิจัย/การวัดประเมินผล และผู้เชี่ยวชาญด้านการศึกษา ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา ความครอบคลุมของเนื้อหา ความถูกต้องของแบบสอบถาม และการใช้ภาษาในการสื่อความหมายได้อย่างเหมาะสม โดยแบบสอบถามมีค่า IOC ระหว่าง 0.67 - 1.00

3. การวิเคราะห์ข้อมูล ใช้สถิติบรรยาย ได้แก่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการวิจัย

1. ความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อกระบวนการจัดการเรียนรู้ในภาพรวม

เมื่อพิจารณาในภาพรวม พบว่า นักศึกษามีความพึงพอใจต่อกระบวนการจัดการเรียนรู้ในภาพรวม อยู่ในระดับมากที่สุด (Mean=4.58, SD = 0.72) เมื่อพิจารณารายด้าน พบว่า มีความพึงพอใจในระดับมากที่สุดทั้งหมด โดยด้านคุณลักษณะของอาจารย์ผู้สอนมีความพึงพอใจสูงสุด (Mean = 4.59, SD = 0.70) รองลงมา คือ ด้านวัตถุประสงค์ของการเรียนการสอน (Mean= 4.58, SD = 0.73) ส่วนในด้านการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนมีค่าเฉลี่ยต่ำกว่าด้านอื่น ๆ (Mean= 4.56,SD = 0.77) ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ความพึงพอใจของนักศึกษาต่อกระบวนการจัดการเรียนรู้ในภาพรวม

กระบวนการจัดการเรียนรู้ในภาพรวม	ปีการศึกษา 2567		
	Mean	SD	อันดับ
1. วัตถุประสงค์ของการเรียนการสอน	4.58	0.73	2
2. การจัดกิจกรรมการเรียนการสอน	4.56	0.74	4
3. การวัดประเมินผลการเรียนการสอน	4.57	0.71	3
4. คุณลักษณะของอาจารย์ผู้สอน	4.59	0.70	1
ภาพรวม	4.58	0.72	

1.1 ความพึงพอใจของนักศึกษาต่อกระบวนการจัดการเรียนรู้

ผลการศึกษาความพึงพอใจของนักศึกษาต่อกระบวนการเรียนรู้ในภาพรวม พบว่า อยู่ในระดับมากที่สุด (Mean= 4.58, SD = 0.72) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน ได้แก่ ด้านวัตถุประสงค์ของการเรียนการสอน การจัดกิจกรรมการเรียนการสอน การวัดประเมินผลการเรียนการสอน และคุณลักษณะของอาจารย์ผู้สอน มีรายละเอียดดังนี้

1) วัตถุประสงค์ของการเรียนการสอน

นักศึกษามีความพึงพอใจต่อวัตถุประสงค์ของการเรียนการสอนอยู่ในระดับมากที่สุด (Mean=4.58, SD = 0.73) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า นักศึกษามีความพึงพอใจที่ผู้สอนแจ้งวัตถุประสงค์ของการสอนได้อย่างชัดเจน มากที่สุด (Mean=4.60, SD = 0.70) รองลงมา คือ ผู้สอนเตรียมเนื้อหาที่สอนสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ มากที่สุด (Mean=4.58, SD = 0.72) แต่ข้อที่มีความพึงพอใจต่ำสุด คือ ผู้สอนได้จัดสรรเวลาในแต่ละเนื้อหาได้อย่างเหมาะสม อยู่ในระดับมาก (Mean= 4.55, SD = 0.76) ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ความพึงพอใจของนักศึกษาต่อวัตถุประสงค์ของการเรียนการสอน

ด้านวัตถุประสงค์ของการเรียนการสอน	ปีการศึกษา 2567		
	Mean	SD	อันดับ
1. ผู้สอนแจ้งวัตถุประสงค์ของการสอนได้อย่างชัดเจน	4.60	0.70	1
2. ผู้สอนเตรียมเนื้อหาที่สอนสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้	4.58	0.72	2
3. ผู้สอนมีการเตรียมการจัดกิจกรรมสอดคล้องกับเนื้อหาที่สอนในแต่ละวัตถุประสงค์	4.57	0.73	3
4. ผู้สอนได้จัดสรรเวลาในแต่ละเนื้อหาได้อย่างเหมาะสม	4.55	0.76	4
ภาพรวม	4.58	0.73	

2) การจัดกิจกรรมการเรียนการสอน

นักศึกษามีความพึงพอใจต่อการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนอยู่ในระดับมากที่สุด (Mean= 4.56, SD = 0.74) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า นักศึกษามีความพึงพอใจในที่ผู้สอนมีความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาวิชาที่สอน มากที่สุด (Mean= 4.61, SD = 0.69) รองลงมาคือ ผู้สอนจัดกิจกรรมให้นักศึกษาเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง มากที่สุด (Mean= 4.57, SD = 0.72) แต่ข้อที่มีความพึงพอใจต่ำที่สุด คือ นักศึกษาเข้าใจสื่อและเอกสารประกอบการเรียนการสอนของผู้สอน (Mean= 4.52, SD = 0.77)ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ความพึงพอใจของนักศึกษาต่อการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน

การจัดกิจกรรมการเรียนการสอน	ปีการศึกษา 2567		
	Mean	SD	อันดับ
1. ผู้สอนมีความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาวิชาที่สอน	4.61	0.69	1
2. ผู้สอนได้เพิ่มเติมเนื้อหาที่ทันสมัย	4.56	0.73	5
3. ผู้สอนจัดกิจกรรมที่ส่งเสริมให้นักศึกษามีส่วนร่วมในการเรียนการสอน	4.57	0.73	3
4. ผู้สอนจัดกิจกรรมที่ส่งเสริมให้นักศึกษาทำงานเป็นทีม	4.57	0.74	4

การจัดกิจกรรมการเรียนการสอน	ปีการศึกษา 2567		
	Mean	SD	อันดับ
5. ผู้สอนจัดกิจกรรมให้นักศึกษาเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง	4.57	0.72	2
6. ผู้สอนปลูกฝังความมีระเบียบและประณีตในการทำงาน	4.54	0.74	7
7. ผู้สอนมอบหมายงานได้อย่างเหมาะสมกับเนื้อหาที่สอน	4.54	0.76	8
8. ผู้สอนใช้สื่อและอุปกรณ์การสอนได้เหมาะสมกับเนื้อหาและกิจกรรมการสอน	4.55	0.74	6
9. นักศึกษาเข้าใจสื่อและเอกสารประกอบการเรียนการสอนของผู้สอน	4.52	0.77	10
10. ผู้สอนสามารถแนะนำให้นักศึกษาใช้เทคโนโลยี และแหล่งเรียนรู้อื่นๆ เพื่อการเรียนรู้ด้วยตนเองเพิ่มเติม (เช่น การค้นคว้าหาข้อมูลผ่านการใช้ฐานข้อมูลออนไลน์ เช่น ERIC, ProQuest)	4.53	0.76	9
ภาพรวม	4.56	0.74	

3) การวัดประเมินผลการเรียนการสอน

นักศึกษามีความพึงพอใจต่อการวัดประเมินผลการเรียนการสอนอยู่ในระดับมากที่สุด (Mean=4.57, SD = 0.71) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า นักศึกษามีความพึงพอใจในด้านผู้สอนกำหนดเกณฑ์ประเมินผลการเรียนของนักเรียนอย่างชัดเจนและเหมาะสม มากที่สุด (Mean=4.58, SD = 0.71) รองลงมา คือ ผู้สอนมีการประเมินผลการเรียนรู้ที่หลากหลาย มากที่สุด (Mean=4.56, SD = 0.71) แต่ข้อที่มีความพึงพอใจต่ำสุด คือ ผู้สอนให้ข้อมูลเพื่อปรับปรุงพัฒนาตนเองกับนักศึกษาเป็นระยะ ๆ อยู่ในระดับมาก (Mean=4.56, SD = 0.72) ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ความพึงพอใจของนักศึกษาต่อการวัดประเมินผลการเรียนการสอน

การวัดประเมินผลการเรียนการสอน	ปีการศึกษา 2567		
	Mean	SD	อันดับ
1. ผู้สอนกำหนดเกณฑ์ประเมินผลการเรียนของนักเรียนอย่างชัดเจนและเหมาะสม	4.58	0.71	1
2. ผู้สอนมีการประเมินผลการเรียนรู้ที่หลากหลาย	4.56	0.71	2
3. ผู้สอนให้ข้อมูลเพื่อปรับปรุงพัฒนาตนเองกับนักศึกษาเป็นระยะ ๆ	4.56	0.72	3
ภาพรวม	4.57	0.71	

4) คุณลักษณะของอาจารย์ผู้สอน

นักศึกษามีความพึงพอใจต่อคุณลักษณะของอาจารย์ผู้สอนอยู่ในระดับมากที่สุด (Mean=4.59, SD = 0.70) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า นักศึกษามีความพึงพอใจในผู้สอนมีบุคลิกภาพและการแต่งกายที่เหมาะสมที่ดี มากที่สุด (Mean=4.64, SD = 0.66) รองลงมา คือ ผู้สอนมีความรับผิดชอบในการสอน (เข้าสอนตรงเวลาและสม่ำเสมอ) (Mean=4.60, SD = 0.71) แต่ข้อที่มีความพึงพอใจต่ำที่สุด คือ ผู้สอนจัดเวลาให้นักศึกษาเข้าพบเพื่อปรึกษานอกชั้นเรียน (Mean= 4.54, SD = 0.70)ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ความพึงพอใจของนักศึกษาต่อคุณลักษณะของอาจารย์ผู้สอน

ด้านคุณลักษณะของอาจารย์ผู้สอน	ปีการศึกษา 2567		
	Mean	SD	อันดับ
1. ผู้สอนมีความสามารถในการอธิบายและถ่ายทอดความรู้	4.59	0.72	3
2. ผู้สอนมีความรับผิดชอบในการสอน (เข้าสอนตรงเวลาและสม่ำเสมอ)	4.60	0.71	2
3. ผู้สอนมีบุคลิกภาพและการแต่งกายที่เหมาะสม	4.64	0.66	1
4. ผู้สอนใช้กริยาวาจาที่สุภาพและเป็นแบบอย่างที่ดี	4.59	0.72	3
5. ผู้สอนจัดเวลาให้นักศึกษาเข้าพบเพื่อปรึกษานอกชั้นเรียน	4.54	0.70	6
6. ผู้สอนเปิดโอกาสให้ผู้เรียนแสดงความคิดเห็นในการจัดการเรียนการสอน	4.58	0.73	4
7. ผู้สอนให้คำแนะนำและดูแลเอาใจใส่นักศึกษาอย่างทั่วถึง	4.56	0.69	5
ภาพรวม	**4.59**	**0.70**	

2. ความพึงพอใจของนักศึกษาต่อกระบวนการจัดการเรียนรู้ในภาพรวม และรายด้าน
รายละเอียดดังตารางที่ 6 ดังนี้

ความพึงพอใจของนักศึกษาต่อกระบวนการจัดการเรียนรู้ของมหาวิทยาลัยสวนดุสิต ในภาพรวม พบว่า นักศึกษามีความพึงพอใจในระดับมากที่สุด (Mean = 4.58, SD = 0.72) โดยด้านคุณลักษณะของอาจารย์ผู้สอน นักศึกษามีความพึงพอใจสูงสุด (Mean = 4.59, SD = 0.70) รองลงมา คือด้านวัตถุประสงค์ของการเรียนการสอน นักศึกษามีความพึงพอใจในระดับมากที่สุด (Mean = 4.58, SD = 0.73)เมื่อแยกพิจารณาตามสังกัด พบว่า นักศึกษาสังกัดโรงเรียนกฎหมายและการเมืองมีความพึงพอใจสูงสุด อันดับแรก (Mean = 4.66, SD = 0.66) รองลงมาคือคณะครุศาสตร์ (Mean = 4.62, SD = 0.68) สำหรับนักศึกษาคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี อยู่อันดับสุดท้าย (Mean = 4.51, SD = 0.75) เมื่อพิจารณาในแต่ละด้านมีรายละเอียดดังนี้

วัตถุประสงค์ของการเรียนการสอน นักศึกษามีความพึงพอใจในภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด (Mean = 4.58, SD = 0.71) โดยโรงเรียนกฎหมายและการเมืองมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด (Mean = 4.66, SD = 0.69) รองลงมา คือ คณะครุศาสตร์มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุดเช่นกัน (Mean = 4.62, SD = 0.67) ในขณะที่คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมีความพึงพอใจน้อยกว่าสังกัดอื่น ๆ (Mean = 4.52, SD = 0.74)

การจัดกิจกรรมการเรียนการสอน นักศึกษามีความพึงพอใจภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด (Mean = 4.56, SD = 0.72) โดยโรงเรียนกฎหมายและการเมืองมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด (Mean = 4.65, SD = 0.69) รองลงมา คือ คณะครุศาสตร์มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุดเช่นกัน (Mean = 4.61, SD = 0.69) ในขณะที่คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมีความพึงพอใจน้อยกว่าสังกัดอื่น ๆ (Mean = 4.50, SD = 0.75)

การวัดประเมินผลการเรียนการสอน นักศึกษามีความพึงพอใจภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด (Mean = 4.57, SD = 0.71) โดยโรงเรียนกฎหมายและการเมืองมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด (Mean = 4.66, SD = 0.64) รองลงมา คือ คณะครุศาสตร์มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุดเช่นกัน (Mean = 4.62, SD = 0.67) ในขณะที่คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมีความพึงพอใจน้อยกว่าสังกัดอื่น ๆ (Mean = 4.51, SD = 0.74)

คุณลักษณะของอาจารย์ผู้สอน นักศึกษามีความพึงพอใจภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด (Mean = 4.59, SD = 0.70) โดยโรงเรียนกฎหมายและการเมืองมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด (Mean = 4.67, SD = 0.63) รองลงมา คือ คณะครุศาสตร์มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุดเช่นกัน (Mean = 4.64, SD = 0.67) ในขณะที่คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมีความพึงพอใจน้อยกว่าสังกัดอื่น ๆ (Mean = 4.54, SD = 0.73)

3. ความพึงพอใจของนักศึกษาต่อกระบวนการจัดการเรียนรู้ พิจารณาแต่ละด้านจำแนกตามสังกัด
รายละเอียดดังตารางที่ 6 ดังนี้

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี นักศึกษามีความพึงพอใจในภาพรวมทั้งหมดอยู่ในระดับมากที่สุด (Mean = 4.51, SD = 0.75) อยู่ในอันดับที่ 8 เมื่อพิจารณารายด้านของความพึงพอใจต่อกระบวนการจัดการเรียนรู้ พบว่า นักศึกษามีความพึงพอใจในด้านคุณลักษณะของอาจารย์ผู้สอนอยู่ในระดับมากที่สุด (Mean = 4.54, SD = 0.73) ส่วนในด้านการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน พบว่า นักศึกษามีความพึงพอใจต่ำกว่าด้านอื่น ๆ (Mean = 4.50, SD = 0.75)

คณะครุศาสตร์ นักศึกษามีความพึงพอใจในภาพรวมทั้งหมดอยู่ในระดับมากที่สุด (Mean = 4.62, SD = 0.68) อยู่ในอันดับที่ 2 เมื่อพิจารณารายด้านของความพึงพอใจต่อกระบวนการจัดการเรียนรู้ พบว่า นักศึกษามีความพึงพอใจใน

ด้านคุณลักษณะของอาจารย์ผู้สอนอยู่ในระดับมากที่สุด (Mean = 4.64, SD = 0.67) ส่วนในด้านการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน พบว่า นักศึกษามีความพึงพอใจต่ำกว่าด้านอื่น ๆ (Mean = 4.61, SD = 0.69)

คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ นักศึกษามีความพึงพอใจในภาพรวมทั้งหมดอยู่ในระดับมากที่สุด (Mean = 4.57, SD = 0.74) อยู่ในอันดับที่ 4 เมื่อพิจารณารายด้านของความพึงพอใจต่อกระบวนการจัดการเรียนรู้ พบว่า นักศึกษามีความพึงพอใจในด้านคุณลักษณะของอาจารย์ผู้สอนอยู่ในระดับมากที่สุด (Mean = 4.59, SD = 0.72) ส่วนในด้านการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนพบว่า นักศึกษามีความพึงพอใจต่ำกว่าด้านอื่น ๆ (Mean = 4.55, SD = 0.75)

คณะพยาบาลศาสตร์ นักศึกษามีความพึงพอใจในภาพรวมทั้งหมดอยู่ในระดับมากที่สุด (Mean = 4.58, SD = 0.74) อยู่ในอันดับที่ 3 เมื่อพิจารณารายด้านของความพึงพอใจต่อกระบวนการจัดการเรียนรู้ พบว่า นักศึกษามีความพึงพอใจในด้านคุณลักษณะของอาจารย์ผู้สอนอยู่ในระดับมากที่สุด (Mean = 4.59, SD = 0.73) ส่วนในด้านการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน พบว่า นักศึกษามีความพึงพอใจต่ำกว่าด้านอื่น ๆ (Mean = 4.57, SD = 0.75)

คณะวิทยาการจัดการ นักศึกษามีความพึงพอใจในภาพรวมทั้งหมดอยู่ในระดับมากที่สุด (Mean = 4.55, SD = 0.70) อยู่ในอันดับที่ 6 เมื่อพิจารณารายด้านของความพึงพอใจต่อกระบวนการจัดการเรียนรู้ พบว่า นักศึกษามีความพึงพอใจในด้านคุณลักษณะของอาจารย์ผู้สอนอยู่ในระดับมากที่สุด (Mean = 4.57, SD = 0.67) ส่วนในด้านการวัดประเมินผลการเรียนการสอน พบว่า นักศึกษามีความพึงพอใจต่ำกว่าด้านอื่น ๆ (Mean = 4.53, SD = 0.70)

โรงเรียนการเรือน นักศึกษามีความพึงพอใจในภาพรวมทั้งหมดอยู่ในระดับมากที่สุด (Mean = 4.53, SD = 0.75) อยู่ในอันดับที่ 7 เมื่อพิจารณารายด้านของความพึงพอใจต่อกระบวนการจัดการเรียนรู้ พบว่า นักศึกษามีความพึงพอใจในด้านคุณลักษณะของอาจารย์ผู้สอนอยู่ในระดับมากที่สุด (Mean = 4.54, SD = 0.73) ส่วนในด้านการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน พบว่า นักศึกษามีความพึงพอใจต่ำกว่าด้านอื่น ๆ (Mean = 4.52, SD = 0.74)

โรงเรียนการท่องเที่ยวและการบริการ นักศึกษามีความพึงพอใจในภาพรวมทั้งหมดอยู่ในระดับมากที่สุด (Mean = 4.56, SD = 0.74) อยู่ในอันดับที่ 5 เมื่อพิจารณารายด้านของความพึงพอใจต่อกระบวนการจัดการเรียนรู้ พบว่า นักศึกษามีความพึงพอใจในด้านวัตถุประสงค์ของการเรียนการสอนอยู่ในระดับมากที่สุด (Mean = 4.57, SD = 0.73) ส่วนในด้านการวัดประเมินผลการเรียนการสอน พบว่า นักศึกษามีความพึงพอใจต่ำกว่าด้านอื่น ๆ (Mean = 4.55, SD = 0.74)

โรงเรียนกฎหมายและการเมือง นักศึกษามีความพึงพอใจในภาพรวมทั้งหมดอยู่ในระดับมากที่สุด (Mean = 4.66, SD = 0.66) อยู่ในอันดับที่ 1 เมื่อพิจารณารายด้านของความพึงพอใจต่อกระบวนการจัดการเรียนรู้ พบว่า นักศึกษามีความพึงพอใจในด้านคุณลักษณะของอาจารย์ผู้สอนอยู่ในระดับมากที่สุด (Mean = 4.67, SD = 0.63) ส่วนในด้านการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน พบว่า นักศึกษามีความพึงพอใจต่ำกว่าด้านอื่น ๆ (Mean = 4.65, SD = 0.69)

ตารางที่ 6 ความพึงพอใจของนักศึกษาต่อกระบวนการจัดการเรียนรู้

สังกัด	ความพึงพอใจของนักศึกษาต่อกระบวนการจัดการเรียนรู้										อันดับ
	วัตถุประสงค์ของการเรียนการสอน		การจัดกิจกรรมการเรียนการสอน		การวัดประเมินผลการเรียนการสอน		คุณลักษณะของอาจารย์ผู้สอน		ภาพรวม		
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	
คณะวิทยาศาสตร์ฯ	4.52	0.74	4.50	0.75	4.51	0.74	4.54	0.73	4.51	0.75	8
คณะครุศาสตร์	4.62	0.67	4.61	0.69	4.62	0.67	4.64	0.67	4.62	0.68	2
คณะมนุษยศาสตร์ฯ	4.57	0.73	4.55	0.75	4.56	0.74	4.59	0.72	4.57	0.74	4
คณะพยาบาลศาสตร์	4.59	0.73	4.57	0.75	4.58	0.73	4.59	0.73	4.58	0.74	3
คณะวิทยาการจัดการ	4.54	0.75	4.54	0.77	4.53	0.70	4.57	0.67	4.55	0.72	6
โรงเรียนการเรือน	4.54	0.79	4.52	0.74	4.54	0.75	4.54	0.73	4.53	0.75	7
โรงเรียนการท่องเที่ยวฯ	4.57	0.73	4.55	0.75	4.55	0.74	4.57	0.74	4.56	0.74	5
โรงเรียนกฎหมายฯ	4.66	0.69	4.65	0.69	4.66	0.64	4.67	0.63	4.66	0.66	1
ภาพรวมทั้งมหาวิทยาลัย	4.58	0.73	4.56	0.74	4.57	0.71	4.59	0.70	4.58	0.72	

การอภิปรายผล

ผลการศึกษาความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อกระบวนการจัดการเรียนรู้ของอาจารย์ผู้สอน มหาวิทยาลัยสวนดุสิต ในปีการศึกษา 2567 มีรายละเอียดดังนี้

1. ความพึงพอใจต่อกระบวนการจัดการเรียนรู้ในภาพรวมและรายด้าน

การศึกษาความพึงพอใจของนักศึกษาต่อกระบวนการจัดการเรียนรู้ของอาจารย์ผู้สอน มหาวิทยาลัยสวนดุสิต ในภาพรวมพบว่าอยู่ในระดับมากที่สุด โดยด้านที่มีความพึงพอใจสูงสุดคือ ด้านคุณลักษณะของอาจารย์ผู้สอน ซึ่งนักศึกษามีความพึงพอใจในประเด็นที่ผู้สอนมีบุคลิกภาพและการแต่งกายที่เหมาะสม มีความรับผิดชอบในการสอน (เข้าสอนตรงเวลาและสม่ำเสมอ) และ มีความสามารถในการอธิบายและถ่ายทอดความรู้ในระดับสูงสุดทั้งนี้เนื่องมาจากอัตลักษณ์ของมหาวิทยาลัยสวนดุสิตที่ให้ความสำคัญกับความประณีตและการพัฒนาบุคลิกภาพที่ดีมาอย่างต่อเนื่อง อาจารย์ผู้สอนจึงเป็นแบบอย่าง (Role model) ที่ดีให้กับนักศึกษา สอดคล้องกับรายงานของ กองนโยบายและแผน มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม (2564) ที่ประเมินความพึงพอใจของนักศึกษาและพบว่า คุณลักษณะด้านบุคลิกภาพที่เหมาะสมกับความเป็นอาจารย์และการปฏิบัติตนเป็นแบบอย่างที่น่าเชื่อถือ เป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้นักศึกษามีความพึงพอใจต่ออาจารย์ผู้สอนในระดับสูง

อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาในประเด็นที่มีคะแนนต่ำกว่าข้ออื่น ๆ พบว่า ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน นักศึกษามีความพึงพอใจในประเด็นความเข้าใจสื่อและเอกสารประกอบการเรียนการสอนของผู้สอนในระดับต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับข้ออื่นในด้านเดียวกัน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าในยุคดิจิทัลที่นักศึกษาสามารถเข้าถึงข้อมูลได้หลากหลาย และรวดเร็วมากขึ้นนั้น

การออกแบบสื่อการสอนให้ดึงดูดและเข้าใจง่ายจึงเป็นความท้าทาย สอดคล้องกับการศึกษาของ บงกช ใจกระจ่าง (2564) ที่ชี้ให้เห็นว่าการใช้สื่ออิเล็กทรอนิกส์หรือวิดีโอประกอบการสอน มีความสัมพันธ์กับความพึงพอใจของผู้เรียน ทั้งนี้ผู้สอนต้องออกแบบกิจกรรมที่ส่งเสริมความเข้าใจและการมีปฏิสัมพันธ์ร่วมด้วย

นอกจากนี้ ในด้านการวัดประเมินผลการเรียนการสอน ประเด็นที่ผู้สอนให้ข้อมูลเพื่อปรับปรุงพัฒนาตนเองกับนักศึกษาเป็นระยะ ๆ มีคะแนนความพึงพอใจต่ำที่สุดในด้านนี้ แสดงให้เห็นว่านักศึกษายังต้องการรับฟังเสียงสะท้อน (Feedback) ที่สม่ำเสมอ การให้ข้อมูลย้อนกลับอย่างเหมาะสมตามช่วงวัยและระดับการศึกษาถือเป็นหัวใจสำคัญที่จะช่วยให้นักศึกษาทราบถึงจุดแข็งและจุดที่ต้องพัฒนาตนเอง ซึ่งจะส่งผลดีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สอดคล้องกับการศึกษาของ วีรยา ตรีวรรณจุฑา และคณะ (2568) ที่พบว่า การจัดการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้นักศึกษาได้ฝึกปฏิบัติและมีระบบการติดตามผลหรือให้ความรับผิดชอบอย่างเป็นขั้นตอน จะช่วยให้นักศึกษามีความเข้าใจเนื้อหาที่ซับซ้อนและมีผลสัมฤทธิ์ที่สูงขึ้น ซึ่งกระบวนการเหล่านี้ย่อมต้องอาศัยการให้ข้อมูลย้อนกลับจากผู้สอนอย่างมีประสิทธิภาพ

2. ความพึงพอใจต่อกระบวนการจัดการเรียนรู้จำแนกตามสังกัด

เมื่อพิจารณาตามสังกัด พบว่า นักศึกษาสังกัดโรงเรียนกฎหมายและการเมือง มีความพึงพอใจในภาพรวมสูงสุดเป็นอันดับแรก ในขณะที่คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอยู่ในอันดับสุดท้าย (อันดับที่ 8) ความแตกต่างนี้อาจเกิดจากลักษณะเฉพาะของศาสตร์วิชา โดยสาขาวิชาทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมักมีเนื้อหาซับซ้อน ต้องอาศัยการทดลองหรือการฝึกปฏิบัติการทางเครื่องมือที่เฉพาะเจาะจง ซึ่งหากสื่อการสอนหรือการจัดกิจกรรมไม่เอื้ออำนวย อาจทำให้นักศึกษารู้สึกเข้าถึงเนื้อหาได้ยากกว่าวิชาทางบรรยายในสายสังคมศาสตร์ ในประเด็นนี้จึงควรนำข้อมูลนี้ไปปรับรูปแบบการจัดการเรียนรู้ทั้งในส่วนของการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีและการให้คำปรึกษานอกเวลาเรียน ให้มีความยืดหยุ่นและสอดคล้องกับบริบทของแต่ละสาขาวิชาให้มากยิ่งขึ้น

บทสรุป

การวิจัยเรื่องความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อกระบวนการจัดการเรียนรู้ของอาจารย์ผู้สอน มหาวิทยาลัยสวนดุสิต ในปีการศึกษา 2567 พบว่า ในภาพรวมนักศึกษามีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด โดยเมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่าทุกด้านอยู่ในระดับมากที่สุดเช่นกัน ซึ่งด้านคุณลักษณะของอาจารย์ผู้สอนมีค่าเฉลี่ยความพึงพอใจสูงสุด รองลงมาคือด้านวัตถุประสงค์ของการเรียนการสอน ด้านการวัดประเมินผลการเรียนการสอน และด้านการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนตามลำดับ นอกจากนี้ เมื่อพิจารณาจำแนกตามหน่วยงานต้นสังกัด พบว่านักศึกษาสังกัดโรงเรียนกฎหมายและการเมืองมีความพึงพอใจในภาพรวมสูงสุด ในขณะที่คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมีระดับความพึงพอใจในภาพรวมน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับคณะและโรงเรียนอื่น ๆ จากผลการวิจัย ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์เพื่อพัฒนาการจัดการเรียนการสอนให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น โดยอาจารย์ผู้สอนควรให้ความสำคัญกับการออกแบบและพัฒนาสื่อรวมถึงเอกสารประกอบการสอนให้มีความทันสมัยและเข้าใจง่าย นอกจากนี้ ผู้สอนควรให้ความสำคัญกับกระบวนการวัดและประเมินผล โดยเฉพาะการให้ข้อมูลย้อนกลับ (Feedback) แก่นักศึกษาเป็นระยะ ๆ เพื่อให้นักศึกษาได้ทราบถึงจุดแข็งและจุดที่ควรปรับปรุงพัฒนาตนเองอย่างสม่ำเสมอ สำหรับหน่วยงานหรือคณะวิชาที่มีระดับความพึงพอใจในภาพรวมค่อนข้างน้อย ผู้บริหารและคณาจารย์ควรนำข้อมูลไปวิเคราะห์เพื่อปรับรูปแบบการจัดการเรียนการสอนให้มีความยืดหยุ่น รวมถึงการจัดสรรเวลาให้คำปรึกษานอกชั้นเรียนให้สอดคล้องกับธรรมชาติของรายวิชาและความต้องการของผู้เรียน สำหรับข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป ผู้วิจัยเสนอให้มีการศึกษาวิจัยเชิงคุณภาพเพิ่มเติม เช่น การสัมภาษณ์เจาะลึกหรือการสนทนากลุ่มกับ

นักศึกษา เพื่อให้ได้ข้อมูลเชิงลึกเกี่ยวกับปัญหา อุปสรรค และความต้องการที่แท้จริงเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาคุณภาพการศึกษาของมหาวิทยาลัยอย่างรอบด้านและยั่งยืนต่อไป

เอกสารอ้างอิง

กองนโยบายและแผน มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม. (2564). รายงานผลการประเมินความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อการจัดการศึกษาของมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม ประจำปีการศึกษา 2563. มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม.

บงกช ใจกระจ่าง. (2564). ผลการจัดการเรียนรู้แบบผสมผสานต่อความพึงพอใจของนักศึกษาในรายวิชาบัญชีบริหารสำหรับนักศึกษาหลักสูตรบริหารธุรกิจบัณฑิต (การจัดการธุรกิจ).วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ. 21(1): 94–104.

มหาวิทยาลัยสวนดุสิต. (2568). ข้อมูลทั่วไปมหาวิทยาลัยสวนดุสิต. สืบค้นจาก https://www.dusit.ac.th/home/information_suandusit

วีรยา ตรีวรรณจุฑา, สมรักษ์ พันธ์ผล, และสรรวภัทร พัฒโร. (2568). ผลสัมฤทธิ์และความพึงพอใจของนักศึกษาคณะศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่มีต่อการจัดการเรียนการสอนเรื่องปริมาณสารสัมพันธ์โดยใช้โมเดลปล่อยความรับผิดชอบทีละน้อยร่วมกับเทคนิคห้องเรียนกลับด้าน.วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ. 25(1): 187–202.

Biggs, J., & Tang, C. (2011). *Teaching for quality learning at university* (4th ed.). Berkshire, UK: Open University Press.

Hodges, C., Moore, S., Lockee, B., Trust, T., & Bond, A. (2020). The difference between emergency remote teaching and online learning. Educause Review.

Kember, D., & Ginns, P. (2012). Evaluating teaching and learning: A practical handbook for colleges, universities and the scholarship of teaching. New York, NY: Routledge.

OECD. (2020). *The future of education and skills 2030*. Paris: OECD Publishing.

Prince, M. (2004). Does active learning work? A review of the research. Journal of Engineering Education. 93(3): 223–231.

UNESCO. (2021). Reimagining our futures together: A new social contract for education. Paris: UNESCO.

ผลการจัดการเรียนรู้เชิงรุกโดยใช้สถานการณ์ตามแนวข้อสอบ PISA ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง อัตราส่วน สัดส่วน และร้อยละ

Effects of Active Learning through PISA-Based Situations on Learning Achievement and Mathematical Problem-Solving Ability in Ratio, Proportion and Percentage

เจนจิรา แก้วพวง[1*] และธารีรัตน์ ธนัตถ์พาณิชย์[2]
Jenjira Keawphuang and Tareerat Tanutpanit

[1,2]คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพมหานคร
[1,2]Department of Mathematics, Faculty of Science, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok 10140
[*]Corresponding Author E-mail Address : [1]jenjirak39@gmail.com, [2]sirirat.khu@kmutt.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ตามกรอบการประเมินของ PISA ของนักเรียน หลังได้รับการจัดการเรียนรู้เชิงรุกโดยใช้สถานการณ์ตามแนวข้อสอบ PISA เรื่อง อัตราส่วน สัดส่วน และร้อยละ ซึ่งเป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่มุ่งให้นักเรียนสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองผ่านการแก้ปัญหาที่เชื่อมโยงกับสถานการณ์จากบริบทในชีวิตจริงที่หลากหลาย เพื่อพัฒนากระบวนการคิดวิเคราะห์ การแก้ปัญหา และการประเมินผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ปีการศึกษา 2568 โรงเรียนบางปะกอกวิทยาคมกรุงเทพมหานคร จำนวน 40 คน ซึ่งได้มาจากการสุ่มตัวอย่างแบบกลุ่ม เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้เชิงรุกโดยใช้สถานการณ์ตามแนวข้อสอบ PISA จำนวน 8 แผน แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ และแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ตามกรอบการประเมินของ PISA สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ค่าเฉลี่ย ค่าร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และทดสอบสมมติฐานด้วยสถิติ One-sample t-test ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 74.75 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ตามกรอบการประเมินของ PISA ของนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 76.77 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงให้เห็นว่า การจัดการเรียนรู้ดังกล่าวช่วยส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน โดยเฉพาะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ตามแนว PISA ที่ครอบคลุมการแปลงสถานการณ์ปัญหาการใช้คณิตศาสตร์ และการตีความผลลัพธ์ในบริบทจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: การจัดการเรียนรู้เชิงรุก, ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์, ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน, สถานการณ์ตามแนวข้อสอบ PISA

Abstract

The objective of this research was to investigate the mathematics learning achievement and PISA-based mathematical problem-solving ability of students after participating in an active learning approach using PISA-based situations on the topic of Ratio, Proportion, and Percentage. This learning approach aims to encourage students to construct their own knowledge through solving problems connected to diverse real-world contexts, thereby developing their analytical thinking, problem-solving, and mathematical evaluation processes. The sample consisted of 40 Grade 7 students from Bangpakok Wittayakom School in Bangkok, during the 2025 academic year, obtained through cluster random sampling. The research instruments included eight active learning lesson plans using PISA-based situations, a mathematics learning achievement test, and a mathematical problem-solving ability test based on the PISA assessment framework. Data were analyzed using statistical methods, including mean, percentage, and standard deviation, while hypothesis testing was conducted using a one-sample t-test. The results revealed that the students' mathematics learning achievement had a mean score of 74.75%, which was significantly higher than the 70% criterion at the .05 level of significance. Furthermore, the students' PISA-based mathematical problem-solving ability had a mean score of 76.77%, which was also significantly higher than the 70% criterion at the .05 level of significance. These results demonstrate that this learning approach effectively enhances students' learning achievement and mathematical problem-solving ability, particularly the PISA-based mathematical processes, encompassing formulating situations, employing mathematics, and interpreting outcomes in real-world contexts.

Keywords: Active Learning, Mathematical Problem-Solving Ability, Academic Achievement, PISA-based Situations

บทนำ

ในโลกปัจจุบันที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว การศึกษาถือเป็นรากฐานสำคัญในการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์และขีดความสามารถในการแข่งขันของประเทศ (Madhakomala et al., 2023) โดยเฉพาะการพัฒนาองค์ความรู้ด้านคณิตศาสตร์ ซึ่งไม่เพียงแต่เป็นรากฐานของการพัฒนาเทคโนโลยีและนวัตกรรม แต่ยังมีบทบาทสำคัญต่อความสำเร็จในการเรียนรู้และการดำรงชีวิตในศตวรรษที่ 21 (Rizki & Priatna, 2019) เนื่องจากคณิตศาสตร์ไม่ได้จำกัดอยู่เพียงเรื่องของการคำนวณ แต่เป็นเครื่องมือสำคัญที่ช่วยให้เกิดความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ คิดอย่างมีเหตุผล และเป็นระบบอย่างมีแบบแผน (Permanasari et al., 2023) ที่สำคัญไปกว่านั้น คณิตศาสตร์ยังเป็นกลไกหลักในการขับเคลื่อนความสามารถในการแก้ปัญหา ซึ่งช่วยให้ผู้เรียนประเมินและวิเคราะห์สถานการณ์ที่ซับซ้อนได้อย่างรอบด้าน นำไปสู่การตัดสินใจอย่างแม่นยำและสมเหตุสมผล รวมทั้งสามารถนำทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ใช้เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560, น. 8)

ความสำคัญของการนำคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ใช้เพื่อการแก้ปัญหา สอดคล้องกับเป้าหมายของโปรแกรมประเมินสมรรถนะนักเรียนมาตรฐานสากล หรือ PISA (Programme for International Student Assessment) ริเริ่มโดยองค์การเพื่อความร่วมมือทางเศรษฐกิจและการพัฒนา (OECD) ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินคุณภาพของระบบการศึกษาในการเตรียมความพร้อมให้เยาวชนอายุ 15 ปี มีสมรรถนะพื้นฐานที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตผ่านการประเมินทุก 3 ปี ทั้งนี้ PISA ให้ความสำคัญกับความฉลาดรู้ทางคณิตศาสตร์ ซึ่งนิยามว่าเป็นสมรรถนะของบุคคลในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ร่วมกับการคิด การใช้ และการตีความคณิตศาสตร์ เพื่อแก้ปัญหาในบริบทชีวิตจริงที่หลากหลาย ดังนั้น ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์จึงถือเป็นกระบวนการสำคัญและเป็นเครื่องมือหลักที่นำไปสู่ความฉลาดรู้ทางคณิตศาสตร์ ทำให้นักเรียนเข้าใจถึงบทบาทของคณิตศาสตร์ในชีวิตจริง และตัดสินใจบนพื้นฐานของข้อมูลได้อย่างเหมาะสม อันเป็นคุณลักษณะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี [สสวท.], 2566)

อย่างไรก็ตาม จากผลการประเมิน PISA 2022 พบว่านักเรียนไทยมีคะแนนต่ำสุดในรอบ 20 ปีในทุกทักษะ โดยทักษะด้านคณิตศาสตร์อยู่ในอันดับที่ 58 จากทั้งหมด 81 ประเทศ มีคะแนนเฉลี่ยเพียง 394 คะแนน ซึ่งลดลง 25 คะแนน เมื่อเทียบกับการประเมิน PISA 2018 นอกจากนี้ คะแนนเฉลี่ยดังกล่าวยังคงต่ำกว่ากลุ่มประเทศ OECD รวมถึงต่ำกว่าประเทศเพื่อนบ้านในภูมิภาคอาเซียน ได้แก่ สิงคโปร์ เวียดนาม มาเลเซีย และบรูไน (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี [สสวท.], 2566) สถานการณ์ดังกล่าวยังสอดคล้องกับสภาพปัญหาการจัดการเรียนการสอนในชั้นเรียน จากข้อสังเกตและผลการประเมินระหว่างภาคเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนบางปะกอกวิทยาคม พบว่านักเรียนประสบปัญหาในการเรียนรู้เนื้อหาเรื่อง อัตราส่วน สัดส่วน และร้อยละ ในหลายประเด็น อาทิ ขาดความเข้าใจในการตีความหมายของค่าร้อยละ ไม่สามารถแปลงสถานการณ์ปัญหาในชีวิตประจำวันให้อยู่ในรูปประโยคสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ได้ รวมถึงขาดทักษะการวิเคราะห์โจทย์ปัญหาที่มีความซับซ้อน ปัญหาดังกล่าวสะท้อนถึงข้อจำกัดด้านความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ โดยเฉพาะในสถานการณ์ที่ต้องอาศัยการวิเคราะห์และตีความในบริบทที่ไม่คุ้นเคย นักเรียนมักประสบความยากลำบากในการระบุข้อมูลสำคัญ การเลือกใช้วิธีการที่เหมาะสม ตลอดจนการให้เหตุผลประกอบการแก้ปัญหา ซึ่งข้อจำกัดเหล่านี้ยังส่งผลกระทบโดยตรงต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน

จากสภาพปัญหาดังกล่าว การปรับเปลี่ยนแนวทางการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์จึงมีความจำเป็นอย่างมาก แนวทางหนึ่งที่สอดคล้องคือ การนำสถานการณ์ตามแนวข้อสอบ PISA เข้ามาบูรณาการในการจัดการเรียนการสอน ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ นวลประภัสสร์ ก้อนพิลา (2564) และ ชนิดา จำปาอ่อน (2562) ที่พบว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้สถานการณ์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริงสามารถส่งเสริมและพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนให้สูงขึ้นได้อย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากสถานการณ์ตามแนว PISA เน้นการใช้บริบทจริงที่มีความหมายและท้าทายต่างจากโจทย์ปัญหาแบบดั้งเดิม การใช้สถานการณ์ปัญหาในลักษณะนี้จะเป็นเครื่องมือสำคัญในการกระตุ้นให้นักเรียนได้ฝึกฝนกระบวนการทางคณิตศาสตร์แบบรอบด้าน โดยเริ่มจากการให้นักเรียนได้ฝึกการแปลงสถานการณ์ (Formulate) จากการแปลงบริบทชีวิตประจำวันให้อยู่ในรูปประโยคสัญลักษณ์ ควบคู่ไปกับการส่งเสริมการใช้คณิตศาสตร์ (Employ) ที่ทำให้นักเรียนสามารถวิเคราะห์และเลือกใช้วิธีการคำนวณได้อย่างเหมาะสมกับโจทย์ ตลอดจนการพัฒนาทักษะการตีความและประเมินผล (Interpret) ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนเข้าใจความหมายของค่าร้อยละ อัตราส่วน และสัดส่วน พร้อมทั้งสามารถให้เหตุผลประกอบการตัดสินใจในบริบทได้อย่างสมเหตุสมผล

การจัดการเรียนรู้เชิงรุกเป็นรูปแบบการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้เรียนรู้อย่างมีความหมาย เปลี่ยนบทบาทของครูจากการเป็นผู้บรรยายมาเป็นผู้อำนวยความสะดวกในการจัดกิจกรรม (Hilmi & Summiyani, 2023) เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความกระตือรือร้นผ่านการแลกเปลี่ยนประสบการณ์ ทั้งการพูด การเขียน และการอภิปรายร่วมกับเพื่อน

(สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 2565, น. 17) การจัดการเรียนรู้แบบเชิงรุกจึงเป็นแนวทางที่จะให้ผู้เรียนสามารถสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง และพัฒนาทักษะการเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

การนำสถานการณ์ตามแนวข้อสอบ PISA มาบูรณาการร่วมกับการจัดการเรียนรู้เชิงรุก ซึ่งเป็นแนวทางการจัดการเรียนการสอนที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติ คิดวิเคราะห์ และสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง กระบวนการดังกล่าวช่วยส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ผ่านการฝึกคิดและการจัดการปัญหาในบริบทที่ไม่คุ้นเคย ควบคู่ไปกับการแลกเปลี่ยนแนวคิดร่วมกัน สอดคล้องกับการศึกษาของ พรรณิภา ฟองจันทร์ และคณะ (2566) ที่พบว่าการจัดการเรียนรู้เชิงรุกสามารถพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนให้สูงขึ้นได้ ในขณะเดียวกัน การเชื่อมโยงเนื้อหาคณิตศาสตร์เข้ากับสถานการณ์ในชีวิตจริง ยังช่วยให้นักเรียนมองเห็นความหมายและประโยชน์ของสิ่งที่เรียน ตรงกับงานวิจัยของ ชญาภา เผือกคล้าย (2565) และ ไพรินทร์ ชุมคำน้อย (2563) ที่ระบุว่าการใช้สถานการณ์ในชีวิตจริงช่วยให้นักเรียนเข้าใจหลักการทางคณิตศาสตร์ที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้จริง และส่งผลเชิงบวกต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เพื่อให้การจัดการเรียนรู้ดังกล่าวบรรลุเป้าหมาย ผู้วิจัยจึงได้กำหนดขั้นตอนการจัดการเรียนรู้เชิงรุกโดยใช้สถานการณ์ตามแนวข้อสอบ PISA ออกเป็น 3 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ขั้นนำ : ทำความเข้าใจสถานการณ์ โดยครูนำเสนอสถานการณ์จากชีวิตจริงเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดกระบวนการคิดและแปลงปัญหา (Formulate) 2) ขั้นสอน : การสำรวจและวางแผนแก้ปัญหา ซึ่งเปิดโอกาสให้นักเรียนลงมือปฏิบัติ ใช้คณิตศาสตร์ (Employ) และอภิปรายเหตุผลร่วมกัน และ 3) ขั้นสรุป : การสรุปบทเรียนและประเมินตนเอง เพื่อให้นักเรียนได้ตีความและประเมินผลลัพธ์ (Interpret and Evaluate) ที่ได้กลับสู่บริบทของโลกความเป็นจริง

ด้วยเหตุนี้ ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้เชิงรุกโดยใช้สถานการณ์ตามแนวข้อสอบ PISA ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง อัตราส่วน สัดส่วน และร้อยละ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาคุณภาพการศึกษาคณิตศาสตร์ต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง อัตราส่วน สัดส่วน ร้อยละ ของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้เชิงรุกโดยใช้สถานการณ์ตามแนวข้อสอบ PISA
2. เพื่อศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ตามกรอบการประเมินของ PISA เรื่อง อัตราส่วน สัดส่วน ร้อยละ ของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้เชิงรุกโดยใช้สถานการณ์ตามแนวข้อสอบ PISA

สมมติฐานการวิจัย

1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง อัตราส่วน สัดส่วน ร้อยละ ของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้เชิงรุกโดยใช้สถานการณ์ตามแนวข้อสอบ PISA สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 ตามเกณฑ์เป้าหมายคุณภาพที่สอดคล้องกับมาตรฐานการวัดผลของสถานศึกษา
2. ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ตามกรอบการประเมินของ PISA เรื่อง อัตราส่วน สัดส่วน ร้อยละ ของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้เชิงรุกโดยใช้สถานการณ์ตามแนวข้อสอบ PISA สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนโรงเรียนบางปะกอกวิทยาคม ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2568 จำนวน 7 ห้องเรียน รวมจำนวน 280 คน

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนโรงเรียนบางปะกอกวิทยาคม ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2568 จำนวน 1 ห้องเรียน ทั้งหมด 40 คน ได้มาจากการสุ่มตัวอย่างแบบกลุ่ม (Cluster random sampling) ซึ่งนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนบางปะกอกวิทยาคมทั้ง 7 ห้อง มีการจัดห้องเรียนแบบคละความสามารถ

รูปแบบในการวิจัย

รูปแบบในการวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยจากกลุ่มทดลองซึ่งทำการทดลองโดยใช้แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกโดยใช้สถานการณ์ตามแนวข้อสอบ PISA เรื่อง อัตราส่วน สัดส่วน และร้อยละ โรงเรียนบางปะกอกวิทยาคม ซึ่งดำเนินการทดลองตามรูปแบบการวิจัยดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แบบแผนการวิจัยแบบ The One-Group Posttest Design

กลุ่ม	การทดลอง	ทดสอบหลังเรียน
E	X	O

สัญลักษณ์ที่ใช้ในรูปแบบการวิจัย

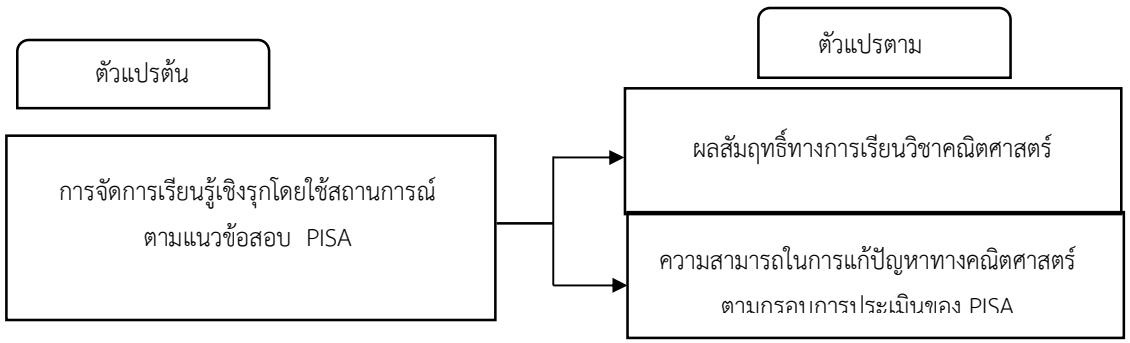
E แทน กลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกโดยใช้สถานการณ์ตามแนวข้อสอบ PISA

O แทน การทดสอบหลังการทดลองของกลุ่มทดลอง

X แทน การจัดกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกโดยใช้สถานการณ์ตามแนวข้อสอบ PISA

กรอบแนวคิดในการวิจัย

การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง อัตราส่วน สัดส่วน ร้อยละ โดยการจัดการเรียนรู้เชิงรุกโดยใช้สถานการณ์ตามแนวข้อสอบ PISA สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 มีกรอบแนวคิดในการวิจัยดังนี้



เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้เชิงรุกโดยใช้สถานการณ์ตามแนวข้อสอบ PISA เรื่องอัตราส่วน สัดส่วน และร้อยละ
2. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

1) แบบทดสอบหลังเรียนวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง อัตราส่วน สัดส่วน และร้อยละ โดยใช้การจัดการเรียนรู้เชิงรุกโดยใช้สถานการณ์ตามแนวข้อสอบ PISA

2) แบบทดสอบหลังเรียนวัดความสามารถในแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ตามกรอบการประเมินของ PISA เรื่อง อัตราส่วน สัดส่วน และร้อยละ โดยใช้การจัดการเรียนรู้เชิงรุกโดยใช้สถานการณ์ตามแนวข้อสอบ PISA โดยประเมินผ่านกระบวนการทางคณิตศาสตร์ 3 ด้าน ได้แก่

1. การแปลงสถานการณ์ปัญหา (Formulate): ความสามารถในการวิเคราะห์และเปลี่ยนสถานการณ์ปัญหาในชีวิตจริงให้อยู่ในรูปตัวแบบทางคณิตศาสตร์
2. การใช้คณิตศาสตร์ (Employ): ความสามารถในการเลือกใช้หลักการ ทฤษฎี และดำเนินการคำนวณทางคณิตศาสตร์เพื่อหาคำตอบ
3. การตีความและประเมินผล (Interpret and Evaluate): ความสามารถในการนำผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์กลับไปอธิบายหรือตัดสินใจในบริบทของปัญหาตั้งต้น

การหาคุณภาพของเครื่องมือ

1. แผนการจัดการเรียนรู้เชิงรุกโดยใช้สถานการณ์ตามแนวข้อสอบ PISA เรื่อง อัตราส่วน สัดส่วน และร้อยละ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ประกอบด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ จำนวน 8 แผน ใช้เวลาจัดกิจกรรมการเรียนรู้แผนละ 50 นาที โดยมีรายละเอียดดังนี้ คาบที่ 1-3 เรื่องอัตราส่วน คาบที่ 4-5 เรื่องสัดส่วนและคาบที่ 6-8 เรื่องร้อยละ โดยแต่ละแผนมีใบกิจกรรมที่เน้นกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของ PISA ที่ได้รับการประเมินตรวจสอบความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้จากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน พบว่า แผนการจัดการเรียนรู้มีค่าความเหมาะสมโดยรวมเฉลี่ยเท่ากับ 4.79 ซึ่งอยู่ในระดับมากที่สุดและผ่านการตรวจสอบความสอดคล้องของเนื้อหา จุดประสงค์การเรียนรู้ และการจัดกิจกรรมจากอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ก่อนนำไปใช้จริงกับกลุ่มตัวอย่าง

2. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์และแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ตามกรอบการประเมินของ PISA หลังเรียน เรื่อง อัตราส่วน สัดส่วน และร้อยละ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยส่งให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน เพื่อตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับตัวชี้วัด หลังจากการปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญแล้วจึงนำไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างและได้เคยเรียนรู้เรื่อง อัตราส่วน สัดส่วน และร้อยละ มาแล้ว จากนั้นนำคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์ข้อมูลและคัดเลือกข้อสอบที่ผ่านเกณฑ์ตามกำหนด โดยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง อัตราส่วน สัดส่วน และร้อยละ ชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 10 ข้อ ได้ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) เท่ากับ 1 มีค่าความยากง่าย (p) ตั้งแต่ 0.30 ถึง 0.78 ค่าอำนาจจำแนก (r) ตั้งแต่ 0.20 ถึง 0.65 และค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.79 และแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ตามกรอบการประเมินของ PISA เรื่อง อัตราส่วน สัดส่วน และร้อยละ เป็นข้อสอบอัตนัยแสดงวิธีการตามกระบวนการทาง

คณิตศาสตร์ของ PISA จำนวน 2 สถานการณ์ ทั้งหมด 10 ข้อ ได้ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) เท่ากับ 1 มีค่าความยากง่าย (p) ตั้งแต่ 0.22 ถึง 0.58 ค่าอำนาจจำแนก (r) ตั้งแต่ 0.20 ถึง 0.59 และค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.80

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลตามลำดับขั้นตอน ดังนี้

1. ผู้วิจัยชี้แจงจุดประสงค์การวิจัย รูปแบบการเรียนการสอน และแนวทางการทำกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกโดยใช้สถานการณ์ตามแนวข้อสอบ PISA ให้แก่กลุ่มตัวอย่างทราบ เพื่อสร้างความเข้าใจและเตรียมความพร้อม
2. ผู้วิจัยดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกโดยใช้สถานการณ์ตามแนวข้อสอบ PISA กับกลุ่มตัวอย่างตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นจำนวน 8 คาบ คาบละ 50 นาที
3. หลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ครบทุกแผน ผู้วิจัยให้นักเรียนกลุ่มตัวอย่างทำเครื่องมือวัดผล ประกอบด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ และแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ตามกรอบการประเมิน PISA
4. ผู้วิจัยรวบรวมคะแนนจากแบบทดสอบทั้งหมด นำมาวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีการทางสถิติเพื่อตรวจสอบสมมติฐานที่ตั้งไว้และสรุปผลการวิจัย

การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยแบ่งการวิเคราะห์ข้อมูลเป็น 2 ส่วน ตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย ดังนี้

1. วิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้เชิงรุกโดยใช้สถานการณ์ตามแนวข้อสอบ PISA เรื่อง อัตราส่วน สัดส่วน และร้อยละ เทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยใช้สถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าเฉลี่ย, ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และร้อยละ จากนั้นทดสอบสมมติฐานด้วยสถิติ One-sample t-test ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .05
2. วิเคราะห์ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ตามกรอบการประเมิน PISA ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้เชิงรุกโดยใช้สถานการณ์ตามแนวข้อสอบ PISA เรื่อง อัตราส่วน สัดส่วน และร้อยละ ทั้งในภาพรวมและจำแนกตามกระบวนการทางคณิตศาสตร์ 3 ด้าน ได้แก่ การแปลงสถานการณ์ปัญหา การใช้คณิตศาสตร์ และการตีความและประเมินผลลัพธ์ โดยใช้สถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าเฉลี่ย, ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และร้อยละ จากนั้นทดสอบสมมติฐานด้วยสถิติ One-sample t-test ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .05

ผลการวิจัย

1. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่การจัดการเรียนรู้เชิงรุกโดยใช้สถานการณ์ตามแนวข้อสอบ PISA เรื่อง อัตราส่วน สัดส่วน ร้อยละ พบว่า มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 7.48 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 74.75 จากคะแนนเต็ม 10 คะแนนและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.60 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ มีรายละเอียด ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์หลังได้รับการจัดการเรียนรู้เชิงรุกโดยใช้สถานการณ์ตามแนวข้อสอบ PISA กับเกณฑ์ร้อยละ 70

การทดสอบ	จำนวน (คน)	คะแนนเต็ม	ค่าเฉลี่ยเลขคณิต	ร้อยละ	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่า t-test	df	Sig.
หลังเรียน	40	10	7.48	74.75	1.60	1.876*	39	0.034

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ตามกรอบการประเมินของ PISA ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่การจัดการเรียนรู้เชิงรุกโดยใช้สถานการณ์ตามแนวข้อสอบ PISA เรื่อง อัตราส่วน สัดส่วน ร้อยละ พบว่า มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 23.80 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 76.77 จากคะแนนเต็ม 31 คะแนนและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 4.93 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ มีรายละเอียด ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ตามกรอบการประเมินของ PISA หลังได้รับการจัดการเรียนรู้เชิงรุกโดยใช้สถานการณ์ตามแนวข้อสอบ PISA กับเกณฑ์ร้อยละ 70

การทดสอบ	จำนวน (คน)	คะแนนเต็ม	ค่าเฉลี่ยเลขคณิต	ร้อยละ	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่า t-test	df	Sig.
หลังเรียน	40	31	23.80	76.77	4.93	2.696*	39	0.0052

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ทั้งนี้ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่จำแนกตามกระบวนการทางคณิตศาสตร์ตามกรอบการประเมินของ PISA ซึ่งประกอบด้วย 3 ด้าน ได้แก่ 1) การคิดและแปลงสถานการณ์ปัญหา (Formulate) 2) การใช้คณิตศาสตร์ (Employ) และ 3) การตีความและประเมินผลลัพธ์ (Interpret and Evaluate) พบว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้เชิงรุกโดยใช้สถานการณ์ตามแนวข้อสอบ PISA มีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง อัตราส่วน สัดส่วน และร้อยละ มีค่าเฉลี่ยมากกว่าร้อยละ 70 ของคะแนนเต็มในทุกกระบวนการ ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และร้อยละของคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง อัตราส่วน สัดส่วน ร้อยละ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำแนกตามกระบวนการทางคณิตศาสตร์ตามกรอบการประเมินของ PISA

กระบวนการทางคณิตศาสตร์ตามกรอบการประเมินของ PISA	คะแนนเต็ม	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละของคะแนนเฉลี่ย
1. การคิด/แปลงปัญหาสถานการณ์ (Formulate)	6	4.30	1.60	71.67
2. การใช้คณิตศาสตร์ (Employ)	10	7.18	2.42	71.75
3. การตีความและประเมินผลลัพธ์ (Interpret and Evaluate)	15	12.33	2.62	82.17
รวม	31	23.80	4.93	76.77

สรุปผลการวิจัย

1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้เชิงรุกโดยใช้สถานการณ์ตามแนวข้อสอบ PISA เรื่อง อัตราส่วน สัดส่วน และร้อยละ สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
2. ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ตามกรอบการประเมินของ PISA ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้เชิงรุกโดยใช้สถานการณ์ตามแนวข้อสอบ PISA เรื่อง อัตราส่วน สัดส่วน และร้อยละ สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

การอภิปรายผล

1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง อัตราส่วน สัดส่วน และร้อยละ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้เชิงรุกโดยใช้สถานการณ์ตามแนวข้อสอบ PISA มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 7.48 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 74.75 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .05 ตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ ผลที่เกิดขึ้นดังกล่าวสามารถอธิบายได้จากลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้เชิงรุก ซึ่งเป็นกระบวนการจัดการเรียนการสอนที่ส่งเสริมให้นักเรียนมีส่วนร่วมและลงมือปฏิบัติจริงในชั้นเรียนโดยมีครูทำหน้าที่เป็นผู้อำนวยความสะดวก สร้างแรงบันดาลใจ และให้คำแนะนำอย่างใกล้ชิด นักเรียนได้เปลี่ยนสถานะจากผู้รับข้อมูลความรู้มาเป็นผู้สร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองผ่านการเผชิญสถานการณ์ปัญหา ทำให้เกิดการคิดวิเคราะห์และการอภิปรายแลกเปลี่ยนเหตุผลกับเพื่อนร่วมชั้น กระบวนการเหล่านี้ช่วยลดการเรียนคณิตศาสตร์แบบท่องจำ และส่งเสริมให้เกิดการเรียนรู้ที่มีความหมายและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้จริง ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ นภาพร สว่างอารมณ์ (2563, น. 11) ที่ระบุว่า การจัดการเรียนรู้เชิงรุกเป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในชั้นเรียน ได้ลง

มือปฏิบัติ แสดงออก และค้นพบความรู้ด้วยตนเอง ซึ่งจะนำไปสู่การพัฒนาความสามารถด้านกระบวนการทางคณิตศาสตร์และทักษะสำคัญในศตวรรษที่ 21

นอกจากนี้ การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้โดยเชื่อมโยงเนื้อหาคณิตศาสตร์เข้ากับบริบทชีวิตจริงตามแนวข้อสอบ PISA ยังช่วยพัฒนาความสามารถในการนำคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ของนักเรียนให้ดีขึ้น เนื่องจากการนำข้อมูลจากบริบทในชีวิตจริงมาดำเนินการหาคำตอบ ทำให้นักเรียนรู้เป้าหมายว่าตนเองกำลังหาค่าของอะไร เมื่อได้ผลลัพธ์ออกมา นักเรียนจะให้ความสำคัญกับตรวจสอบด้วยสามัญว่าคำตอบนั้นสมเหตุสมผลและสอดคล้องหรือไม่ รวมทั้งการเปิดโอกาสให้นักเรียนช่วยกันตรวจสอบความถูกต้องของวิธีการหาผลลัพธ์ จึงทำให้นักเรียนแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้แม่นยำและรอบคอบมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ ไพรินทร์ ชุมคำน้อย (2563) ที่กล่าวว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับสถานการณ์ในชีวิตจริง ช่วยให้นักเรียนมองเห็นคุณค่าและประโยชน์ของคณิตศาสตร์ในชีวิตประจำวัน รวมทั้งทำให้นักเรียนรู้สึกว่าคณิตศาสตร์เป็นเรื่องใกล้ตัวและสามารถนำไปใช้ได้จริง แนวคิดนี้ยังสอดคล้องกับ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2555, น. 162–166) ที่ระบุว่าการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ในระดับโรงเรียนทั่วโลก มุ่งเน้นให้นักเรียนได้ฝึกฝนการแก้โจทย์ปัญหาในสถานการณ์จำลองที่หลากหลายและสัมพันธ์กับชีวิตจริง เพื่อพัฒนากระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์ที่สามารถประยุกต์ใช้ได้ในสถานการณ์จริง

ผลการวิจัยนี้ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ วนัขพร ชมชื่นใจ, สมวงษ์ แปลงประสพโชค และกฤษณะ โสขุมา (2565) ที่ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้เชิงรุก เรื่อง อัตราส่วน สัดส่วน และร้อยละ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 พบว่าทางการเรียนของนักเรียนสูงกว่าก่อนเรียนและสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ รวมถึงผลการศึกษาของ นวลประภัสสร์ ก้อนพิลา (2564) ที่ใช้วิธีการจัดการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับชีวิตจริง และพบว่านักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นเดียวกัน ทั้งนี้ แนวทางดังกล่าวยังสอดคล้องกับกรอบแนวคิดของ PISA Thailand, สสวท. (2567) ที่ระบุว่า การประเมินความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ของ PISA มุ่งเน้นการใช้ความรู้และความเข้าใจทางคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาหรือตอบสนองต่อความต้องการในบริบทชีวิตจริง โดยอาศัยความรู้พื้นฐานที่ได้รับจากการเรียนในโรงเรียน

2. ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ตามกรอบการประเมินของ PISA เรื่อง อัตราส่วน สัดส่วน และร้อยละ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้เชิงรุกโดยใช้สถานการณ์ตามแนวข้อสอบ PISA มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 23.80 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 76.77 ของคะแนนเต็ม ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ เมื่อพิจารณาตามกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของ PISA พบว่านักเรียนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ครบทั้ง 3 ด้าน ผลที่เกิดขึ้นแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของกลไกการจัดการเรียนรู้เชิงรุกที่ออกแบบไว้อย่างเป็นระบบ กล่าวคือในขั้นนำ ครูนำเสนอสถานการณ์จากชีวิตจริงตามบริบท PISA เช่น การคิดต้นทุนกำไรของธุรกิจน้ำสมุนไพร หรือการวิเคราะห์แผนภูมิรายได้ของสวนเกษตร เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนฝึกอ่านวิเคราะห์เงื่อนไขและแปลงสถานการณ์เป็นโครงสร้างทางคณิตศาสตร์ก่อนลงมือคำนวณ ซึ่งช่วยพัฒนากระบวนการคิด/แปลงปัญหา (Formulate) ในขั้นสอน นักเรียนได้ลงมือวางแผนและแก้ปัญหาด้วยตนเอง จากนั้นนำเสนอวิธีคิดและอภิปรายแลกเปลี่ยนเหตุผลร่วมกับเพื่อนในชั้นเรียน โดยครูใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนตรวจสอบว่าผลลัพธ์ที่ได้สอดคล้องกับบริบทของสถานการณ์หรือไม่ กระบวนการนี้ช่วยพัฒนาทั้งด้านการใช้คณิตศาสตร์ (Employ) และด้านการตีความและประเมินผลลัพธ์ (Interpret and Evaluate) และในขั้นสรุปนักเรียนได้สะท้อนคิดและประเมินกระบวนการเรียนรู้ของตนเอง ซึ่งช่วยเสริมสร้างความตระหนักรู้ในการแก้ปัญหาอย่างมีระบบ ด้านที่มีคะแนนสูงที่สุดคือการตีความและประเมินผลลัพธ์ สะท้อนให้เห็นว่าการจัดกิจกรรมที่เน้นให้นักเรียนตอบคำถามในรูปแบบ "ใช่ หรือ ไม่ใช่" พร้อมเขียนอธิบายเหตุผล อย่างต่อเนื่องตลอดทุกแผนการจัดการเรียนรู้ เป็นกลไกที่ช่วยปลูกฝังการนำผลลัพธ์กลับไปตรวจสอบความสมเหตุสมผลในบริบทจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ ผลดังกล่าวสอดคล้องกับงานวิจัยของ

พรรณิภา ฟองจันทร์ และคณะ (2566) ที่พบว่าการจัดการเรียนรู้เชิงรุกช่วยให้ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาร้อยละของนักเรียนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และ ฝนพรม พุทธนา (2562) ที่แสดงว่าการจัดการเรียนรู้เชิงรุกสามารถพัฒนาความสามารถในการคิดแก้ปัญหาของนักเรียนให้อยู่ในระดับดีและมีผลสัมฤทธิ์สูงขึ้น
นอกจากกระบวนการเรียนรู้เชิงรุกแล้ว การใช้สถานการณ์ตามแนวข้อสอบ PISA ในการวิจัยครั้งนี้ ได้นำบริบทที่ใกล้ตัวและเชื่อมโยงกับชีวิตประจำวันมาเป็นสื่อกลางในการจัดการเรียนรู้ ทำให้นักเรียนมองเห็นภาพอย่างเป็นรูปธรรม สามารถนำคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ในแก้ปัญหาได้อย่างมีความหมาย ซึ่งแนวทางนี้ตรงกับ PISA Thailand (2567) ที่ให้ความสำคัญกับการประเมินผ่านบริบทที่หลากหลาย เพื่อเตรียมความพร้อมผู้เรียนสู่สถานการณ์จริงในศตวรรษที่ 21
การใช้สถานการณ์จริงนี้ยังเป็นไปในทิศทางเดียวกับผลการศึกษาของ ชญาภา เผือกคล้าย (2565) ที่พบว่าการจัดการเรียนรู้ผ่านสถานการณ์ในชีวิตจริง ส่งผลให้สมรรถนะตามกรอบการประเมินของ PISA สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และ ชนิดา จำปาอ่อน (2562) ที่ระบุว่าการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับชีวิตจริงช่วยพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้เป็นอย่างดี จึงสรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้เชิงรุกร่วมกับการใช้สถานการณ์ตามแนวข้อสอบ PISA เป็นรูปแบบที่ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ตามกรอบการประเมินของ PISA ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ข้อเสนอแนะ

ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะจากการวิจัยและข้อเสนอแนะสำหรับการทำวิจัยครั้งต่อไป ดังนี้

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1. การจัดการเรียนรู้เชิงรุกด้วยสถานการณ์ตามแนวข้อสอบ PISA ครูผู้สอนควรให้ความสำคัญกับการเลือกใช้สถานการณ์ปัญหาให้มีความสอดคล้องกับบริบทใกล้ตัวของผู้เรียนหรือสภาพแวดล้อมของชุมชน เพื่อช่วยลดความวิตกกังวล และส่งเสริมให้นักเรียนสามารถวิเคราะห์และแปลงสถานการณ์ปัญหาให้อยู่ในรูปแบบของประโยคสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ได้ดียิ่งขึ้น

2. เนื่องจากการการจัดการเรียนรู้เชิงรุกที่มุ่งเน้นกระบวนการแก้ปัญหา ต้องอาศัยเวลาให้นักเรียนได้คิดวิเคราะห์และอภิปรายร่วมกัน ครูจึงควรมีความยืดหยุ่นในการบริหารจัดการเวลาในชั้นเรียน

3. ครูควรให้ความสำคัญกับการวัดและประเมินผลระหว่างเรียนโดยเน้นประเมินที่กระบวนการควบคู่ไปกับคำตอบที่ได้ผ่านการสังเกตพฤติกรรมและวิธีคิดของนักเรียนในแต่ละขั้นตอน ซึ่งจะช่วยให้ครูสามารถสะท้อนผลและพัฒนาความสามารถของนักเรียนได้อย่างตรงจุด

ข้อเสนอแนะสำหรับการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้เชิงรุกโดยใช้สถานการณ์ตามแนวข้อสอบ PISA ประยุกต์ใช้กับเนื้อหาคณิตศาสตร์ในสาระอื่น ๆ ที่มีความซับซ้อนและสามารถเชื่อมโยงกับบริบทจริงได้ เช่น สถิติ ความน่าจะเป็น หรือสมการเชิงเส้น เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและขยายการนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้นี้ไปใช้ในบริบทที่กว้างขึ้น

2. ควรศึกษาการจัดการเรียนรู้เชิงรุกโดยใช้สถานการณ์ตามแนวข้อสอบ PISA ที่ส่งเสริมหรือพัฒนาสมรรถนะทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์อื่น ๆ เช่น ความสามารถในการสื่อสารและสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ ความสามารถในการเชื่อมโยง ซึ่งเป็นสมรรถนะที่สำคัญ

3. ควรมีการวิจัยต่อยอดโดยนำเทคโนโลยีหรือสื่อดิจิทัลมาใช้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้เชิงรุก เพื่อสร้างสถานการณ์ปัญหาหรือสื่อที่มีปฏิสัมพันธ์ ซึ่งอาจช่วยกระตุ้นความสนใจและเพิ่มความสามารถในการวิเคราะห์สถานการณ์ที่ซับซ้อนของผู้เรียนได้ดียิ่งขึ้น

4. สามารถเพิ่มการออกแบบวิจัยที่มีกลุ่มเปรียบเทียบ เพื่อวิเคราะห์ความสอดคล้องหรือความแตกต่างของผลลัพธ์ที่ได้จากรูปแบบการจัดการเรียนรู้

กิตติกรรมประกาศ

ทุนสนับสนุนการศึกษา ระดับปริญญาโท คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

เอกสารอ้างอิง

กมลวรรณ ตังธนกานนท์, (2558). ระเบียบวิธีสถิติทางการศึกษา. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

โครงการ PISA ประเทศไทย สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี. (2557), ตัวอย่างข้อสอบคณิตศาสตร์ PISA 2022. (พิมพ์ครั้งที่1). ห้างหุ้นส่วนจำกัด วี เจ พริ้นติ้ง: กรุงเทพฯ.

ชญาภา เผือกคล้าย. (2565). ผลของการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ผ่านสถานการณ์ในชีวิตจริงที่มีต่อการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ตามกรอบการประเมินของ PISA. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาการทางการศึกษาและการจัดการเรียนรู้ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

ชนิดา จำปาอ่อน. (2562). การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริงเพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ สาหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน มหาวิทยาลัยศิลปากร.

ชานนท์ จันทรา. (2554). "หน่วยที่14 เครื่องมือประเมินความสามารถทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนด้านความรู้" ในประมวลสาระชุดวิชาการจัดประสบการณ์การเรียนรู้คณิตศาสตร์ หน่วยที่9-15. น.((14) – (14-80)). นนทบุรี: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

ทิศนา แขมมณี และบังอร เสรีรัตน์. (2563). การจัดการเรียนรู้ฐานสมรรถนะเชิงรุก. (พิมพ์ครั้งที่1). กรุงเทพมหานคร: สำนักมาตรฐานการศึกษาและพัฒนาการเรียนรู้ สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา.

นภาพร สว่างอารมณ์. (2563). การพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โดยการจัดการเรียนรู้เชิงรุก. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาการทางการศึกษาและการจัดการเรียนรู้ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

นวลประภัสสร์ ก้อนพิลา. (2564). ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงเรื่อง อัตราส่วนและร้อยละ ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาคณิตศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

บุญชม ศรีสะอาด. (2554). การวิจัยเบื้องต้น ฉบับปรับปรุงใหม่. (พิมพ์ครั้งที่9). บริษัท สุวีริยสาส์น จำกัด: กรุงเทพฯ.

ฝนพรม พุทธนา. (2562). การพัฒนาความสามารถในการคิดแก้ปัญหาโดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด Active Learning ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิชาหลักสูตรและวิธีสอน มหาวิทยาลัยศิลปากร.

พรรณิภา ฟองจันทร์, ทรงชัย อักษรคิด และต้องตา สมใจเพ็ง. การศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหา เรื่อง โจทย์ปัญหาร้อยละของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้เชิงรุกแบบออนไลน์. วารสารสหวิทยาการวิจัยและวิชาการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 3(5): หน้า 375-388.

พิชิต ฤทธิ์จรูญ. (2557). หลักการวัดและประเมินผลการศึกษา. (พิมพ์ครั้งที่9). กรุงเทพมหานคร: บริษัทเฮ้า ออฟ เคอร์มิสท์ จำกัด.

ไพรินทร์ ชุมคำน้อย. (2563). การจัดการศึกษาความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์โดยใช้สถานการณ์ในชีวิตจริงของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาคณิตศาสตรศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.

แพรทิพย์ พูดเพราะ. (2561). ผลการจัดการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง ระบบจำนวนเต็ม โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบ Active Learning ที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาคณิตศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยบูรพา.

วนัขพร ชมชื่นใจ, สมวงษ์ แปลงประสพโชค และกฤษณะ โสขุมา. (2565). ผลการจัดการเรียนรู้เชิงรุก (Active Learning) เรื่อง อัตราส่วน สัดส่วน และร้อยละ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. วารสารวิจัยรำไพพรรณี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร. 16(2): หน้า 102-108.

ศูนย์ดำเนินงาน PISA แห่งชาติ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2568). ผลการประเมิน PISA 2022 คณิตศาสตร์ การอ่าน และวิทยาศาสตร์. สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี: กรุงเทพฯ.

ศูนย์ดำเนินงาน PISA แห่งชาติ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2566), กรอบการประเมินด้านคณิตศาสตร์ PISA. ค้นเมื่อ 22 สิงหาคม 2568. https://pisathailand.ipst.ac.th/about-pisa/mathematical_literacy_framework/.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2555). ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์. 3-คิว มีเดีย: กรุงเทพฯ.

สมนึก ภัททิยธนี. (2558). การวัดผลการศึกษา. (พิมพ์ครั้งที่ 10). บริษัทประสานการพิมพ์ จำกัด: กาฬสินธุ์.

สุนิสา ดวงชตา. (2564). แนวทางการส่งเสริมการจัดการเรียนรู้เชิงรุกของครูผู้สอน สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษานครสวรรค์ เขต 3. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการบริหารการศึกษา มหาวิทยาลัยนเรศวร.

หน่วยศึกษานิเทศก์ สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. (2564). แนวทางการนิเทศเพื่อพัฒนาและส่งเสริมการจัดการเรียนรู้เชิงรุก (Active Learning) ตามนโยบายลดเวลาเรียน เพิ่มเวลารู้กรุงเทพมหานคร. กรุงเทพฯ

อติวิชญ์ ธงพิทักษ์. (2563). การใช้สถานการณ์ในชีวิตประจำวันเพื่อส่งเสริมการรู้ความน่าจะเป็นของนักเรียนชั้นมธัยมศึกษาปีที่ 5. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาคณิตศาสตรศึกษา มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

อนุวัติ คูณแก้ว. (2558). การวัดผลและประเมินผลการศึกษาแนวใหม่. โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย: กรุงเทพฯ.

Bonwell, C. C., & Eison, J. A. (1991). Active learning: Creating excitement in the classroom. School of Education and Human Development, George Washington University.

Candela-Munoz, J. L., & Rodríguez-Gámez, M. (2023). Active methodologies in mathematics learning. International Journal of Physics & Mathematics. 6(1): 45-52.

Meyers, C., & Jones, T. B. (1993). Promoting active learning: Strategies for the college classroom. Jossey-Bass.

OECD. (2023), PISA 2022 Assessment and Analytical Framework. Accessed 22 Aug. 2025. https://doi.org/10.1787/dfe0bf9c-en.

Sumardi, & Herawanto, M. R. (2021). The analyzing of Pisa-based mathematics problem solving ability based on the algebra learning object. Journal of Physics. Conference Series. 1776(012031): 1-16.

ผลการจัดการเรียนรู้แบบคู่ตรวจสอบร่วมกับเทคนิค KWDL ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การแยกตัวประกอบของพหุนามดีกรีสอง

The Impact of Pairs Check Learning Management Combined with KWDL Technique on Learning Achievement and Mathematical Problem-Solving Ability in Quadratic Polynomial Factorization

กนกพร รอดจริง[1*] และธารีรัตน์ ธนัตถ์พาณิชย์[1]
Kanokporn Rodjing[1*] and Tareerat Tanutpanit[1]

[1]*คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพมหานคร*
[1]*Department of Mathematics, Faculty of Science, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok 10140*
[*]*Corresponding Author E-mail Address : oonbew356@gmail.com*

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา 1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 2) ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และ 3) ความพึงพอใจ หลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบคู่ตรวจสอบร่วมกับเทคนิค KWDL เรื่อง การแยกตัวประกอบของพหุนามดีกรีสอง ที่มุ่งส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนาความสามารถในการวิเคราะห์โจทย์ การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และการคิดอย่างเป็นระบบผ่านกระบวนการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกัน กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนวัดแพรกษา จำนวน 36 คน ได้มาโดยการสุ่มตัวอย่างแบบกลุ่ม (Cluster random sampling) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้แบบคู่ตรวจสอบร่วมกับเทคนิค KWDL จำนวน 10 แผน แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และแบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบค่าที ผลการวิจัยพบว่า 1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 76.11 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 2) ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 76.59 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ 3) นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้แบบคู่ตรวจสอบร่วมกับเทคนิค KWDL อยู่ในระดับมาก ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวสามารถส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: การจัดการเรียนรู้แบบคู่ตรวจสอบ ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เทคนิค KWDL

Abstract

This study aimed to investigate 1) students' learning achievement, 2) mathematical problem-solving ability, and 3) students' satisfaction after receiving the Pairs Check learning management combined with the KWDL technique on factorization of quadratic polynomials, which was designed to promote students' development in problem analysis, mathematical problem solving, and systematic thinking through collaborative learning processes. The sample group consisted of 36 Grade 8 students from Wat Phraeksa School, obtained by cluster random sampling. The research instruments included 10 lesson plans based on the Pairs Check learning management combined with the KWDL technique, a learning achievement test, a mathematical problem-solving ability test, and a student satisfaction questionnaire toward the learning management. The statistics used for data analysis were the mean, standard deviation, and t-test. The results of the study revealed that: the students' mathematics learning achievement had an average score of 76.11 percent, which was significantly higher than the 70 percent criterion at the .05 level; the students' mathematical problem-solving ability had an average score of 76.59 percent, which was significantly higher than the 70 percent criterion at the .05 level; and the students' satisfaction toward the Pairs Check learning management combined with the KWDL technique was at a high level. The findings indicate that this learning management can effectively promote students' learning achievement and mathematical problem-solving ability.

Keywords: KWDL Technique, Mathematics Learning Achievement, Mathematical Problem-Solving Ability, Pairs Check Learning Management

บทนำ

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) กำหนดให้คณิตศาสตร์เป็นสาระการเรียนรู้สำคัญที่มีบทบาทต่อการพัฒนาผู้เรียนและประเทศ เนื่องจากคณิตศาสตร์ช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ คิดอย่างมีเหตุผล และคิดอย่างเป็นระบบ สามารถวิเคราะห์ปัญหา วางแผน ตัดสินใจ และแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสม ตลอดจนสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ คณิตศาสตร์ยังเป็นเครื่องมือพื้นฐานในการศึกษาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และศาสตร์อื่น ๆ ซึ่งมีความสำคัญต่อการพัฒนาศักยภาพของบุคคลในสังคมปัจจุบัน (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560)

จากความสำคัญของคณิตศาสตร์ดังกล่าว การพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาเป็นหนึ่งในประเด็นสำคัญของการจัดการเรียนรู้ เนื่องจากทักษะนี้เป็นพื้นฐานสำคัญของการคิดวิเคราะห์ การตัดสินใจ และการนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ ทักษะการแก้ปัญหายังมีบทบาทในการส่งเสริมให้นักเรียนได้แสดงวิธีคิดหรือแนวทางการแก้ปัญหาที่หลากหลาย อันจะนำไปสู่ความเข้าใจในเนื้อหาอย่างลึกซึ้ง และช่วยพัฒนากระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนให้เป็นระบบยิ่งขึ้น ดังนั้น การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนจึงควรมุ่งส่งเสริมให้นักเรียนได้พัฒนาทักษะการแก้ปัญหาอย่าง

ต่อเนื่องและเป็นระบบ โดยเปิดโอกาสให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการคิด วิเคราะห์ อภิปราย และลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง ภายใต้บทบาทของครูในฐานะผู้อำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ (นิวัฒน์ สาระขันธ์, 2564)

อย่างไรก็ตาม แม้ว่าคณิตศาสตร์จะมีความสำคัญต่อการพัฒนาความคิดและการดำเนินชีวิตของนักเรียน แต่เนื้อหาคณิตศาสตร์ส่วนใหญ่มีลักษณะเป็นนามธรรมและต้องอาศัยการวิเคราะห์เพื่อแก้ปัญหา ส่งผลให้นักเรียนจำนวนไม่น้อยประสบปัญหาในการเรียน เห็นได้จากผลการประเมินนักเรียนร่วมกับนานาชาติ พ.ศ. 2566 ซึ่งพบว่านักเรียนไทยมีคะแนนเฉลี่ยด้านคณิตศาสตร์ 394 คะแนน และมีแนวโน้มลดลงเมื่อเทียบกับการประเมินครั้งก่อน (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2565) นอกจากนี้ ผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O-NET) ปี 2567 ยังพบว่า โรงเรียนวัดแพรกษามีคะแนนเฉลี่ยวิชาคณิตศาสตร์ต่ำกว่าระดับเขตพื้นที่และระดับประเทศ โดยเฉพาะในสาระจำนวนและพีชคณิต ซึ่งเป็นเนื้อหาที่ควรได้รับการพัฒนาอย่างเร่งด่วน (สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ, 2567)

จากการสอบถามครูผู้สอนรายวิชาคณิตศาสตร์ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนวัดแพรกษา และการสังเกตการทำแบบฝึกหัดของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 2 ในปีการศึกษา 2567 พบว่า นักเรียนที่สอบผ่านเกณฑ์ร้อยละ 50 ในรายวิชาคณิตศาสตร์ มีจำนวน 43 คน จากทั้งหมด 164 คน คิดเป็นร้อยละ 26.22 ซึ่งเนื้อหาการประเมิน ในสาระที่ 1 จำนวนและพีชคณิต เรื่อง การแยกตัวประกอบของพหุนามดีกรีสอง สังเกตเห็นว่านักเรียนบางส่วนสามารถแยกตัวประกอบพหุนามดีกรีสองได้ แต่ยังเกิดข้อผิดพลาดในการคำนวณ และนักเรียนส่วนใหญ่ยังมีข้อจำกัดในการทำความเข้าใจโจทย์ปัญหา รวมถึงการอธิบายวิธีทำอย่างเป็นระบบ ทำให้ไม่สามารถเชื่อมโยงข้อมูลเพื่อแก้ปัญหาได้ ส่งผลต่อคะแนนในรายวิชาคณิตศาสตร์ จึงสะท้อนให้เห็นว่านักเรียนจำเป็นต้องได้รับการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์เพิ่มมากขึ้น

เทคนิค KWDL เป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ ผ่าน 4 ขั้นตอน ได้แก่ K (What we know) วิเคราะห์สิ่งที่โจทย์กำหนดให้, W (What we want to know) วิเคราะห์สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบอะไร, D (What we do to find out) วิเคราะห์วิธีการหาคำตอบ และ L (What we learned) เรียนรู้อะไรจากการหาคำตอบ (สิริกุล ยมจินดา, 2565) จึงเหมาะสมสำหรับการเรียนรู้ เรื่อง การแยกตัวประกอบของพหุนามดีกรีสอง เนื่องจากนักเรียนยังไม่สามารถเริ่มต้นวิเคราะห์องค์ประกอบของโจทย์ปัญหาได้ รวมถึงไม่สามารถระบุสิ่งที่ต้องการหาคำตอบได้อย่างชัดเจน ส่งผลให้นักเรียนไม่สามารถเชื่อมโยงข้อมูลเพื่อนำไปใช้ในการหาคำตอบได้อย่างถูกต้อง ดังนั้นการมีลำดับขั้นตอนที่ชัดเจนตามเทคนิค KWDL ช่วยให้นักเรียนสามารถแยกองค์ประกอบของโจทย์ วางแผนแก้ปัญหา และสรุปความรู้ได้อย่างเป็นระบบ ส่งผลให้การแก้ปัญหามีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น สอดคล้องกับ นันทวัฒน์ สวัสดิ์ผล (2565) ที่ได้พัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ KWDL พบว่า นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาเพิ่มมากขึ้น แต่มีอุปสรรคกับนักเรียนที่ไม่สามารถวิเคราะห์โจทย์ปัญหาได้ด้วยตนเอง ทำให้นักเรียนไม่มั่นใจในการแสดงคำตอบ โดยสังเกตเห็นว่านักเรียนมีการปรึกษากันเพื่อตรวจสอบคำตอบก่อนจึงจะสามารถแสดงวิธีการแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้อง

จากการสังเกตพฤติกรรมระหว่างการจัดการเรียนรู้ พบว่า นักเรียนมีความกระตือรือร้นในการทำงานที่มีการจับคู่หรือจับกลุ่ม ซึ่งการจัดการเรียนรู้แบบคู่ตรวจสอบ เป็นการทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มเล็ก สร้างความมั่นใจและลดความกดดัน ช่วยให้นักเรียนมีสมาธิในการเรียน พร้อมทั้งส่งเสริมการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นจนนำไปสู่ความเข้าใจที่ลึกซึ้งและเกิดการเรียนรู้จากประสบการณ์จริง (ภัทรพร แข็งกสิการ และคณะ, 2563) โดยเมื่อได้รับโจทย์ปัญหาให้นักเรียนจับคู่กันแสดงวิธีทำ พร้อมแบ่งบทบาทอย่างชัดเจนในการเป็นผู้แสดงวิธีทำและผู้เสนอแนะ หลังจากแสดงวิธีทำเสร็จแล้วให้นักเรียนอภิปรายภายในกลุ่มย่อยเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ร่วมกัน (เทพบุตร หาญมนตรี, 2563) ซึ่งเหมาะสมกับเทคนิค KWDL ที่ช่วยตรวจสอบกระบวนการคิดในแต่ละขั้นอย่างเป็นระบบ ทำให้นักเรียนกล้าคิด กล้าลงมือทำ และมีความมั่นใจในการตอบคำถาม อีกทั้งยังเหมาะกับพฤติกรรมและความสามารถในการเรียนรู้ของนักเรียนโรงเรียนวัดแพรกษา

จากเหตุผลดังกล่าว ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ โดยการจัดการเรียนรู้แบบคู่ตรวจสอบร่วมกับเทคนิค KWDL ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ขึ้น เพื่อเป็นแนวทางสำหรับผู้สอนวิชาคณิตศาสตร์ในการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และเพื่อยกระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ให้สูงขึ้นต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

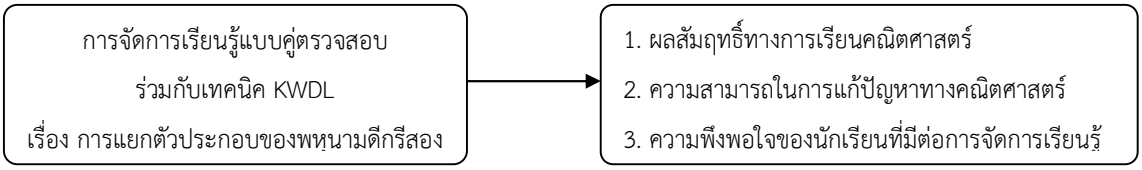
1. เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การแยกตัวประกอบของพหุนามดีกรีสอง โดยการจัดการเรียนรู้แบบคู่ตรวจสอบร่วมกับเทคนิค KWDL
2. เพื่อศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การแยกตัวประกอบของพหุนามดีกรีสอง โดยการจัดการเรียนรู้แบบคู่ตรวจสอบร่วมกับเทคนิค KWDL
3. เพื่อศึกษาความพึงพอใจ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบคู่ตรวจสอบร่วมกับเทคนิค KWDL เรื่อง การแยกตัวประกอบของพหุนามดีกรีสอง

สมมติฐานการวิจัย

1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การแยกตัวประกอบของพหุนามดีกรีสอง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบคู่ตรวจสอบร่วมกับเทคนิค KWDL สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70
2. ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การแยกตัวประกอบของพหุนามดีกรีสอง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบคู่ตรวจสอบร่วมกับเทคนิค KWDL สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70
3. ความพึงพอใจ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบคู่ตรวจสอบร่วมกับเทคนิค KWDL อยู่ในระดับมากขึ้นไป

กรอบแนวคิดในการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้แบบคู่ตรวจสอบร่วมกับเทคนิค KWDL เรื่อง การแยกตัวประกอบของพหุนามดีกรีสอง สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยกำหนดกรอบแนวคิด แสดงดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

วิธีการดำเนินการวิจัย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ คือ นักเรียนโรงเรียนวัดแพรกษา ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ซึ่งจัดห้องเรียนแบบคละความสามารถ จำนวน 4 ห้องเรียน รวมทั้งหมดจำนวน 171 คน

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ คือ นักเรียนโรงเรียนวัดแพรกษา ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 1 ห้องเรียน ทั้งหมด 36 คน ได้มาจากการสุ่มตัวอย่างแบบกลุ่ม (Cluster random sampling)

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบคู่ตรวจสอบร่วมกับเทคนิค KWDL

การจัดการเรียนรู้แบบคู่ตรวจสอบร่วมกับเทคนิค KWDL ให้นักเรียนจับคู่กันและแบ่งบทบาทเป็น "ผู้คิด" และ "เพื่อนช่วยคิด" ผู้คิดทำหน้าที่แสดงแนวคิดหรือวิธีทำตามขั้นตอน KWDL ทีละขั้น ส่วนเพื่อนช่วยคิดทำหน้าที่ตรวจสอบความถูกต้อง ให้ข้อเสนอแนะ และร่วมอภิปรายแนวคิดในแต่ละขั้น ก่อนที่ผู้คิดจะปรับปรุงคำตอบและดำเนินการในขั้นต่อไป

1. ขั้นนำ ครูแจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้ ทบทวนความรู้เดิมที่เกี่ยวข้อง และกระตุ้นความสนใจของนักเรียนด้วยคำถามหรือสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ เพื่อเตรียมความพร้อมก่อนเข้าสู่กิจกรรมการเรียนรู้

2. ขั้นสอน เป็นขั้นที่ครูจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบคู่ตรวจสอบร่วมกับเทคนิค KWDL โดยให้นักเรียนจับคู่กันและแบ่งบทบาทเป็นนักเรียนคนที่ 1 หรือ "ผู้คิด" และนักเรียนคนที่ 2 หรือ "เพื่อนช่วยคิด" จากนั้นให้นักเรียนร่วมกันแก้ปัญหาตามขั้นตอน KWDL ทีละขั้น ได้แก่ ขั้น K, W, D และ L โดยผู้คิดทำหน้าที่แสดงแนวคิดหรือวิธีทำในแต่ละขั้น ส่วนเพื่อนช่วยคิดทำหน้าที่ตรวจสอบคำตอบ พิจารณาความถูกต้อง ความสอดคล้องกับโจทย์ และเสนอแนะเพิ่มเติมก่อนดำเนินการในขั้นต่อไปเมื่อนักเรียนแสดงวิธีทำในข้อที่ 1 เสร็จแล้ว นักเรียนทั้งคู่จะสลับบทบาทกันในข้อถัดไป เพื่อให้แต่ละคนได้ฝึกทั้งบทบาทของผู้คิดและเพื่อนช่วยคิด หลังจากนั้น นักเรียนแต่ละคู่จะแลกเปลี่ยนคำตอบกับเพื่อนคู่อื่น เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของคำตอบและลำดับขั้นตอนในการหาคำตอบร่วมกัน แสดงรายละเอียดดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบคู่ตรวจสอบร่วมกับเทคนิค KWDL

ขั้นตอนการแก้ปัญหา	นักเรียนคนที่ 1 (ผู้คิด)	นักเรียนคนที่ 2 (เพื่อนช่วยคิด)
K (What We Know) เรารู้อะไรจากโจทย์ โจทย์บอกอะไรหรือโจทย์กำหนดอะไรมาให้	วิเคราะห์และเขียนระบุสิ่งที่โจทย์กำหนดให้ หรือข้อมูลที่ทราบจากโจทย์ หากมีการแก้ไขนักเรียนสามารถใช้ปากกาสีแดงปรับปรุงคำตอบจากการแลกเปลี่ยนคำตอบของเพื่อนได้	ตรวจสอบว่าข้อมูลที่ระบุนั้นครบถ้วน ถูกต้องและตรงกับสิ่งที่โจทย์กำหนดหรือไม่ หากพบว่าข้อมูลยังไม่สมบูรณ์หรือไม่สอดคล้องกัน สามารถแลกเปลี่ยนความคิดเห็นหรือเสนอแนะเพื่อให้ผู้คิดปรับปรุงคำตอบ
W (What We Want to Know) สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบคืออะไร เราต้องการรู้อะไรจากโจทย์	วิเคราะห์และเขียนระบุสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ หรือสิ่งที่ต้องการหาจากโจทย์ และนักเรียนสามารถใช้ปากกาสีแดงปรับปรุงคำตอบให้ครบถ้วนได้	ตรวจสอบว่าคำตอบที่ผู้คิดระบุสอดคล้องกับความต้องการของโจทย์ถูกต้อง ชัดเจน และตรงกับสิ่งที่โจทย์ต้องการหรือไม่ พร้อมทั้งเสนอแนะเพิ่มเติมหากคำตอบยังไม่ครบถ้วน

ขั้นตอนการแก้ปัญหา	นักเรียนคนที่ 1 (ผู้คิด)	นักเรียนคนที่ 2 (เพื่อนช่วยคิด)
D (What We Do to Find Out) จากโจทย์แสดงกระบวนการแก้ปัญหาอย่างไร พร้อมทั้งตรวจสอบคำตอบ	วางแผน เลือกวิธีการ และแสดงวิธีดำเนินการเพื่อหาคำตอบ หากมีการแก้ไขเพิ่มเติมนักเรียนสามารถใช้ปากกาสีแดงปรับปรุงคำตอบตามข้อเสนอแนะได้	ตรวจสอบว่าวิธีการที่เลือกใช้ การดำเนินการถูกต้องตามหลักคณิตศาสตร์หรือไม่ รวมทั้งตรวจสอบความถูกต้องของคำตอบในแต่ละขั้นตอน และเสนอแนะแนวทางในการแก้ไข
L (What We Learned) เราได้เรียนรู้อะไรจากการดำเนินการแก้ปัญหาในขั้นที่ 3 หรือเราสรุปคำตอบที่ได้จากกระบวนการคิดอย่างไร	สรุปคำตอบ สิ่งที่ได้เรียนรู้ หรือแนวคิดที่ได้รับจากกระบวนการแก้ปัญหา และนักเรียนสามารถใช้ปากกาสีแดงเพิ่มเติมให้สมบูรณ์จากการอภิปรายร่วมกันได้	ตรวจสอบว่าสรุปคำตอบถูกต้อง สอดคล้องกับวิธีดำเนินการและเงื่อนไขของโจทย์หรือไม่ รวมทั้งร่วมกันอภิปรายสิ่งที่ได้เรียนรู้และข้อผิดพลาดที่พบ

3. ขั้นสรุป เป็นขั้นที่ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายคำตอบ วิธีคิด ข้อผิดพลาดที่พบ และแนวทางการแก้ไข พร้อมทั้งสรุปเนื้อหา สาระสำคัญ และองค์ความรู้ที่ได้รับจากการเรียนรู้ เพื่อให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้และนำไปใช้ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้อย่างเหมาะสม

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ผู้วิจัยพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวิจัย ดังนี้

1. แผนการจัดการเรียนรู้แบบคู่ตรวจสอบร่วมกับเทคนิค KWDL เรื่อง การแยกตัวประกอบของพหุนามดีกรีสอง จำนวน 10 แผน แผนละ 50 นาที สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยผ่านการตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ตั้งแต่ 0.80 – 1.00

2. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล ประกอบด้วย

2.1 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การแยกตัวประกอบของพหุนามดีกรีสอง เป็นแบบทดสอบปรนัย ชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก ครอบคลุมจุดประสงค์การเรียนรู้จำนวน 10 ข้อ ตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ได้ค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ 0.8 - 1.00 มีค่าความยากง่ายตั้งแต่ 0.22 - 0.69 ค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.33 – 0.56 และค่าความเชื่อมั่น (KR-20) เท่ากับ 0.78

2.2 แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เป็นแบบทดสอบอัตนัย จำนวน 2 ข้อ โดยแต่ละข้อเป็นโจทย์สถานการณ์ที่ออกแบบให้ผู้เรียนแสดงกระบวนการแก้ปัญหาอย่างเป็นลำดับขั้น และเลือกใช้รูปแบบในการแยกตัวประกอบได้อย่างถูกต้อง ตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน มีค่าดัชนีความสอดคล้องเท่ากับ 1.00 มีค่าความยากง่ายตั้งแต่ 0.41 - 0.54 ค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.54 - 0.60 และค่าความเชื่อมั่น (Cronbach's Alpha) เท่ากับ 0.73 ซึ่งมีเกณฑ์การให้คะแนนเป็นแบบย่อย แสดงรายละเอียดดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 เกณฑ์การประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนที่ได้รับการเรียนรู้แบบคู่ตรวจสอบร่วมกับเทคนิค KWDL

รายการประเมิน	คะแนน	เกณฑ์การพิจารณา
1. K (What We Know) สิ่งที่โจทย์กำหนดหรือสิ่งที่โจทย์บอกให้ทราบมีอะไรบ้าง	2	ระบุข้อมูลและเงื่อนไขของโจทย์ได้ถูกต้องและครบถ้วน
	1	ระบุข้อมูลหรือเงื่อนไขของโจทย์ได้ถูกต้องเพียงบางส่วน
	0	ระบุข้อมูลและเงื่อนไขไม่ถูกต้อง หรือไม่ระบุ
2. ขั้น W (What We Want to Know) สิ่งที่โจทย์ต้องการรู้ หรือต้องการทราบคืออะไร	1	ระบุสิ่งที่โจทย์ต้องการได้ถูกต้อง
	0	ระบุสิ่งที่โจทย์ต้องการไม่ถูกต้องหรือไม่ระบุสิ่งที่โจทย์ต้องการ
3. ขั้น D (What We Do to Find Out) เราทำอะไรอย่างไรหรือเรามีวิธีการอย่างไรบ้างที่ดำเนินการเพื่อหาคำตอบตามสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ	3	ระบุวิธีการแก้โจทย์ปัญหาได้อย่างเหมาะสม แสดงขั้นตอนการดำเนินการเพื่อการหาคำตอบได้ถูกต้องและเป็นลำดับ ตรวจสอบคำตอบด้วยวิธีการที่เหมาะสม และสรุปคำตอบได้สอดคล้องกับสิ่งที่โจทย์ต้องการ
	2	ระบุวิธีการแก้โจทย์ปัญหาได้อย่างเหมาะสมและแสดงขั้นตอนการดำเนินการเพื่อการหาคำตอบได้ถูกต้อง แต่การตรวจสอบคำตอบหรือการสรุปคำตอบยังไม่ครบถ้วน
	1	ระบุวิธีการแก้โจทย์ปัญหาได้อย่างเหมาะสม แต่แสดงขั้นตอนการดำเนินการเพื่อหาคำตอบไม่ถูกต้อง
	0	ระบุวิธีการในการแก้โจทย์ปัญหาและแสดงขั้นตอนการดำเนินการเพื่อหาคำตอบไม่ถูกต้อง หรือไม่ดำเนินการ
4. ขั้น L (What We Learned) เราได้เรียนรู้อะไรจากการดำเนินการ	1	สรุปกระบวนการคิดได้อย่างถูกต้องและสอดคล้องกับวิธีการหาคำตอบ
	0	สรุปกระบวนการคิดได้ไม่ถูกต้องหรือไม่สอดคล้องกับวิธีการหาคำตอบ

2.3 แบบสอบถามความพึงพอใจ เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ จำนวน 10 ข้อ แบ่งเป็นด้านการจัดการเรียนการสอน 5 ข้อ และด้านครูผู้สอน 5 ข้อ ผ่านการตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาโดยผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) เท่ากับ 1.00

การเก็บและรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลตามลำดับ ดังนี้

1. ปฐมนิเทศและชี้แจงจุดประสงค์การเรียนรู้ด้วยกิจกรรมแบบคู่ตรวจสอบร่วมกับเทคนิค KWDL เพื่อสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับบทบาทหน้าที่ของนักเรียน ข้อตกลงในการเรียน และเกณฑ์การวัดผลประเมินผล

2. ดำเนินการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้แบบคู่ตรวจสอบร่วมกับเทคนิค KWDL ที่สร้างขึ้นจำนวน 10 แผน โดยใช้เวลาในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้รวมทั้งหมด 10 คาบ คาบละ 50 นาที

3. หลังการจัดการเรียนรู้ตามแผนที่กำหนด ให้นักเรียนกลุ่มตัวอย่างทำเครื่องมือวัดผลประกอบด้วย แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และแบบประเมินความพึงพอใจของนักเรียนหลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้

4. นำข้อมูลและคะแนนที่ได้จากการทดลองมาตรวจสอบความถูกต้อง และดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติเพื่อสรุปผลตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย

การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยแบ่งการวิเคราะห์ข้อมูลเป็น 3 ส่วน ตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย ดังนี้

1. วิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบคู่ตรวจสอบร่วมกับเทคนิค KWDL เรื่อง การแยกตัวประกอบของพหุนามดีกรีสอง เทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยใช้สถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าเฉลี่ย, ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และร้อยละ จากนั้นทดสอบสมมติฐานด้วยสถิติ One-sample t-test ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .05

2. วิเคราะห์ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบคู่ตรวจสอบร่วมกับเทคนิค KWDL เรื่อง การแยกตัวประกอบของพหุนามดีกรีสอง เทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยใช้สถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าเฉลี่ย, ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และร้อยละ จากนั้นทดสอบสมมติฐานด้วยสถิติ One-sample t-test ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .05

3. วิเคราะห์ความพึงพอใจของนักเรียน ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบคู่ตรวจสอบร่วมกับเทคนิค KWDL โดยใช้สถิติพื้นฐาน ได้แก่ ความถี่, ร้อยละ, ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน แล้วจึงนำค่าเฉลี่ยที่ได้มาแปลผลตามเกณฑ์การให้คะแนนแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Likert Scale)

ผลการวิจัย

1. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบคู่ตรวจสอบร่วมกับเทคนิค KWDL เรื่อง การแยกตัวประกอบของพหุนามดีกรีสอง พบว่า มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 7.61 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 76.11 จากคะแนนเต็ม 10 คะแนน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.71 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงรายละเอียดดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์หลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบคู่ตรวจสอบร่วมกับเทคนิค KWDL กับเกณฑ์ร้อยละ 70

การทดสอบ	จำนวน (คน)	คะแนนเต็ม	ค่าเฉลี่ย	ร้อยละ	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่า t-test	df	Sig.
หลังเรียน	36	10	7.61	76.11	1.71	2.142*	35	0.01

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบคู่ตรวจสอบร่วมกับเทคนิค KWDL เรื่อง การแยกตัวประกอบของพหุนามดีกรีสอง พบว่า มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 10.72 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 76.59 จากคะแนนเต็ม 14 คะแนน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 2.92 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงรายละเอียดดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์หลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบคู่ตรวจสอบร่วมกับเทคนิค KWDL กับเกณฑ์ร้อยละ 70

การทดสอบ	จำนวน (คน)	คะแนนเต็ม	ค่าเฉลี่ย	ร้อยละ	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่า t-test	df	Sig.
หลังเรียน	36	14	10.72	76.59	2.92	1.892*	35	0.03

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลความพึงพอใจ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบคู่ตรวจสอบร่วมกับเทคนิค KWDL เรื่อง การแยกตัวประกอบของพหุนามดีกรีสอง พบว่า มีความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในระดับมาก ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.23 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.81 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ แสดงรายละเอียดดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 จำนวน ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้แบบคู่ตรวจสอบร่วมกับเทคนิค KWDL (นักเรียนทั้งหมด 36 คน)

ข้อที่	รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ยเลขคณิต	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	การแปลผล
1	นักเรียนมีโอกาสได้สนทนาแลกเปลี่ยนข้อมูลในการเรียนร่วมกับเพื่อนจนได้รับความรู้เพิ่มขึ้น	4.03	0.99	มาก
2	นักเรียนได้ฝึกกระบวนการแก้ปัญหา และนำไปใช้แก้ปัญหาได้ถูกต้อง	3.81	0.94	มาก
3	นักเรียนรู้สึกดีเมื่อได้แลกเปลี่ยนคำตอบกับเพื่อน	4.08	0.92	มาก
4	นักเรียนเห็นว่าใบกิจกรรมการเรียนรู้และแบบทดสอบวัดความสามารถมีความเหมาะสมกับเนื้อหา	4.06	0.81	มาก
5	นักเรียนได้รับรู้ข้อผิดพลาด ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนของตนเอง	4.33	0.91	มาก
6	ครูเป็นที่ปรึกษาและช่วยแก้ปัญหาต่าง ๆ ให้กับนักเรียน	4.56	0.64	มากที่สุด
7	ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ซักถามคำถามข้อสงสัย	4.31	0.70	มาก
8	ครูส่งเสริมให้นักเรียนทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม และรายบุคคล	4.25	0.68	มาก
9	ครูส่งเสริมให้นักเรียนมีความสามารถในการสื่อสาร	4.36	0.79	มาก
10	ครูแจ้งรายละเอียดการสอน หัวข้อการสอนและการประเมินผลอย่างชัดเจน	4.47	0.73	มาก
	ภาพรวม	4.23	0.81	มาก

ตารางที่ 5 ความพึงพอใจ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบคู่ตรวจสอบร่วมกับเทคนิค KWDL จากการประเมินความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้แบบคู่ตรวจสอบร่วมกับเทคนิค KWDL สามารถแบ่งการวิเคราะห์ออกเป็น 3 ด้าน ดังนี้

1. ด้านการจัดการเรียนรู้แบบคู่ตรวจสอบ จากผลการประเมินความพึงพอใจของนักเรียนในข้อที่ 1, 3 และ 5 พบว่า โดยรวมนักเรียนมีความพึงพอใจในระดับมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในประเด็นการรับรู้ข้อผิดพลาด และความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนของตนเอง

2. ด้านเทคนิค KWDL สำหรับการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ จากผลการประเมินความพึงพอใจของนักเรียนในข้อคำถามที่ 2 และ 4 พบว่า นักเรียนมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก โดยนักเรียนเห็นด้วยว่าใบกิจกรรมและแบบประเมินมีความเหมาะสมกับเนื้อหา และได้ฝึกกระบวนการแก้ปัญหาอย่างถูกต้อง

3. ด้านบทบาทของครูผู้สอนจากผลการประเมินความพึงพอใจของนักเรียนในข้อคำถามที่ 6–10 พบว่า นักเรียนมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากถึงมากที่สุด สะท้อนให้เห็นว่า แม้รูปแบบการเรียนรู้แบบคู่ตรวจสอบร่วมกับเทคนิค KWDL เน้นให้นักเรียนได้ฝึกคิดวิเคราะห์และหาคำตอบด้วยตนเองร่วมกับคู่ของตน และครูผู้สอนที่ปรับบทบาทจากการเป็นผู้บรรยายเนื้อหามาเป็นผู้คอยให้คำแนะนำและอำนวยความสะดวก ยังคงทำให้นักเรียนมีความพึงพอใจในระดับมากขึ้นไป

การอภิปรายผล

1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบคู่ตรวจสอบร่วมกับเทคนิค KWDL เรื่อง การแยกตัวประกอบของพหุนามดีกรีสอง สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานที่วางไว้ ทั้งนี้เนื่องจากเทคนิค KWDL ช่วยให้นักเรียนสามารถวิเคราะห์โจทย์ปัญหาได้อย่างเป็นระบบ จากการส่งเสริมให้นักเรียนแยกในสิ่งที่โจทย์ถามและสิ่งที่กำหนดให้ นำไปสู่การวางแผนและตัดสินใจเลือกวิธีการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสม ขณะเดียวกันการจัดการเรียนรู้แบบคู่ตรวจสอบที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้แลกเปลี่ยนความคิดเห็น ตรวจสอบความถูกต้อง และช่วยกันพิจารณาขั้นตอนการแก้ปัญหา ทำให้นักเรียนมีความรอบคอบในการวิเคราะห์โจทย์ สามารถตรวจสอบความถูกต้องและตระหนักถึงข้อผิดพลาดในระหว่างการแก้ปัญหา นำไปสู่การลดข้อผิดพลาดหรือความคลาดเคลื่อนในการคำนวณได้ นอกจากนี้ การได้พูดคุยและแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับเพื่อนยังช่วยเสริมสร้างความมั่นใจในการอธิบายวิธีคิดและแสดงวิธีทำ โดยเฉพาะเมื่อนักเรียนได้รับการยืนยันหรือข้อเสนอแนะจากเพื่อนในระหว่างการเรียนรู้ ส่งผลให้นักเรียนมีบทบาททั้งในฐานะผู้เสนอความคิดและผู้รับฟังความคิดเห็นของผู้อื่นอย่างเท่าเทียมกัน ดังนั้น การจัดการเรียนรู้แบบคู่ตรวจสอบร่วมกับเทคนิค KWDL ไม่เพียงช่วยพัฒนาความถูกต้องในการคำนวณเท่านั้น แต่ยังส่งเสริมให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนสูงขึ้นด้วย ตรงกันกับ ศิริพร ทานะเวช (2564) ได้ระบุว่า การจัดการเรียนรู้แบบเทคนิค KWDL เป็นวิธีเสริมแรงในการอ่านและระบุคำตอบ ตามคำถามของแต่ละขั้นตอนที่กำหนดทำให้นักเรียนได้ฝึกการคิดอย่างเป็นระบบส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น และ ยุวดี ศรีสังข์ (2563) เทคนิค KWDL ส่งเสริมให้นักเรียนได้ฝึกปฏิบัติและแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์อย่างเป็นระบบ และเป็นลำดับขั้นตอน ส่งผลให้นักเรียนเกิดความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาอย่างชัดเจน และสามารถนำความรู้ไปใช้ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้อย่างถูกต้อง เมื่อความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนพัฒนาขึ้น จึงส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนสูงขึ้นตามไปด้วย รวมถึง ศศิวิมล จันทรังษี (2560) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้แบบทีมช่วยเหลือรายบุคคลทำให้เกิดการพูดคุยกัน ช่วยเหลือกันในการเรียนรู้ นักเรียนมีความสนใจในการเรียนมากขึ้น ส่งผลให้นักเรียนมีการให้เหตุผลและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพิ่มมากขึ้น

สอดคล้องกับ ปฏิภาณ ชาติวิวัฒนาการ (2563) ที่ระบุว่า การจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือเป็นหนึ่งในวิธีการที่เน้นนักเรียนเป็นสำคัญ โดยเปิดโอกาสให้นักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมตลอดกระบวนการเรียนรู้ และมีการสื่อสารระหว่างกันอย่างต่อเนื่อง ทั้งนี้ยังให้ความสำคัญกับสมาชิกทุกคนในกลุ่มอย่างเท่าเทียม พร้อมเปิดโอกาสให้มีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็น การนำเสนอและการรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่นกระบวนการจัดการเรียนรู้ลักษณะนี้มีขั้นตอนที่ช่วยส่งเสริมและพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์อย่างเป็นระบบ จึงส่งผลให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ดีขึ้น สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบคู่ตรวจสอบร่วมกับเทคนิค KWDL เรื่อง การแยกตัวประกอบของพหุนามดีกรีสอง สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานที่วางไว้ เนื่องด้วยเทคนิค KWDL ช่วยให้นักเรียนแสดงกระบวนการคิดอย่างเป็นระบบผ่านการบันทึกข้อมูลในแต่ละขั้นตอน กล่าวคือ ขั้น K และ W ช่วยให้นักเรียนวิเคราะห์และระบุข้อมูลสำคัญจากโจทย์ได้อย่างถูกต้อง ในขณะที่ขั้น D และ L ช่วยให้นักเรียนเชื่อมโยงข้อมูลที่กำหนดกับวิธีการแก้ปัญหา และสะท้อนสิ่งที่เรียนรู้ได้อย่างมีลำดับสอดคล้องตามแนวคิดของ Ogle (1986) ที่ระบุว่าการบันทึกช่วยให้นักเรียนจัดระบบความคิดและติดตามความก้าวหน้าของตนเองได้ นอกจากนี้ การจัดการเรียนรู้แบบคู่ตรวจสอบส่งเสริมให้นักเรียนอธิบายเหตุผล วิเคราะห์ข้อผิดพลาด และสร้างความเข้าใจร่วมกันมากกว่าการตัดสินความถูกผิด เมื่อเรียนรู้ร่วมกับเทคนิค KWDL จึงเกิดกระบวนการที่นักเรียนสามารถตรวจสอบและปรับความเข้าใจได้ตั้งแต่ระยะแรกของการแก้ปัญหา ส่งผลให้ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การแยกตัวประกอบของพหุนามดีกรีสอง ของนักเรียนสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ อย่างไรก็ตามจากการตรวจสอบแบบทดสอบหลังเรียน พบว่า ในโจทย์ปัญหาที่มีเนื้อหายาวและมีการแทรกข้อมูลกับข้อคำถามรวมกัน นักเรียนบางส่วนยังมีความคลาดเคลื่อนในการระบุข้อมูลในขั้น K และ W ซึ่งส่งผลต่อการเชื่อมโยงไปสู่ขั้นตอนของการแก้ปัญหา การจัดการเรียนรู้แบบคู่ตรวจสอบจึงมีบทบาทสำคัญที่ช่วยให้เกิดการสะท้อนความคิดและตรวจสอบร่วมกัน นักเรียนได้มีโอกาสทบทวนและแก้ไขข้อผิดพลาดที่ตนเองอาจมองข้าม ก่อนนำไปสู่การวิเคราะห์ และดำเนินการในขั้นตอนถัดไปได้อย่างถูกต้อง ดังนั้น การจัดการเรียนรู้แบบคู่ตรวจสอบร่วมกับเทคนิค KWDL ไม่เพียงแต่ช่วยลดข้อผิดพลาดในการวิเคราะห์โจทย์ปัญหา แต่ยังส่งเสริมความเชื่อมั่นในความสามารถของนักเรียน และพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยรวมให้สูงขึ้น ซึ่งตรงกับ ดวงเด่น เรืองจักร์ (2565) กล่าวว่า เทคนิค KWDL เป็นวิธีที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้คิดด้วยตนเอง มีส่วนร่วมในการเรียน โดยนักเรียนต้องใช้ความรอบคอบและพื้นฐานความรู้ในการเข้าใจปัญหา โดยนักเรียนบอกได้ว่าสิ่งใดเป็นสิ่งที่ปัญหากำหนด และสิ่งใดเป็นสิ่งที่ปัญหาต้องการทราบ ก่อนวางแผนดำเนินการแก้ปัญหา แล้วจึงร่วมกันนำเสนอกับเพื่อนสมาชิก รวมถึง ธนาดุล สุทธิรัตน์ (2567) ระบุว่าเทคนิค KWDL ทำให้นักเรียนเกิดการแสดงความคิดหรือวิธีการที่ใช้ในการแก้ปัญหาของตนเอง และได้ร่วมแสดงแนวคิดวิธีแก้ปัญหากับผู้อื่นเพื่อให้ได้มาซึ่งวิธีการและคำตอบที่ครบถ้วนมากขึ้น และ Aldrin (2023) ที่ได้จัดการเรียนการสอนโดยใช้เทคนิค KWDL ร่วมกับ Bar พบว่า เทคนิคนี้ทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนความรู้ซึ่งกันและกันส่งผลให้ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับ รัตนาภรณ์ ผิวงาม (2567) กล่าวว่า เทคนิค KWDL เป็นเทคนิคในการแก้ปัญหา ซึ่งช่วยให้นักเรียนมีกระบวนการคิดอย่างเป็นระบบ เมื่อนำมาใช้กับการจัดการเรียนรู้แบบ NHT ซึ่งเป็นการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือ จึงทำให้นักเรียนอ่อนได้กล้าคิดกล้าแสดงความคิดเห็นและเรียนรู้จากนักเรียนที่เก่งกว่า เกิดความสนใจในเนื้อหามากขึ้น และส่งผลให้ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

3. ความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบคู่ตรวจสอบร่วมกับเทคนิค KWDL เรื่อง การแยกตัวประกอบของพหุนามดีกรีสอง พบว่า มีความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในระดับมาก ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่

กำหนดไว้ ทั้งนี้เนื่องจากการจัดการเรียนรู้แบบคู่ตรวจสอบร่วมกับเทคนิค KWDL เป็นรูปแบบที่บูรณาการกระบวนการคิดวิเคราะห์อย่างเป็นระบบเข้ากับการเรียนรู้แบบร่วมมือ ที่ช่วยกระตุ้นให้นักเรียนมีความกระตือรือร้น และมีส่วนร่วมในกิจกรรมอย่างต่อเนื่อง การได้ทำกิจกรรมร่วมกันช่วยลดความวิตกกังวล สร้างความรู้สึกปลอดภัยในการเรียนรู้ และเกิดการช่วยเหลือพึ่งพากันในการแก้ปัญหา นอกจากนี้ การที่ผู้สอนปรับบทบาทเป็นผู้อำนวยความสะดวกที่คอยให้คำปรึกษา และเปิดโอกาสให้นักเรียนมีอิสระทางความคิด ยังช่วยส่งเสริมให้เกิดบรรยากาศการเรียนรู้ที่ดี ปัจจัยต่าง ๆ เหล่านี้ส่งผลให้นักเรียนมีทัศนคติที่ดีและมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ในระดับมาก ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ จารุวรรณ สังฆะจารย์ (2565) ที่พบว่า การจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือทำให้นักเรียนมีระดับความพึงพอใจในระดับมากที่สุด เนื่องจากการได้ลงมือปฏิบัติกิจกรรมร่วมกันในกลุ่ม รวมถึงการได้รับการยอมรับและคำชื่นชมจากทั้งเพื่อนและผู้สอน จะช่วยเสริมสร้างความภาคภูมิใจและแรงจูงใจในการเรียนรู้ได้เป็นอย่างดี และ ลภัสรดา ภาราสิริสกุล (2563) ที่ศึกษาความพึงพอใจ ของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้แบบ KWDL ร่วมกับการใช้สื่ออิเล็กทรอนิกส์ พบว่า นักเรียนมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากการจัดการเรียนรู้แบบ KWDL ร่วมกับการใช้สื่ออิเล็กทรอนิกส์เป็นการเรียนรู้แบบกลุ่มโดยแบ่งนักเรียนกลุ่มละประมาณ 5 คนแบบคละความสามารถ ส่งผลให้นักเรียนมีโอกาสช่วยเหลือกัน แลกเปลี่ยนความคิดเห็นได้อย่างอิสระ ผู้ที่มีความเข้าใจมากกว่าสามารถอธิบายให้เพื่อนในกลุ่มเข้าใจตามขั้นตอน อีกทั้งยังมีการนำเสนอผลงานของแต่ละกลุ่ม ทำให้บรรยากาศการเรียนรู้มีความหลากหลาย ต่างจากการนั่งฟังครูสอนเพียงอย่างเดียว นอกจากนี้ ยุวดี ศรีสังข์ (2563) ได้ศึกษาการพัฒนาแบบฝึกทักษะคณิตศาสตร์โดยใช้เทคนิค KWDL เพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหา ผลการศึกษาพบว่านักเรียนมีความพึงพอใจโดยภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด เนื่องมาจากแบบฝึกทักษะที่ใช้เทคนิค KWDL ช่วยให้นักเรียนเข้าใจบทเรียนได้ง่ายและเรียนรู้ได้เร็วขึ้น นักเรียนมีความสนใจและกระตือรือร้นในการเรียนมากขึ้น

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1. ก่อนเริ่มกิจกรรม ครูควรชี้แจงขั้นตอนการทำกิจกรรมและบทบาทหน้าที่ของนักเรียนในกระบวนการเรียนรู้แบบคู่ตรวจสอบให้ชัดเจน เพื่อให้นักเรียนเข้าใจเป้าหมายร่วมกันและสามารถปฏิบัติงานเป็นคู่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2. ควรเลือกใช้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ที่มีความหลากหลายและมีความท้าทายในระดับที่เหมาะสม เพื่อส่งเสริมให้เกิดการอภิปรายแลกเปลี่ยนเรียนรู้ระหว่างคู่เรียน

3. ครูควรสร้างบรรยากาศการเรียนรู้ที่ปลอดภัยโดยเปิดรับแนวคิดของนักเรียนทั้งที่ถูกต้องและคลาดเคลื่อน เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนกล้าแสดงออก ยอมรับความคิดเห็นที่แตกต่าง และมีกำลังใจในการแก้ปัญหา

4. ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ซักถามคำถามข้อสงสัย เป็นที่ปรึกษาและช่วยแก้ปัญหาต่าง ๆ ให้กับนักเรียน ตลอดจนการตั้งคำถามกระตุ้นความคิดเพื่อให้นักเรียนเกิดข้อสงสัยและค้นหาคำตอบด้วยตนเอง

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

1. จากผลการศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้แบบคู่ตรวจสอบร่วมกับเทคนิค KWDL พบว่านักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้อยู่ในระดับมาก และรูปแบบการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวสามารถส่งเสริมทั้งความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ จึงเห็นควรให้นำแนวทางการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวไปประยุกต์ใช้กับเนื้อหาคณิตศาสตร์ในสาระอื่น ๆ ที่ต้องอาศัยทักษะการวิเคราะห์โจทย์ปัญหาและการแก้ปัญหาอย่างเป็นขั้นตอน ทั้งนี้ การเปิดโอกาสให้นักเรียนได้แลกเปลี่ยนความคิดเห็น ตรวจสอบความเข้าใจ และเรียนรู้ร่วมกับผู้อื่น จะช่วยส่งเสริมให้การจัดการเรียนรู้มีประสิทธิผลมากขึ้น

2. สามารถศึกษาและพัฒนาตัวแปรตามอื่น ๆ เพิ่มเติม เช่น ความสามารถในการสื่อสารทั้งการสื่อสารเพื่อการนำเสนอแนวคิดด้วยการพูดหรือการเขียน

3. ควรมีการศึกษาการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL ร่วมกับวิธีการสอนรูปแบบอื่น เช่น การใช้คำถามขั้นสูง หรือการใช้สื่อประสมเพื่อพัฒนาการจัดการเรียนรู้ให้เหมาะสมและดียิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทยจำกัด: กรุงเทพฯ.

จารุวรรณ สังฆะจารย์. (2565). การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค CIRC เพื่อส่งเสริมความสามารถในการเขียนเชิงสร้างสรรค์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5. วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

ดวงเด่น เรืองจักร์. (2565). ผลการจัดการเรียนรู้โดยเน้นการคิดแบบฮิวริสติกส์ (Heuristics) ร่วมกับเทคนิค KWDL ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหา เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน มหาวิทยาลัยทักษิณ.

เทพบุตร หาญมนตรี. (2563). การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิคเพื่อนคู่คิดเพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ดอกเบี้ยและมูลค่าของเงิน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

ธนาดุล สุทธิรัตน์. (2567). ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับเทคนิค KWDL ที่มีต่อมโนทัศน์และความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6. วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา.

นันทวัฒน์ สวัสดิ์ผล. (2565). การพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ KWDL ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

นิวัฒน์ สาระขันธ์. (2564). สอนอย่างไรให้นักเรียนเกิดทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์. Journal of Roi Kaensarn Academy. 6(4): 211-212.

ปฏิภาณ ชาติวิวัฒนาการ. (2563). การศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบร่วมมือด้วยเทคนิคแบบ STAD ร่วมกับเทคนิค KWDL ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา.

ภัทรพร แข็งกสิการ, ผลาดร สุวรรณโพธิ์ และ อาพันธ์ชนิต เจนจิต. (2564). ผลการจัดการเรียนรู้แบบการสอนแนะให้รู้คิดร่วมกับเทคนิคคู่ตรวจสอบที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์และทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. วารสารบัณฑิตศึกษา. 17(79): 113-114.

ภิรพุทธิ์ สว่างสุข. (2563). ผลการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือโดยเทคนิคกลุ่มแข่งขัน (TGT) ร่วมกับการใช้ปัญหาปลายเปิด เรื่อง อัตราส่วน สัดส่วนและร้อยละ ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา.

ยุวดี ศรีสังข์. (2563). การพัฒนาแบบฝึกทักษะคณิตศาสตร์โดยใช้เทคนิค KWDL เพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหา เรื่อง ร้อยละ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาคณิตศาสตรศึกษา มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

รัตนาภรณ์ ผิวงาม. (2567). การพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบ NHT ร่วมกับเทคนิค KWDL เรื่อง ความน่าจะเป็น ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาคณิตศาสตร์ศึกษา ภาควิชาคณิตศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร.

ลภัสรดา ภาราสิริสกุล. (2563). การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้แบบ KWDL ร่วมกับการใช้สื่ออิเล็กทรอนิกส์ เรื่อง อสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาคณิตศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

ศรีสุดา อ่อนบัตร. (2563). การศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ผ่านกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา. วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

ศศิวิมล จันทรังษี. (2560). การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง อนุพันธ์ของฟังก์ชัน โดยใช้การเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิคทีมช่วยเหลือรายบุคคลเสริมด้วยแบบฝึกเน้นทักษะกระบวนการให้เหตุผลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6. วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนคณิตศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี.

ศิริพร ทานะเวช. (2564). การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการคิดแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง ความน่าจะเป็น ระหว่างการจัดการเรียนรู้เทคนิค KWDL กับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ. วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

ศูนย์ดำเนินงาน PISA แห่งชาติ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2568). ผลการประเมิน PISA 2022 คณิตศาสตร์ การอ่าน และวิทยาศาสตร์. สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี: กรุงเทพ.

สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ. (2567). รายงานผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ปีการศึกษา 2567. วิชาการ: โรงเรียนวัดแพรกษา.

สิริกุล ยมจินดา. (2565). การพัฒนาการจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคนิค KWDL ร่วมกับเกมเพื่อเสริมสร้างความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน ภาควิชาหลักสูตรและวิธีสอน มหาวิทยาลัยศิลปากร.

Aldrin B. Boca. (2023). The Development of Learning Activity through the KWDL Technique Combined with the Bar Model to Improve Problem-Solving Ability in Math for Secondary 1 (Grade 7) Students. The Turkish Online Journal of Educational Technology. 22(4): 217.

Ogle D. (1986). K-W-L: A Teaching Model That Develops Active Reading of Expository Text. The Reading Teacher. 39: 564-570.

การออกแบบและประเมินคุณภาพกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมเป็นฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชัน เรื่องร้อยละ เพื่อส่งเสริมแรงจูงใจและการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนอาชีวศึกษา

Design and Quality Assessment of Activity-Based Learning Activities Integrated with Gamification on Percentages to Promote Mathematical Motivation and Connection among Vocational Students

นาฏอนงค์ บัวทอง[1*] พรทิพย์ เดชพิชัย[1] และรัชนิกร ชลไชยะ[1]
Nartanong Buathong[1*] Pornthip Detchpichai[1] and Ratchanikorn Chonchaiya[1]

[1]ภาควิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพมหานคร 10140
[1]Department of Mathematics, Faculty of Science, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok 10140
**Corresponding Author E-mail Address: natanong.bua@kmutt.ac.th*

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัย 3 ชุด ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ แบบวัดแรงจูงใจ และแบบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ สำหรับใช้ในการศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมเป็นฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชัน เรื่องร้อยละ สำหรับนักเรียนชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพปีที่ 3 วิทยาลัยพณิชยการเชตุพน ในระยะถัดไป รายละเอียดเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยทั้ง 3 ส่วน มีดังนี้ แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมเป็นฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชัน จำนวน 5 แผน ครอบคลุมเนื้อหาร้อยละ 10 คาบ คาบละ 60 นาที แบบวัดแรงจูงใจในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ชนิดมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ จำนวน 30 ข้อ และแบบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์แบบแสดงวิธีทำ จำนวน 10 ข้อ ผลการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือพบว่า แผนการจัดการเรียนรู้ได้รับการประเมินความเหมาะสมจากผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน อยู่ในระดับเหมาะสมมากที่สุด ($\bar{x} = 4.74, S.D. = 0.09$) สำหรับแบบวัดแรงจูงใจในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ จำนวน 30 ข้อ ผ่านเกณฑ์ความตรงเชิงเนื้อหา (CVI ≥ 0.78) ครบทุกข้อ คิดเป็นร้อยละ 100 โดยมีค่าดัชนีความตรงเชิงเนื้อหาเฉลี่ยรวม (CVI) เท่ากับ 0.96 ($S.D. = 0.08$) และแบบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์มีข้อที่ผ่านเกณฑ์ทั้งค่าความยากง่าย ($0.20 \le p \le 0.80$) และค่าอำนาจจำแนก ($r \ge 0.20$) จำนวน 6 ข้อ โดยจะคัดเลือกนำไปใช้จริง 5 ข้อ โดยแบบวัดแรงจูงใจในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ มีค่าความเชื่อมั่น Cronbach's alpha เท่ากับ 0.73 (ระดับพอใช้) และแบบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์มีค่าเท่ากับ 0.80 (ระดับดี) ตามลำดับ บ่งชี้ว่าเครื่องมือทั้งหมดมีคุณภาพเพียงพอและพร้อมนำไปใช้เก็บข้อมูลกับกลุ่มตัวอย่างจริงต่อไป

คำสำคัญ: การเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมเป็นฐาน เกมมิฟิเคชัน แรงจูงใจทางคณิตศาสตร์ การเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ อาชีวศึกษา

Abstract

This research aimed to develop and validate three research instruments: lesson plans, a mathematics learning motivation scale, and a mathematics connection ability test, intended for use in a subsequent study examining the effects of activity-based learning combined with gamification on the topic of percentages among Vocational Certificate Level 3 students at Chetupon Commercial College. The details of the three research instruments are as follows. The activity-based learning combined with gamification lesson plans consisted of 5 plans covering the topic of percentages across 10 periods, each lasting 60 minutes. The mathematics learning motivation scale was a 5-level rating scale comprising 30 items. The mathematics connection ability test was a show-your-work format consisting of 10 items. The results of the instrument quality validation were as follows. The lesson plans were evaluated for appropriateness by five experts and were rated at the highest appropriateness level ($\bar{x} = 4.74, S.D. = 0.09$). For the mathematics learning motivation scale, all 30 items met the content validity criterion (CVI ≥ 0.78), representing 100%, with an average Content Validity Index (CVI) of 0.96 ($S.D. = 0.08$). For the mathematics connection ability test, 6 items met the criteria for both difficulty index and discrimination index, from which 5 items will be selected for actual use. The mathematics learning motivation scale yielded a Cronbach's alpha of 0.73 (acceptable), while the mathematics connection ability test yielded 0.80 (good). These results indicate that all instruments are of sufficient quality and are ready to be used for data collection with the actual sample in the next phase.

Keywords: Activity-Based Learning, Gamification, Mathematical Motivation, Mathematical Connection, Vocational Education

บทนำ

วิชาคณิตศาสตร์มีลักษณะเป็นนามธรรมสูง แม้จะมีบทบาทสำคัญต่อการดำเนินชีวิตและการประกอบวิชาชีพ แต่พบว่าผู้เรียนจำนวนมากยังขาดแรงจูงใจในการเรียนรู้วิชานี้ (พรรณภัทร แซ่โท้ว, 2562) ปรากฏการณ์ดังกล่าวเด่นชัดเป็นพิเศษในบริบทอาชีวศึกษา ซึ่งผู้วิจัยพบพฤติกรรมที่สะท้อนถึงการขาดแรงจูงใจในหลายรูปแบบ ได้แก่ การเข้าเรียนล่าช้า การใช้โทรศัพท์เพื่อความบันเทิงระหว่างเรียน และการขออนุญาตออกนอกห้องเรียนบ่อยครั้งโดยไม่มีเหตุผลอันสมควร พฤติกรรมเหล่านี้ส่งผลโดยตรงต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน

นอกเหนือจากปัญหาด้านแรงจูงใจแล้ว ผู้วิจัยยังพบว่าผู้เรียนส่วนใหญ่ขาดความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์กับสถานการณ์จริง ดังที่สะท้อนผ่านคำถามที่ผู้เรียนมักตั้งขึ้นว่า "เรียนคณิตศาสตร์แล้วจะนำไปใช้ทำอะไรได้บ้าง" ซึ่งบ่งชี้อย่างชัดเจนว่าผู้เรียนมีข้อจำกัดด้านทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Connection) ทั้งนี้ การเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์หมายถึงความสามารถของผู้เรียนในการเชื่อมโยงมโนทัศน์และกระบวนการทางคณิตศาสตร์ รวมถึงการนำความรู้ดังกล่าวไปประยุกต์ใช้ในศาสตร์อื่นและในชีวิตประจำวันได้อย่างมีประสิทธิผล (Suprianto and Pujiastuti, 2020; เมธาสิทธิ์ ธัญรัตนศรีสกุล, 2563)

เพื่อยืนยันข้อค้นพบเบื้องต้น ผู้วิจัยได้ดำเนินการสำรวจเพิ่มเติมกับนักเรียนที่เรียนวิชาคณิตศาสตร์ ผลการสำรวจพบว่าผู้เรียนส่วนใหญ่ยังไม่สามารถนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างเต็มศักยภาพ ขณะเดียวกัน ผู้เรียนแสดงความต้องการรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่หลากหลายมากขึ้น โดยเฉพาะกิจกรรมที่บูรณาการเกมและสื่อการเรียนรู้เชิงรุกเข้าไว้ด้วยกัน เพื่อกระตุ้นการมีส่วนร่วมและเสริมสร้างความเข้าใจอย่างลึกซึ้ง

รูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมเป็นฐาน (Activity-Based Learning: ABL) เป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้เชิงรุกที่มุ่งให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมายผ่านการปฏิบัติจริง (วรรณวิสา สุวรรณชัยรบ และคณะ, 2564) และเมื่อบูรณาการร่วมกับเกมมิฟิเคชัน (Gamification) ซึ่งนำกลไกของเกม เช่น เหรียญรางวัล แต้มสะสม กระดานแสดงคะแนน และรางวัลต่าง ๆ มาประยุกต์ใช้ในการเรียนการสอน ก็จะยิ่งช่วยเพิ่มแรงจูงใจและการมีส่วนร่วมของผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ (มนธิรา ชื่นชมพุทธ และคณะ, 2563; สุทธิพร บุญส่ง, 2562)

ในบริบทอาชีวศึกษา ร้อยละถือเป็นทักษะคณิตศาสตร์พื้นฐานที่มีความสำคัญอย่างยิ่ง เนื่องจากผู้เรียนทุกสาขาวิชาชีพต้องนำไปใช้ในการปฏิบัติงานจริง ไม่ว่าจะเป็นสาขาพาณิชยกรรมที่ใช้คำนวณกำไร ส่วนลด และภาษี สาขาช่างอุตสาหกรรมที่ใช้คำนวณค่าความคลาดเคลื่อนและประสิทธิภาพของเครื่องจักร สาขาคหกรรมที่ใช้ปรับสัดส่วนวัตถุดิบและต้นทุนการผลิต สาขาการท่องเที่ยวที่ใช้คิดอัตราการเข้าพักและค่าคอมมิชชัน ตลอดจนสาขาเกษตรกรรมที่ใช้ประเมินผลผลิตและจัดการปัจจัยการผลิต ความเข้าใจเรื่องร้อยละจึงมิใช่เพียงการคำนวณตัวเลข หากแต่เป็นการพัฒนาทักษะการคิดเชิงสัดส่วนและการตัดสินใจบนพื้นฐานของข้อมูล ซึ่งสอดคล้องกับปรัชญาอาชีวศึกษาที่มุ่งผลิตกำลังคนที่พร้อมปฏิบัติงานในตลาดแรงงานอย่างแท้จริง

ด้วยเหตุผลดังที่กล่าวมา ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาการออกแบบและประเมินคุณภาพกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมเป็นฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชัน เรื่องร้อยละ ของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 3 เพื่อส่งเสริมแรงจูงใจและการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน โดยมุ่งหวังให้ผู้เรียนได้พัฒนาศักยภาพของตนเองได้อย่างเต็มที่ทั้งในมิติของทักษะและเจตคติต่อการเรียนรู้คณิตศาสตร์

ประชากรและกลุ่มทดลองนำร่อง ประชากร คือ นักเรียนระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพปีที่ 3 วิทยาลัยพณิชยการเชตุพน แผนกวิชาการตลาด จำนวน 60 คน ทั้งหมด 2 ห้องเรียน กลุ่มทดลองนำร่องที่ใช้ในการวิจัย คือ นักเรียนชั้น ปวช. 3 จำนวน 30 คน ที่กำลังศึกษาอยู่ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2568 ได้มาโดยวิธีสุ่มตัวอย่างแบบกลุ่ม (Cluster sampling) ซึ่งนักเรียนทั้งหมดเป็นกลุ่มคละความสามารถทางการเรียน โดยขนาดของกลุ่มทดลองนำร่องที่ใช้จำนวน 30 คน เป็นไปตามข้อเสนอแนะของ Johanson and Brooks (2010) และเกณฑ์ทั่วไปของการวิเคราะห์คุณภาพรายข้อในขั้นการทดลองนำร่อง (Pilot Testing) ที่กำหนดให้มีกลุ่มตัวอย่างไม่น้อยกว่า 30 คน เพื่อให้สามารถวิเคราะห์ค่าความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนก และค่าความเชื่อมั่นของเครื่องมือได้อย่างเหมาะสม

รูปแบบการวิจัย การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยและพัฒนา (Research and Development) ระยะที่ 1 มุ่งเน้นการพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัย จำนวน 3 ชุด ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ แบบวัดแรงจูงใจในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ และแบบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ เพื่อเตรียมความพร้อมสำหรับการนำไปใช้ในระยะที่ 2 ซึ่งเป็นการศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้กับกลุ่มตัวอย่างจริง โดยในการทดลองนำร่องนี้ ผู้วิจัยได้นำแผนการจัดการเรียนรู้ไปใช้กับกลุ่มทดลองนำร่อง จำนวน 10 คาบ คาบละ 60 นาที ครอบคลุมเนื้อหา ได้แก่ ความหมายร้อยละ การเขียนร้อยละ การหาร้อยละของจำนวน การเพิ่มและลดร้อยละ และส่วนลดและภาษีมูลค่าเพิ่ม (VAT) เพื่อเก็บข้อมูลสำหรับวิเคราะห์คุณภาพเครื่องมือก่อนนำไปใช้จริง

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก ได้แก่ (1) แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมเป็นฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชัน จำนวน 5 แผน โดยบูรณาการกลไกเกมมิฟิเคชัน 5 รูปแบบ ได้แก่ เหรียญรางวัล แต้มสะสม กระดานผู้นำ การแข่งขัน และรางวัล เข้ากับกิจกรรมการแก้ปัญหาในบริบทวิชาชีพ ยกตัวอย่างเช่น แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง ความหมายร้อยละ มีระยะเวลาการสอน 2 ชั่วโมง โดยมุ่งให้ผู้เรียนเข้าใจความหมายของร้อยละ สามารถคำนวณโจทย์ปัญหาได้ และเชื่อมโยงความรู้ไปสู่บริบทชีวิตประจำวัน ซึ่งประกอบด้วย 5 ขั้นตอนหลัก (ปรีญาภรณ์ ผุยแสงพันธ์ และ ปริณ ทนันชัยบุตร, 2567) ดังนี้ เริ่มจาก 1. ขั้นนำ นักเรียนรับฟังคำชี้แจง จุดประสงค์ในการเรียน ครูกระตุ้นความสนใจของผู้เรียนด้วยการตั้งคำถามจากสถานการณ์จริงในชีวิตประจำวัน เช่น การเปรียบเทียบโปรโมชันส่วนลดที่ร้านกาแฟ เพื่อเชื่อมโยงประสบการณ์เดิมของผู้เรียนกับเนื้อหาเรื่องร้อยละ 2. ขั้นศึกษาและอภิปราย จากนั้นครูและผู้เรียนร่วมกันอภิปรายความหมายของร้อยละผ่านตารางร้อยช่อง โดยครูอธิบายให้เห็นว่า 1 ช่องเท่ากับ 1% และ 100 ช่องเท่ากับ 100% เพื่อสร้างมโนทัศน์ที่ถูกต้องให้แก่ผู้เรียน 3.ขั้นกิจกรรม เป็นขั้นตอนการลงมือปฏิบัติผ่านกิจกรรม "ตารางหรรษา" โดยเริ่มจากการปฏิบัติในรูปแบบรายบุคคลก่อน เพื่อให้ผู้เรียนทำความเข้าใจวิธีการและสร้างความมั่นใจในการเรียนรู้ จากนั้นจึงขยายไปสู่การทำงานในรูปแบบกลุ่ม กลุ่มละ 6 คน รวม 5 กลุ่ม โดยใช้การ์ดโจทย์ที่มีความซับซ้อนเพิ่มขึ้นตามลำดับ ในขั้นตอนนี้ได้บูรณาการองค์ประกอบของเกมมิฟิเคชันผ่านระบบเหรียญรางวัล การจับเวลาข้อละ 1 นาที และการแข่งขันระหว่างกลุ่ม เพื่อเสริมสร้างแรงจูงใจในการเรียนรู้ของผู้เรียน 4.ขั้นสะท้อนผล ครูและผู้เรียนร่วมกันสะท้อนผลการทำกิจกรรม โดยให้ผู้เรียนแสดงความคิดเห็นและอธิบายความเข้าใจผ่านแพลตฟอร์ม Padlet ตัวอย่างคำถามที่ปรากฏในแผน เช่น "วันนี้นักเรียนเข้าใจเรื่องร้อยละอย่างไร อธิบาย พร้อมทั้งคำนวณโจทย์ร้อยละ: ในชั้นเรียนมีนักเรียนทั้งหมด 40 คน มีนักเรียนที่ชอบเล่นฟุตบอล 24 คน จงหาว่านักเรียนที่ชอบเล่นฟุตบอลคิดเป็นร้อยละเท่าใด" 5.ขั้นสรุป สรุปแผนการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวใช้คำถามที่ส่งเสริมการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์กับสถานการณ์จริง พร้อมทั้งฝึกคำนวณโจทย์ร้อยละจากสถานการณ์จริง (2) แบบวัดแรงจูงใจในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ มาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) ชนิด 5 ระดับ (บุญชม ศรีสะอาด, 2560) โดยมีเกณฑ์พิจารณาดังนี้ ระดับ 5 มากที่สุด ระดับ 4 มาก ระดับ 3 ปานกลาง ระดับ 2 น้อย ระดับ 1 น้อยที่สุด จำนวน 30 ข้อ แบ่งเป็นแรงจูงใจภายในและแรงจูงใจภายนอก และ (3) แบบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ ผู้วิจัยสร้างขึ้นสำหรับใช้วัดทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ โดยมีลักษณะเป็นข้อสอบอัตนัยที่ให้นักเรียนแสดงแนวคิดและวิธีทำอย่างละเอียด จำนวน 10 ข้อ ข้อละ 2 คะแนน และจากการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา ของผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน ที่ทำการประเมินความสอดคล้องของข้อสอบแต่ละข้อกับเกณฑ์การให้คะแนนที่สร้างขึ้น พบว่าข้อสอบทุกข้อมีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) เท่ากับ 1.00 โดยประเมินจาก จุดประสงค์การเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ กระบวนการจัดการเรียนรู้ สื่อการเรียน และการวัดและประเมินผล

การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ แผนการจัดการเรียนรู้ผ่านการประเมินความเหมาะสมจากผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน ซึ่งเป็นผู้ทรงคุณวุฒิที่มีความเชี่ยวชาญและประสบการณ์ด้านคณิตศาสตร์ศึกษาและการสอนวิชาชีพ ประกอบด้วยอาจารย์ระดับมหาวิทยาลัยที่มีผลงานวิจัยและประสบการณ์การสอนในสาขาที่เกี่ยวข้อง และครูผู้สอนระดับมัธยมศึกษาที่มีความเชี่ยวชาญในการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ซึ่งล้วนเป็นผู้มีคุณวุฒิและประสบการณ์ตรงในสาขาที่ประเมิน โดยตรวจสอบความเหมาะสมใน 5 ด้าน คือ จุดประสงค์การเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ กระบวนการจัดการเรียนรู้ สื่อการเรียน และการวัดและประเมินผล โดยใช้มาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ แบบวัดแรงจูงใจในการเรียนวิเคราะห์คุณภาพรายข้อ โดยหาค่าความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์ที่ต้องการวัด (Content Validity Index: CVI) ส่วนแบบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์วิเคราะห์ค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ด้วยสูตรของ Whitney and Sabers (1970) และหาค่าความเชื่อมั่นด้วยสูตร Cronbach's alpha (α)

การเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล ดำเนินการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้จำนวน 5 แผน ครอบคลุม 10 คาบ จากนั้นวัดแรงจูงใจในการเรียนด้วยแบบวัด 30 ข้อ และวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ด้วยแบบวัดแสดงวิธีทำ 10 ข้อ วิเคราะห์ข้อมูลด้วยค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ร้อยละ ค่าความสอดคล้อง (CVI) ค่าความยากง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) และความเชื่อมั่น (Reliability) ของเครื่องมือวัด

ผลการวิจัย

1. คุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ ผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้โดยผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน พบว่าค่าเฉลี่ยรวมอยู่ที่ 4.74 ($S.D. = 0.09$) ซึ่งอยู่ในระดับเหมาะสมมากที่สุด โดยด้านสาระการเรียนรู้ได้รับการประเมินสูงสุด ($\bar{x} = 4.88, S.D. = 0.12$) รองลงมาคือด้านจุดประสงค์การเรียนรู้ ($\bar{x} = 4.78, S.D. = 0.08$) ด้านกิจกรรมการเรียนรู้ ด้านการใช้เกมมิฟิเคชัน และด้านสื่อการเรียนรู้ ($\bar{x} = 4.72$) และด้านการวัดและประเมินผล ($\bar{x} = 4.65, S.D. = 0.08$) ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้โดยผู้เชี่ยวชาญ

ด้านที่ประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญ 1	ผู้เชี่ยวชาญ 2	ผู้เชี่ยวชาญ 3	ผู้เชี่ยวชาญ 4	ผู้เชี่ยวชาญ 5	$\bar{x}$	SD	ระดับ
1. จุดประสงค์การเรียนรู้	4.80	4.70	4.80	4.70	4.90	4.78	0.08	มากที่สุด
2. สาระการเรียนรู้	4.90	4.80	4.90	4.80	5.00	4.88	0.12	มากที่สุด
3. กิจกรรมเรียนรู้	4.65	4.70	4.75	4.65	4.85	4.72	0.15	มากที่สุด
4. ด้านการใช้เกมมิฟิเคชัน	4.70	4.70	4.70	4.70	4.80	4.72	0.05	มากที่สุด
5. สื่อการเรียนรู้	4.70	4.70	4.70	4.70	4.80	4.72	0.05	มากที่สุด
6. การวัดและประเมินผล	4.60	4.67	4.60	4.73	4.65	4.65	0.08	มากที่สุด
รวม	4.72	4.71	4.74	4.71	4.83	4.74	0.09	มากที่สุด

จากตารางที่ 1 ผู้วิจัยได้นำผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้จากผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่าน มาวิเคราะห์และสังเคราะห์ข้อเสนอแนะเพื่อนำไปปรับปรุงและพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ให้มีคุณภาพยิ่งขึ้น โดยข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญและแนวทางการปรับปรุงมีรายละเอียด ดังนี้

ด้านกิจกรรมการเรียนรู้และสื่อการสอน

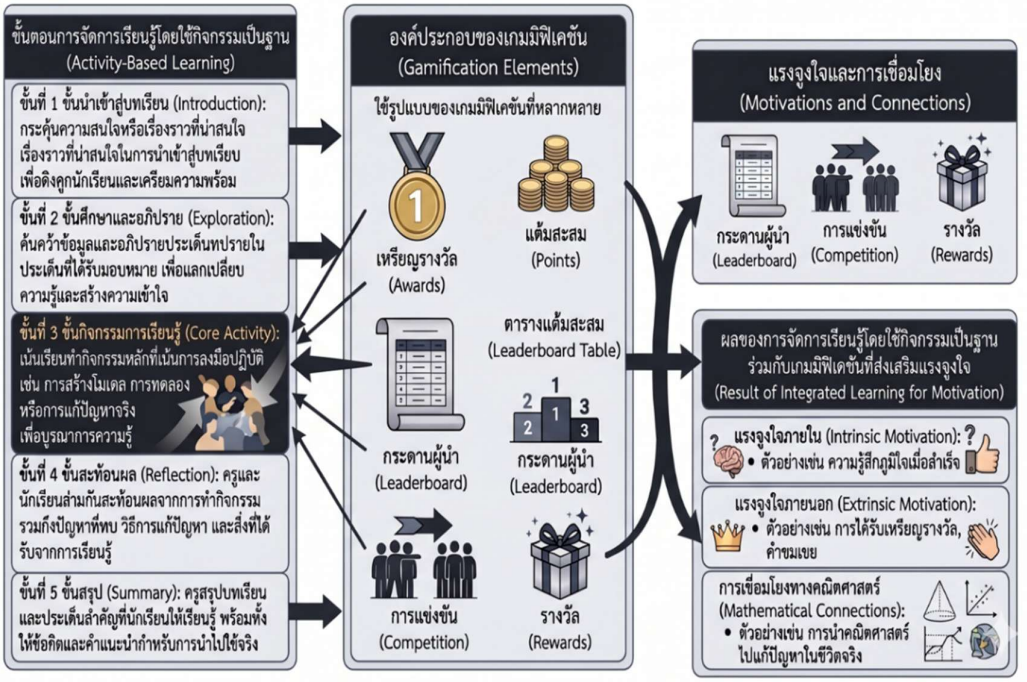
ผู้เชี่ยวชาญได้ให้ข้อเสนอแนะว่า กิจกรรมการเรียนรู้ควรมีความหลากหลายเพื่อกระตุ้นความสนใจและการมีส่วนร่วมของผู้เรียน อย่างไรก็ตาม ควรคำนึงถึงความเหมาะสมของระยะเวลาในการจัดกิจกรรมแต่ละขั้นตอนให้สอดคล้องกับเวลาในการจัดการเรียนการสอนที่กำหนดไว้ นอกจากนี้ การเลือกใช้สื่อการสอนควรมีความเหมาะสมทั้งในแง่ของเนื้อหาและระดับพัฒนาการของผู้เรียน ผู้วิจัยจึงได้ดำเนินการปรับปรุงโดยการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ให้มีรูปแบบที่หลากหลายมากขึ้น พร้อมทั้งคำนวณและจัดสรรเวลาในแต่ละกิจกรรมอย่างเหมาะสม รวมถึงคัดเลือกสื่อการสอนที่มีความเหมาะสมกับวัยและระดับชั้นของผู้เรียน เพื่อให้การจัดการเรียนการสอนเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

ด้านการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมมิฟิเคชัน

ผู้เชี่ยวชาญได้ให้ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับระบบเกมมิฟิเคชันที่ใช้รูปแบบการให้เหรียญสะสมว่า ควรเพิ่มกระดานแสดงคะแนน เพื่อให้ผู้เรียนสามารถติดตามและตรวจสอบแต้มสะสมของตนเองได้อย่างสะดวก อีกทั้งควรปรับรูปแบบการให้คะแนนให้เน้นการประเมินในระดับรายบุคคลมากขึ้น เพื่อส่งเสริมความรับผิดชอบและแรงจูงใจในการเรียนรู้ของผู้เรียนแต่ละคน ผู้วิจัยจึงได้ปรับปรุงระบบเกมมิฟิเคชันโดยเพิ่มกระดานแสดงคะแนนที่ผู้เรียนสามารถเข้าถึงได้ตลอดเวลา พร้อมทั้งออกแบบระบบการให้คะแนนรายบุคคลที่ชัดเจนและโปร่งใส เพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดแรงจูงใจในการพัฒนาตนเองอย่างต่อเนื่อง

ด้านการวัดและประเมินผล

ผู้เชี่ยวชาญได้ให้ข้อเสนอแนะว่า เครื่องมือและวิธีการวัดและประเมินผลควรครอบคลุมและสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ผู้วิจัยกำหนดไว้อย่างครบถ้วน ผู้วิจัยจึงได้ทบทวนและปรับปรุงแนวทางการวัดและประเมินผลให้มีความครอบคลุมในทุกจุดประสงค์การเรียนรู้ โดยออกแบบเครื่องมือการประเมินให้สามารถวัดพฤติกรรมและผลการเรียนรู้ของผู้เรียนได้อย่างตรงประเด็นและสะท้อนถึงความสามารถที่แท้จริงของผู้เรียนตามที่จุดประสงค์การเรียนรู้กำหนดไว้ ผู้วิจัยได้ออกแบบขั้นตอนของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมเป็นฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชันตาม ตามรูปที่ 1



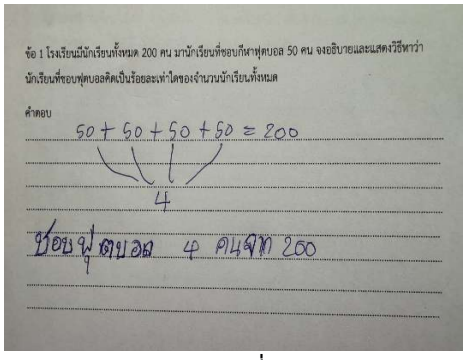
รูปที่ 1 การสังเคราะห์ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมเป็นฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชัน

จากรูปที่ 1 ผู้วิจัยนำเสนอ สะท้อนให้เห็นถึงการบูรณาการการทำงานร่วมกันระหว่างการจัดการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมเป็นฐาน (Activity-Based Learning) และเกมมิฟิเคชัน (Gamification) ในลักษณะที่สนับสนุนและเสริมประสิทธิภาพซึ่งกันและกัน

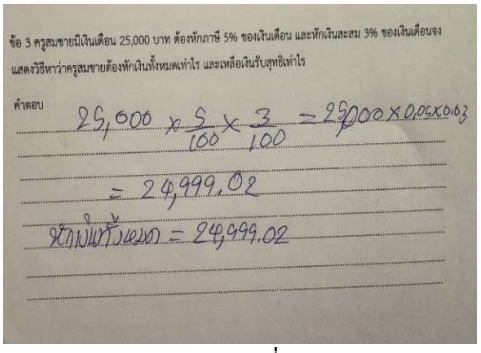
ในด้านของเกมมิฟิเคชัน ทำหน้าที่เป็นกลไกในการเสริมสร้างแรงจูงใจภายนอก (Extrinsic Motivation) ผ่านองค์ประกอบของเกม ได้แก่ เหรียญรางวัล แต้มสะสม กระดานผู้นำ รางวัล และการแข่งขัน ซึ่งองค์ประกอบเหล่านี้ช่วยกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความตื่นตัวและมุ่งมั่นในการเรียนรู้ ในขณะที่การจัดการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมเป็นฐานทำหน้าที่ส่งเสริมแรงจูงใจ

ภายใน (Intrinsic Motivation) ผ่านกระบวนการลงมือปฏิบัติจริง โดยมีการสอดแทรกบริบทและเรื่องราวในชีวิตประจำวันเข้าไปในกิจกรรมการเรียนรู้ที่ออกแบบไว้ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ ทำให้ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์กับประสบการณ์จริงได้อย่างมีความหมาย

จากการบูรณาการแนวทางทั้งสองดังกล่าว แสดงให้เห็นว่าการผสมผสานระหว่างแรงจูงใจภายนอกจากเกมมิฟิเคชันและแรงจูงใจภายในจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริงนั้น ส่งผลเสริมให้ผู้เรียนเกิดความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์ รวมทั้งพัฒนาความคิดรวบยอด (Conceptual Understanding) ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งเป็นรากฐานสำคัญของการเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่ยั่งยืน เพื่อยืนยันว่าแบบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นสามารถแสดงความแตกต่างของระดับความสามารถของผู้เรียนได้จริง ผู้วิจัยได้นำเสนอตัวอย่างคำตอบของนักเรียนจากการทำแบบทดสอบในช่วงทดลองนำร่อง ดังรูปที่ 2 และ 3 ดังนี้



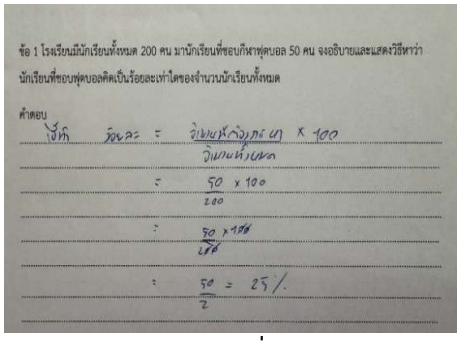
(ก) รูปย่อยที่ 1



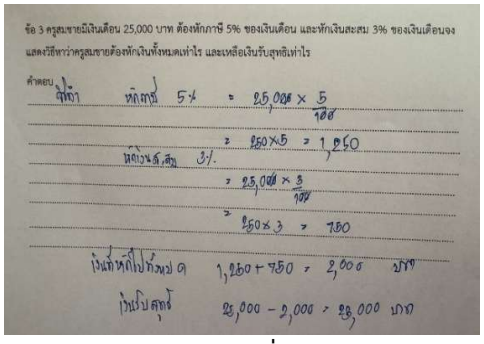
(ข) รูปย่อยที่ 2

รูปที่ 2 แสดงตัวอย่างคำตอบในช่วงต้นของการทดลองนำร่อง

จากรูปที่ 2 ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าผู้เรียนยังขาดความเข้าใจในหลักการคำนวณร้อยละและกระบวนการเชื่อมโยงสู่บริบทจริง



(ก) รูปย่อยที่ 1



(ข) รูปย่อยที่ 2

รูปที่ 3 แสดงตัวอย่างคำตอบในช่วงท้ายของการทดลองนำร่อง

จากรูปที่ 3 ซึ่งผู้เรียนสามารถแสดงกระบวนการคิดและการคำนวณได้อย่างถูกต้องและเป็นระบบ ตัวอย่างคำตอบทั้งสองช่วงนี้เป็นภาพประกอบเชิงคุณภาพ (illustrative example) ที่แสดงให้เห็นว่าแบบวัดสามารถสะท้อนความแตกต่าง

ของระดับความสามารถของผู้เรียนได้ อย่างไรก็ตาม การยืนยันความตรงเชิงโครงสร้าง (Construct Validity) อย่างสมบูรณ์จำเป็นต้องอาศัยการวิเคราะห์เชิงปริมาณกับกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ในระยะถัดไป

2. คุณภาพของแบบวัดแรงจูงใจในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์

การวิเคราะห์ค่าความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity Index: CVI) ในการวิจัยครั้งนี้ใช้สูตรของ Polit and Beck (2006) ซึ่งคำนวณจากสัดส่วนของผู้เชี่ยวชาญที่ให้คะแนนระดับ 3 หรือ 4 ต่อจำนวนผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด (I-CVI) โดยกำหนดเกณฑ์การยอมรับที่ CVI ≥ 0.78 (Lynn, 1986) สำหรับผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ดังแสดงตามตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์คุณภาพรายข้อของแบบวัดแรงจูงใจในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์

ข้อ	รายการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญ 1	ผู้เชี่ยวชาญ 2	ผู้เชี่ยวชาญ 3	ผู้เชี่ยวชาญ 4	ผู้เชี่ยวชาญ 5	รวม	CVI	สรุปผล
1	จัดเตรียมอุปกรณ์การเรียนเพราะอยากมีส่วนร่วมในกิจกรรม	4	4	3	3	4	18	1.00	✓ ผ่าน
2	ฉันตั้งใจจดสิ่งที่ครูสอนเพราะเป็นสิ่งที่มีประโยชน์และน่าสนใจ	4	4	4	4	4	20	1.00	✓ ผ่าน
3	ฉันตั้งใจเรียนเพื่อให้มีความรู้มากขึ้น	4	4	4	4	3	19	1.00	✓ ผ่าน
4	ในชั้นเรียนคณิตศาสตร์ ฉันชอบหัวข้อที่ท้าทายเพื่อให้ฉันได้เรียนรู้สิ่งใหม่ ๆ	4	4	4	4	3	19	1.00	✓ ผ่าน
5	เมื่อมีโอกาส ฉันเลือกทำโจทย์คณิตศาสตร์เก่า ๆ ด้วยตนเอง	4	4	4	4	4	20	1.00	✓ ผ่าน
6	ฉันสนใจเนื้อหาในวิชาคณิตศาสตร์มาก	4	4	4	4	4	20	1.00	✓ ผ่าน
7	ฉันชอบหัวข้อในวิชาคณิตศาสตร์	4	3	4	2	4	18	0.80	✓ ผ่าน
8	การเข้าใจหัวข้อในวิชาคณิตศาสตร์เป็นสิ่งสำคัญมากสำหรับฉัน	4	3	4	4	4	20	1.00	✓ ผ่าน
9	ฉันยินดีที่จะเข้าร่วมชั้นเรียนคณิตศาสตร์เพราะมันท้าทาย	4	4	4	4	4	20	1.00	✓ ผ่าน
10	ฉันต้องการเรียนรู้คณิตศาสตร์เพื่อที่ฉันจะสามารถสอนเพื่อนและน้องๆ ได้	4	4	4	4	4	20	1.00	✓ ผ่าน
11	ฉันคาดหวังว่าจะทำได้ดีในวิชาคณิตศาสตร์	4	4	4	2	3	17	0.80	✓ ผ่าน

ข้อ	รายการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญ 1	ผู้เชี่ยวชาญ 2	ผู้เชี่ยวชาญ 3	ผู้เชี่ยวชาญ 4	ผู้เชี่ยวชาญ 5	รวม	CVI	สรุปผล
12	ฉันคิดว่าการเรียนคณิตศาสตร์สำคัญเพียงพอต่อการนำไปใช้ในอนาคต	4	4	4	3	4	19	1.00	✓ ผ่าน
13	เข้าเรียนตรงเวลา	4	4	3	4	3	18	1.00	✓ ผ่าน
14	ฉันตั้งใจตอบคำถามในชั้นเรียนเพื่อให้ครูจดจำฉันได้	4	4	3	4	3	18	1.00	✓ ผ่าน
15	ฉันตั้งใจทำงานหรือการบ้านที่ได้รับมอบหมายเพื่อให้ได้รับคะแนนเพิ่ม	4	4	3	4	4	19	1.00	✓ ผ่าน
16	ฉันตั้งใจทำกิจกรรมและมีส่วนร่วมในชั้นเรียนเพื่อให้เพื่อนยอมรับในตัวฉัน	4	4	3	4	4	19	1.00	✓ ผ่าน
17	ฉันตั้งใจเรียนเพื่อให้ได้รับคำชมเชยจากครู	4	4	3	4	4	19	1.00	✓ ผ่าน
18	เมื่อตอบคำถามไม่ได้ ฉันกังวลว่าจะถูกครูตำหนิ	4	4	3	4	4	19	1.00	✓ ผ่าน
19	ฉันไม่กล้าตอบคำถาม เพราะกลัวว่าหากตอบผิดแล้วจะอายเพื่อน	4	4	3	4	3	18	1.00	✓ ผ่าน
20	การได้คะแนนดีในวิชาคณิตศาสตร์เป็นสิ่งที่ทำให้ฉันพอใจที่สุดในตอนนี้	4	4	3	4	3	18	1.00	✓ ผ่าน
21	ถ้าฉันทำได้ ฉันอยากได้คะแนนดีกว่าเพื่อนในชั้นเรียนนี้	4	4	3	3	4	18	1.00	✓ ผ่าน
22	ฉันชอบเรียนคณิตศาสตร์เพราะรู้ว่ามันเป็นวิชาบังคับสำหรับการเข้าศึกษาต่อในระดับสูง	4	4	4	4	4	20	1.00	✓ ผ่าน
23	ฉันอยากได้คะแนนดีในวิชาคณิตศาสตร์เพื่อไม่ให้พ่อแม่และครูผิดหวัง	4	4	4	4	4	20	1.00	✓ ผ่าน
24	ฉันสามารถทำได้ดีในวิชาคณิตศาสตร์ถ้าพ่อแม่และครูให้รางวัล	4	4	4	4	4	20	1.00	✓ ผ่าน

ข้อ	รายการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญ 1	ผู้เชี่ยวชาญ 2	ผู้เชี่ยวชาญ 3	ผู้เชี่ยวชาญ 4	ผู้เชี่ยวชาญ 5	รวม	CVI	สรุปผล
25	ฉันอยากทำได้ดีเพราะมันสำคัญต่อการแสดงความสามารถให้ครอบครัว เพื่อน หรือคนอื่นเห็น	4	4	4	2	3	17	0.80	✓ ผ่าน
26	ฉันไม่ชอบทำการบ้านด้วยตนเอง	4	3	3	1	4	16	0.80	✓ ผ่าน
27	รู้สึกเติมเต็มที่สุดเมื่อได้คะแนนดีในการสอบ	4	4	3	4	4	19	1.00	✓ ผ่าน
28	ไม่ได้ทบทวนบทเรียนก่อนมาเรียน	4	3	3	2	4	17	0.80	✓ ผ่าน
29	ไม่กล้าถามครูหรือเพื่อนเมื่อไม่เข้าใจบทเรียน	4	4	4	1	4	17	0.80	✓ ผ่าน
30	รู้สึกเครียดเมื่อครูวิพากษ์งานของฉัน	4	4	4	3	4	19	1.00	✓ ผ่าน
ค่าเฉลี่ย CVI (Mean)								0.96	
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)								0.08	
Cronbach's alpha เท่ากับ 0.73 อยู่ในระดับ พอใช้									

จากตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ค่า CVI พบว่า แบบสอบถามทั้ง 30 ข้อ มีค่า CVI อยู่ในช่วง 0.80 ถึง 1.00 โดยมีค่าเฉลี่ย CVI เท่ากับ 0.96 ($S.D. = 0.08$) ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ที่ 0.78 ทุกข้อ จากการพิจารณารายข้อ พบว่ามีข้อคำถามที่ได้รับ ค่า CVI เต็ม 1.00 จำนวน 24 ข้อ ได้แก่ ข้อ 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 27 และ 30 แสดงให้เห็นว่าผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่าน มีความคิดเห็นตรงกันอย่างชัดเจนว่าข้อคำถามเหล่านั้นมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์แบบวัดแรงจูงใจในการเรียนคณิตศาสตร์ แสดงให้เห็นว่าแบบสอบถามมีความสอดคล้อง เชิงเนื้อหาและสามารถวัดแรงจูงใจในการเรียนของผู้เรียนได้อย่างถูกต้องตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ และได้ค่าความเชื่อมั่น Cronbach's alpha เท่ากับ 0.73 อยู่ในระดับพอใช้ จึงสามารถนำข้อคำถามทั้งหมดไปใช้ในการเก็บข้อมูลจริงได้

3. คุณภาพของแบบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์

การวิเคราะห์คุณภาพรายข้อของแบบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ (10 ข้อ) วิเคราะห์ด้วยสูตรของ Whitney and Sabers (1970) พบว่ามีข้อที่ผ่านเกณฑ์ทั้งค่าความยากง่าย ($0.20 \le p \le 0.80$) และค่าอำนาจจำแนก ($r \ge 0.20$) จำนวน 6 ข้อ ได้แก่ ข้อ 1, 3, 5, 7, 8 และ 10 ได้ค่าความเชื่อมั่น Cronbach's alpha เท่ากับ 0.80 อยู่ในระดับดี ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์คุณภาพรายข้อของแบบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์

ข้อที่	SH	SL	r	แปลผล r	p	แปลผล p	สถานะ
1*	16	8	1.00	จำแนกได้	0.50	ปานกลาง	✓ ผ่าน
2	16	15	0.12	จำแนกไม่ได้	0.93	ง่ายมาก	✗ ไม่ผ่าน
3*	16	8	1.00	จำแนกได้	0.50	ปานกลาง	✓ ผ่าน
4	16	15	0.12	จำแนกไม่ได้	0.93	ง่ายมาก	✗ ไม่ผ่าน
5*	16	8	1.00	จำแนกได้	0.50	ปานกลาง	✓ ผ่าน
6	16	13	0.37	จำแนกได้	0.81	ง่ายมาก	✗ ไม่ผ่าน
7*	16	8	1.00	จำแนกได้	0.50	ปานกลาง	✓ ผ่าน
8*	16	9	0.87	จำแนกได้	0.56	ปานกลาง	✓ ผ่าน
9	16	13	0.37	จำแนกได้	0.81	ง่ายมาก	✗ ไม่ผ่าน
10*	16	8	1.00	จำแนกได้	0.50	ปานกลาง	✓ ผ่าน
Cronbach's alpha (α) ทั้งฉบับ						0.80 (ระดับดี)	

หมายเหตุ: * ข้อที่ผ่านเกณฑ์คุณภาพ ($r \geq 0.20$ และ $0.20 \leq p \leq 0.80$); SH = คะแนนรวมของกลุ่มสูง (Upper 27%); SL = คะแนนรวมของกลุ่มต่ำ (Lower 27%) $n = 30$

จากตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์คุณภาพรายข้อของแบบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์มีข้อที่ผ่านเกณฑ์คุณภาพ โดยมีค่าอำนาจจำแนก r = 1.00 ที่ปรากฏในข้อ 1, 3, 5, 7 ,8 และ 10 มีความถูกต้องตามสูตรของ Whitney and Sabers (1970) ซึ่งเป็นผลมาจากการที่นักเรียนกลุ่มสูง (Upper 27%) ทำได้คะแนนเต็มแทบทุกข้อ ขณะที่นักเรียนกลุ่มต่ำ (Lower 27%) ทำคะแนนได้น้อยมากหรือไม่ได้เลย ลักษณะดังกล่าวสะท้อนว่าข้อสอบสามารถแยกแยะความสามารถระหว่างสองกลุ่มได้อย่างสมบูรณ์ อย่างไรก็ตาม ค่าดังกล่าวอาจเกิดจากขนาดกลุ่มทดลองนำร่องที่มีจำนวนน้อย ($n = 30$) ทำให้แต่ละกลุ่มมีเพียง 8 คน ซึ่งอาจทำให้ค่าอำนาจจำแนกสูงกว่าที่ควรเป็นในกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่กว่า

ทั้งนี้ ค่าอำนาจจำแนกและค่าความยากง่ายที่ปรากฏซ้ำกันในหลายข้อ (เช่น r = 1.00 และ p = 0.50) สะท้อนว่านักเรียนกลุ่มสูงทำได้คะแนนเต็มแทบทุกข้อ ขณะที่กลุ่มต่ำทำไม่ได้เลย ซึ่งเป็นลักษณะ all-or-nothing ของข้อมูลในกลุ่มทดลองนำร่อง เมื่อประกอบกับขนาดกลุ่มที่จำกัด (กลุ่มสูงและกลุ่มต่ำมีสมาชิกเพียงกลุ่มละ 8 คน) จึงทำให้ค่าที่คำนวณได้มีลักษณะไม่ต่อเนื่อง (discrete) และมีแนวโน้มสูงเกินกว่าที่ควรเป็นในกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ ดังนั้นค่าอำนาจจำแนกดังกล่าวจึงควรได้รับการตีความในเชิงคัดกรองเบื้องต้น (preliminary screening) มากกว่าการประมาณค่าอำนาจจำแนกที่แท้จริง และจะมีความเสถียรมากขึ้นเมื่อทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างขนาด 60 คนในระยะถัดไป

4. รูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมเป็นฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชัน

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แต่ละคาบมี 5 ขั้นตอนหลัก ได้แก่ (1) ขั้นนำ (Introduction) ครูกระตุ้นนักเรียนด้วยการตั้งคำถามที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง เช่น คาบที่ 1 ถามเรื่องโปรโมชั่นส่วนลดร้านกาแฟ เพื่อเปิดโอกาสให้นักเรียน แสดงความคิดเห็น (2) ขั้นศึกษาและอภิปราย (Study and Discuss) ครูสอนเนื้อหาและใช้การถาม-ตอบ นักเรียนที่ตอบถูกได้รับแต้ม

สะสม (3) ขั้นกิจกรรม (Activity) นักเรียนจับกลุ่ม 5-6 คน ทำกิจกรรมที่หลากหลาย เช่น "ตารางหรรษา" (คาบ 1) และ "นักสำรวจร้อยละ" (คาบ 2) โดยมีกลไกเกมมิฟิเคชันกำกับ (4) ขั้นสะท้อนผล (Reflect) ครูสรุปคะแนน แจ้งผลกลุ่มที่ได้รางวัล และใช้คำถามโยงสู่ชีวิตจริง และ (5) ขั้นสรุปและประเมินผล (Evaluation) ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปและทบทวนผ่านใบงานเพิ่มเติม

การอภิปรายผล

ผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้โดยผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่านอยู่ในระดับเหมาะสมมากที่สุด ($\bar{x} = 4.74, S.D. = 0.09$) สะท้อนให้เห็นว่าการบูรณาการกิจกรรมเป็นฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชันมีความสอดคล้องระหว่างจุดประสงค์ เนื้อหา กระบวนการ และการประเมินผล ตามหลักการ Constructive Alignment (Biggs, J. B. ,1996) โดยเฉพาะด้านสาระการเรียนรู้ที่ได้คะแนนสูงสุด ($\bar{x} = 4.88$) สะท้อนว่าการนำเนื้อหาร้อยละมาเชื่อมกับบริบทพาณิชยกรรม เช่น ส่วนลด VAT และราคาสินค้า มีความเหมาะสมสูงสำหรับผู้เรียน ปวช. สาขาการตลาด ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิด Realistic Mathematics Education ที่มุ่งให้คณิตศาสตร์มีความหมายในบริบทจริงของผู้เรียน (Freudenthal, H. ,1991)

รูปแบบกิจกรรม 5 ขั้นที่พัฒนาขึ้นได้รับการออกแบบโดยมีฐานแนวคิดเรื่องการผสานแรงจูงใจสองมิติ กล่าวคือ กลไกเกมมิฟิเคชัน (เหรียญรางวัล แต้มสะสม และกระดานผู้นำ) ถูกวางบทบาทให้เป็นแรงกระตุ้นภายนอกเพื่อดึงดูดความสนใจในระยะแรก ขณะที่กิจกรรมสถานการณ์จำลองเชิงวิชาชีพ เช่น "นักสำรวจร้อยละ" และ "VAT Hunter" ออกแบบโดยคาดหวังให้ผู้เรียนเปลี่ยนผ่านไปสู่แรงจูงใจภายในผ่านความรู้สึกประสบความสำเร็จ การออกแบบนี้อาศัยกรอบ Self-Determination Theory (Deci and Ryan, 1985) เป็นฐานในการสร้างกิจกรรม โดยคาดว่ากระบวนการ internalization จะเกิดขึ้นเมื่อผู้เรียนรับรู้ถึงสมรรถนะและความเชื่อมโยงระหว่างบทเรียนกับสายอาชีพ ทั้งนี้ผลการประเมินในระยะที่ 1 ยืนยันได้เพียงว่าแผนและเครื่องมือมีความเหมาะสมเชิงเนื้อหาเท่านั้น ส่วนสมมติฐานเรื่องการเปลี่ยนผ่านของแรงจูงใจจะได้รับการทดสอบเชิงประจักษ์กับกลุ่มตัวอย่างจริงในระยะที่ 2

คุณภาพของเครื่องมือวัดทั้งสองฉบับอยู่ในระดับพอใช้ และระดับดี (Cronbach's alpha = 0.73 และ 0.80) ตามเกณฑ์ของ George and Mallery (2003) อย่างไรก็ตาม ผลการวิเคราะห์รายข้อของแบบวัดแรงจูงใจพบว่า แบบวัดแรงจูงใจในการเรียนคณิตศาสตร์ จำนวน 30 ข้อ ผ่านการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาครบทุกข้อ คิดเป็นร้อยละ 100 โดยมีค่า CVI เฉลี่ยรวมเท่ากับ 0.96 ($S.D. = 0.08$) แสดงให้เห็นว่าแบบสอบถามมีความสอดคล้อง เชิงเนื้อหาและสามารถวัดแรงจูงใจในการเรียนของผู้เรียนได้อย่างถูกต้องตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ ส่วนผลการวิเคราะห์รายข้อของแบบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ พบว่ามีข้อสอบ 4 ข้อ (ข้อ 2, 4, 6 และ 9) ที่มีระดับความยากง่ายอยู่ในเกณฑ์ง่ายเกินไป ($p > 0.80$) ซึ่งสะท้อนปรากฏการณ์ Ceiling Effect ทั้งนี้อาจเป็นเพราะข้อสอบดังกล่าวเน้นการวัดในระดับความรู้ความจำเป็นหลัก ยังไม่ได้ท้าทายทักษะการเชื่อมโยงในระดับที่สูงขึ้น การปรับปรุงในรอบถัดไปจึงควรเพิ่มระดับความท้าทายตามหลักการ Flow State (Csikszentmihalyi, 1990) โดยนำสถานการณ์ธุรกิจที่ซับซ้อน เช่น การวิเคราะห์แนวโน้มกำไรขาดทุน หรือการวางแผนการเงินเชิงธุรกิจมาเป็นโจทย์ เพื่อยกระดับทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ไปสู่ขั้นที่สูงขึ้น (Suprianto & Pujiastuti, 2020)

อนึ่ง การวิจัยครั้งนี้มีข้อจำกัดที่ควรระบุไว้เพื่อความครบถ้วนของการตีความผล ประการแรก จำนวนผู้เชี่ยวชาญที่ใช้ในการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (5 ท่าน) แม้จะเป็นไปตามเกณฑ์ขั้นต่ำของ Lynn (1986) แต่การเพิ่มจำนวนเป็น 10 ท่านในการวิจัยระยะถัดไปจะช่วยเพิ่มความน่าเชื่อถือของค่า CVI ได้มากยิ่งขึ้น ประการที่สอง ขนาดกลุ่มทดลองนำร่อง

(n = 30) ซึ่งส่งผลให้กลุ่มสูงและกลุ่มต่ำในการวิเคราะห์ค่าอำนาจจำแนกมีสมาชิกเพียงกลุ่มละประมาณ 8 คน (Upper/Lower 27%) ทำให้ค่าอำนาจจำแนกที่คำนวณได้บางข้อสูงถึง r = 1.00 ซึ่งควรตีความด้วยความระมัดระวัง และจะมีความน่าเชื่อถือมากขึ้นเมื่อนำไปทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างจริงขนาด 60 คนในขั้นต่อไป ประการสุดท้าย การทดลองนำร่องดำเนินการในห้องเรียนเดียว จึงยังไม่สามารถสรุปผลในเชิง generalization ไปสู่บริบทอาชีวศึกษาอื่นได้

โดยสรุป งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าการบูรณาการกิจกรรมเป็นฐานและเกมมิฟิเคชันในบริบทอาชีวศึกษา ไม่เพียงแต่ช่วยพัฒนาผลสัมฤทธิ์ในเชิงตัวเลขเท่านั้น แต่ยังเป็นเครื่องมือสำคัญในการสร้างทัศนคติเชิงบวกและทักษะการประยุกต์ใช้ความรู้ ซึ่งรูปแบบกิจกรรม 5 ขั้นที่พัฒนาขึ้นนี้สามารถใช้เป็นต้นแบบที่มีคุณภาพสำหรับการพัฒนาการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ในหัวข้ออื่น ๆ ของหลักสูตรอาชีวศึกษาเพื่อความยั่งยืนทางการศึกษาต่อไป

บทสรุป

การวิจัยครั้งนี้ได้พัฒนาเครื่องมือวิจัยสำหรับการศึกษาผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมเป็นฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชัน เพื่อส่งเสริมแรงจูงใจและความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ร้อยละ ของนักเรียนชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพปีที่ 3 ผลการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือพบว่า แผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมในระดับมาก ($\bar{x} = 4.74, S.D. = 0.09$) แบบวัดแรงจูงใจในการเรียน 30 ข้อ ที่ผ่านเกณฑ์มีความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) ครบทุกข้อ และแบบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ผ่านเกณฑ์ 6 ข้อ โดยจะคัดเลือกนำไปใช้จริง 5 ข้อ ซึ่งมีค่าความเชื่อมั่น 0.73 อยู่ในระดับพอใช้ และ 0.80 อยู่ในระดับดี ถือว่าเครื่องมือทั้งหมดมีคุณภาพเพียงพอสำหรับการนำไปใช้วิจัยกับกลุ่มตัวอย่างจริง

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้ คือ การจัดสรรเวลาในการเรียนรู้ เนื่องจากการเรียนการสอนในรูปแบบนี้มีความซับซ้อน ครูผู้สอนควรจัดสรรเวลาให้เพียงพอในแต่ละขั้นตอนของกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อให้นักเรียนสามารถเข้าใจและดำเนินการตามขั้นตอนได้อย่างถูกต้อง การละเลยหรือเร่งรีบอาจทำให้นักเรียนไม่สามารถดำเนินกิจกรรมต่อไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ รวมทั้งรูปแบบกิจกรรม 5 ขั้นตอนนี้สามารถนำไปใช้เป็นต้นแบบในการพัฒนาการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ในหัวข้ออื่น ๆ ของหลักสูตรอาชีวศึกษาได้ เพื่อสร้างทัศนคติเชิงบวกและพัฒนาสมรรถนะที่พร้อมสำหรับการปฏิบัติงานจริง

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยต่อไป คือ สำหรับการวิจัยในระยะต่อไป ควรนำแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมเป็นฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชันไปทดลองใช้จริงกับนักเรียนกลุ่มตัวอย่างขนาด 60 คน เพื่อทดสอบสมมติฐานการวิจัยทั้งด้านแรงจูงใจในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์และความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ตามเกณฑ์ที่กำหนด นอกจากนี้ควรปรับปรุงข้อสอบที่ไม่ผ่านเกณฑ์คุณภาพให้มีระดับความท้าทายที่เหมาะสมยิ่งขึ้น โดยลดการวัดในระดับความรู้ความจำ และหันมาใช้สถานการณ์ทางธุรกิจที่มีความซับซ้อน เช่น การวิเคราะห์กำไรขาดทุนหรือการวางแผนการเงินเชิงธุรกิจ เพื่อยกระดับทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียน และเพื่อให้แบบวัดมีความตรงเชิงบริบท (Contextual Validity) สอดคล้องกับพื้นฐานและบริบทของผู้เรียนสายอาชีวศึกษาอย่างแท้จริง

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยความร่วมมือและการสนับสนุนจาก หลายฝ่าย ผู้จัดทำขอแสดงความขอบคุณอย่างจริงใจสำหรับความช่วยเหลือ ความเอาใจใส่ และการให้คำปรึกษาอย่างดียิ่งจากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปกรณ์ สุปินานนท์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นันทพร ชื่นสุพันธรัตน์ ครูปริยทิพย์ บุญคง ครูชญานิศ รุ่งเรือง ครูสุพรรณี ชูรักษ์ ผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่านที่กรุณาตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัย และนักเรียนกลุ่มทดลองนำร่องทุกท่านที่ให้ความร่วมมือในการเก็บข้อมูล รวมถึงขอบคุณวิทยาลัยพณิชยการเชตุพนที่อนุเคราะห์สถานที่และอำนวยความสะดวกในการดำเนินการวิจัย ขอขอบคุณ คณาจารย์ภาควิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรีทุกท่าน ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทความรู้และประสบการณ์ที่มีให้แก่ผู้จัดทำจนสามารถนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อนักเรียนและวงการการศึกษา นอกจากนี้คณะผู้จัดทำขอขอบคุณครอบครัวและเพื่อนร่วมชั้นเรียนทุกท่านที่ให้กำลังใจ สนับสนุนและช่วยเหลือในทุกขั้นตอนของการทำงาน สุดท้ายนี้ คณะผู้จัดทำหวังว่างานวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ในบริบทอาชีวศึกษา และสามารถนำไปประยุกต์ใช้เพื่อส่งเสริมแรงจูงใจและความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนต่อไป

งานวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของวิทยานิพนธ์หลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาคณิตศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ปีการศึกษา 2568

เอกสารอ้างอิง

บุญชม ศรีสะอาด. (2560). การวิจัยเบื้องต้น (พิมพ์ครั้งที่ 10 ฉบับปรับปรุงใหม่). กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.

ปรีญาภรณ์ ผุยแสงพันธ์ และ ปริณ ทนันชัยบุตร. (2567). การพัฒนาความสามารถด้านการฟังและการพูดภาษาจีนของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบเน้นกิจกรรมเป็นฐาน (Activity-Based Learning) ร่วมกับเทคนิคห้องเรียนกลับด้าน (Flipped Classroom). วารสารมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม. 14(1): 323–335.

พรรณภัทร แซ่โท้ว. (2562). ปัจจัยที่มีผลต่อการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักศึกษาวิทยาลัยดุสิตธานี พัทยา. วารสารวิทยาลัยดุสิตธานี. 13(2): 294–306.

เมธาสิทธิ์ ธัญรัตนศรีสกุล. (2563). ทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ในการเรียนรู้มูลนิธิของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา. วารสารคณิตศาสตร์ศึกษา. 12(3): 45–60.

มนธิรา ชื่นชมพุทธ, วรรณวิสา สุวรรณชัยรบ, และคณะ. (2563). ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมเป็นฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชันต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการสื่อสาร. วารสารครุศาสตร์. 15(2): 78–92.

วรรณวิสา สุวรรณชัยรบ และคณะ. (2564). ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมเป็นฐานร่วมกับกลวิธีเชิงอภิปัญญาที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เรื่อง ความน่าจะเป็น. วารสารมหาจุฬานาครทรรศน์.

สุทธิพร บุญส่ง. (2562). การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนแบบเกมมิฟิเคชันเพื่อส่งเสริมแรงจูงใจในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์. วารสารศึกษาศาสตร์. 24(1): 112–125.

Biggs, J. B. (1996). Enhancing teaching through constructive alignment. Higher Education. 32(3): 347–364.

Csikszentmihalyi, M. (1990). Flow: The Psychology of Optimal Experience. New York: Harper & Row.

Deci, E. L., & Ryan, R. M. (1985). Intrinsic Motivation and Self-Determination in Human Behavior. New York: Plenum Press.

Freudenthal, H. (1991). Revisiting Mathematics Education: China Lectures. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

George, D., & Mallery, P. (2003). SPSS for Windows Step by Step: A Simple Guide and Reference 11.0 Update (4th ed.). Boston: Allyn & Bacon.

Johanson, G. A., & Brooks, G. P. (2010). Initial scale development: Sample size for pilot studies. Educational and Psychological Measurement. 70(3): 394–400.

Lynn, M. R. (1986). Determination and quantification of content validity. Nursing Research. 35(6): 382–386.

Polit, D. F., & Beck, C. T. (2006). The content validity index: Are you sure you know what's being reported? Critique and recommendations. Research in Nursing & Health. 29(5): 489–497.

Suprianto, & Pujiastuti, H. (2020). Mathematical connection ability of vocational students. Journal of Physics: Conference Series. 1521, 032019.

Whitney, D. R., & Sabers, D. L. (1970). Improving essay examinations III: Use of item analysis. Technical Bulletin No. 12. University of Iowa.

การส่งเสริมความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง เส้นขนาน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยใช้การจัดการเรียนรู้เชิงรุก

Enhancing Mathematical Communication Ability and Mathematics Learning Achievement on Parallel Lines of Matthayom Suksa 2 Students by Using Active Learning

วรรธยา วงษ์เปลียว[1*] และวราภรณ์ จาตนิล[1]
Wantaya Wongplieo[1*] and Waraporn Chatanin[1]

[1]*คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพมหานคร*
[1]*Department of Mathematics, Faculty of Science, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok 10140*
[*]*Corresponding Author E-mail Address : Wantaya8867@gmail.com*

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา ความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง เส้นขนาน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้เชิงรุก กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2/2 โรงเรียนสุวรรณารามวิทยาคม ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2568 จำนวน 34 คน ซึ่งได้มาจากการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Sampling) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้เชิงรุก จำนวน 5 แผน แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ เรื่อง เส้นขนาน สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบค่าที ผลการวิจัยพบว่า 1) ความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังเรียนมีคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 67.41 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 65 ที่กำหนดไว้ แต่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และ 2) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังเรียนมีคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 75.29 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 65 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

คำสำคัญ: การจัดการเรียนรู้เชิงรุก, ความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์, ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์, เส้นขนาน

Abstract

The purposes of this research were to study mathematical communication ability and mathematical learning achievement on the topic of Parallel Lines of Matthayom Suksa 2 students after receiving active learning management. The sample consisted of 34 Matthayom Suksa 2 students at Suwannaram Wittayakom School in the second semester of the 2025 academic year, selected through cluster sampling. The research instruments included 5 active learning lesson plans, a mathematical learning achievement and mathematical communication ability test on Parallel Lines. Data were analyzed using

mean, standard deviation, and one-sample t-test. The results showed that: 1) the students' mathematical communication ability had a mean score of 67.41 percent, which was higher than the criterion of 65 percent; however, it was not significantly different from the criterion, and 2) the students' learning achievement had a mean score of 75.29 percent, which was significantly higher than the 65 percent criterion at the .05 level of significance

Keywords: Active Learning, Mathematical Communication Ability, Mathematical Learning Achievement, Parallel Lines

บทนำ

ในโลกยุคศตวรรษที่ 21 ที่ขับเคลื่อนด้วยฐานข้อมูลและเทคโนโลยี ความสามารถในการคิดอย่างเป็นระบบ การแก้ปัญหาและการสื่อสารนับเป็นทักษะสำคัญในการดำรงชีวิตและการทำงานในอนาคต (Partnership for 21st Century Learning, 2019; OECD, 2022) คณิตศาสตร์ถือเป็นรากฐานสำคัญในการพัฒนาศักยภาพของมนุษย์ให้มีความคิดที่เป็นระบบ มีเหตุผล และสามารถตัดสินใจภายใต้สถานการณ์ที่ซับซ้อนได้อย่างมีวิจารณญาณ มีบทบาทสำคัญไม่เพียงในฐานะเครื่องมือในการคิดวิเคราะห์แต่ยังเป็นภาษาสากลที่ใช้ในการสื่อสารแนวคิดเชิงนามธรรม ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) จึงได้กำหนดให้การจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์มุ่งเน้นการส่งเสริมทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่จำเป็น โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ความสามารถในการสื่อสารและสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นกระบวนการสำคัญในการถ่ายทอดความคิด อธิบายเหตุผล และใช้สัญลักษณ์เพื่อสื่อความหมายอย่างเป็นระบบ (National Council of Teachers of Mathematics [NCTM], 2000) อันนำไปสู่การพัฒนาความเข้าใจเชิงมโนทัศน์ (Conceptual Understanding) ของผู้เรียน (National Research Council, 2001) อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาจากรายงานผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O-NET) ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ปีการศึกษา 2567 พบว่าวิชาคณิตศาสตร์มีคะแนนเฉลี่ยเพียง 22.50 คะแนน ซึ่งเป็นระดับที่ต่ำกว่าคะแนนเฉลี่ยของวิชาหลักอื่นๆ อย่างเห็นได้ชัด สอดคล้องกับข้อมูลสารสนเทศกลุ่มบริหารวิชาการ ปีการศึกษา 2567 ของโรงเรียนสุวรรณารามวิทยาคม ที่ระบุว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์มีสัดส่วนนักเรียนที่ได้ระดับผลการเรียน 3 ขึ้นไปเพียงร้อยละ 42.96 ซึ่งนับเป็นตัวเลขที่ต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับกลุ่มสาระการเรียนรู้ภาษาไทย (ร้อยละ 59.54) และวิทยาศาสตร์ (ร้อยละ 62.86) ข้อมูลเชิงประจักษ์เหล่านี้แสดงให้เห็นว่านักเรียนส่วนใหญ่ยังประสบปัญหาเกี่ยวกับการทำความเข้าใจเนื้อหาและแนวคิดทางคณิตศาสตร์ รวมถึงการนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งส่วนหนึ่งเกิดจากข้อจำกัดด้านความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ ส่งผลให้ไม่สามารถอธิบายเหตุผลหรือถ่ายทอดความคิดได้อย่างเป็นระบบ และเมื่อผู้เรียนไม่สามารถสื่อสารความคิดของตนได้อย่างชัดเจน ย่อมส่งผลต่อกระบวนการคิดวิเคราะห์และส่งผลกระทบโดยตรงต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในวิชาคณิตศาสตร์

จากการปฏิบัติหน้าที่สอนในรายวิชาคณิตศาสตร์พื้นฐาน ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ผู้วิจัยพบว่าเนื้อหาเรื่อง เส้นขนาน ต้องอาศัยการเชื่อมโยงระหว่างภาพลักษณ์ทางเรขาคณิตกับการแสดงวิธีทำด้วยภาษาสัญลักษณ์ทางพีชคณิต ปัญหาที่พบเป็นประจำคือ นักเรียนมีความเข้าใจในสมบัติของรูปเรขาคณิตแต่ไม่สามารถถ่ายทอดกระบวนการความคิดออกมาเป็นลำดับขั้นตอนการเขียนที่ถูกต้องได้ นักเรียนจำนวนมากมีแนวโน้มมุ่งหาคำตอบสุดท้ายโดยละเลยการใช้และการระบุสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ที่สำคัญ เช่น สัญลักษณ์มุม หรือชื่อเส้นตรง รวมถึงพฤติกรรมการเขียนข้ามขั้นตอนที่เกิดจากความเคยชินในการสื่อสารแบบอนุโลมในห้องเรียน ความคลาดเคลื่อนดังกล่าว หากไม่ได้รับการแก้ไขอย่างเหมาะสม อาจนำไปสู่ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนในระยะ

ยาว และทำให้นักเรียนเกิดทัศนคติว่าการใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ไม่ใช่สิ่งจำเป็น ตราบใดที่สามารถหาคำตอบได้ถูกต้อง ทั้งนี้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เน้นถ่ายทอดความรู้จากผู้สอนเป็นหลักและมุ่งเน้นผลลัพธ์คำตอบสุดท้ายอาจยังไม่เอื้อต่อการพัฒนาความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนอย่างเพียงพอ ส่งผลให้นักเรียนขาดโอกาสในการอธิบายเหตุผล แลกเปลี่ยนความคิดเห็น และฝึกถ่ายทอดกระบวนการอย่างเป็นระบบ

การเรียนรู้เชิงรุก คือ การจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกระบวนการคิดการปฏิบัติ การได้รับคำปรึกษา ชี้แนะ การนำความรู้ไปใช้ การถอดบทเรียน การสะท้อนคิด รวมทั้งการมีปฏิสัมพันธ์ การทำงาน และการแลกเปลี่ยนเรียนรู้กับผู้อื่น เกิดแรงบันดาลใจ เกิดทักษะในการเรียนรู้ด้วยตนเอง ค้นพบศักยภาพของตนเอง สามารถสร้างความรู้ ความเข้าใจ ความเชี่ยวชาญได้ตามความถนัดของตนเองและบ่มเพาะนิสัย (พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์, 2566) อีกทั้งการจัดการเรียนรู้เชิงรุก เป็นกระบวนการจัดการเรียนการสอนที่ให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในชั้นเรียน และการทำกิจกรรมต่างๆ โดยเปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์กับผู้สอน และเพื่อนในชั้นเรียน โดยการเขียน การพูด การฟังและการอ่าน นำมาอภิปรายเพื่อสะท้อนคิด (ณิรดา เวชญาลักษณ์, 2567) ด้วยเหตุนี้ ผู้วิจัยจึงเล็งเห็นว่าการปรับเปลี่ยนวัฒนธรรมการเรียนรู้ผ่านการจัดการเรียนรู้เชิงรุก (Active Learning) เป็นแนวทางที่จำเป็นอย่างยิ่ง เนื่องจากการเรียนรู้เชิงรุกจะเปลี่ยนบทบาทของนักเรียนจากผู้รับข้อมูล (Passive Learner) มาเป็นผู้สร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง (Active Learner) ผ่านการลงมือปฏิบัติจริง (Hands-on) และการวิเคราะห์ปัญหาเป็นกลุ่ม กระบวนการดังกล่าวจะเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ฝึกอธิบายเหตุผล แลกเปลี่ยนความคิดเห็น และถ่ายทอดความคิดด้วยภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์อย่างเป็นระบบ อันจะนำไปสู่การพัฒนาทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ ควบคู่กับการยกระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (Prince, 2004; Freeman et al., 2014)

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจศึกษาการส่งเสริมความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เส้นขนาน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยใช้การจัดการเรียนรู้เชิงรุก โดยการวิจัยครั้งนี้มุ่งหวังว่า กระบวนการจัดการเรียนรู้เชิงรุกจะช่วยลดช่องว่างระหว่างความเข้าใจกับการสื่อสาร ทำให้นักเรียนสามารถเรียบเรียงลำดับความคิดอย่างมีตรรกะ และเปลี่ยนนิสัยจากการมุ่งเน้นเพียงคำตอบมาเป็นการให้คุณค่ากับกระบวนการคิดที่สมบูรณ์ อันจะเป็นพื้นฐานสำคัญในการยกระดับคุณภาพการเรียนรู้คณิตศาสตร์ให้ยั่งยืนสืบไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

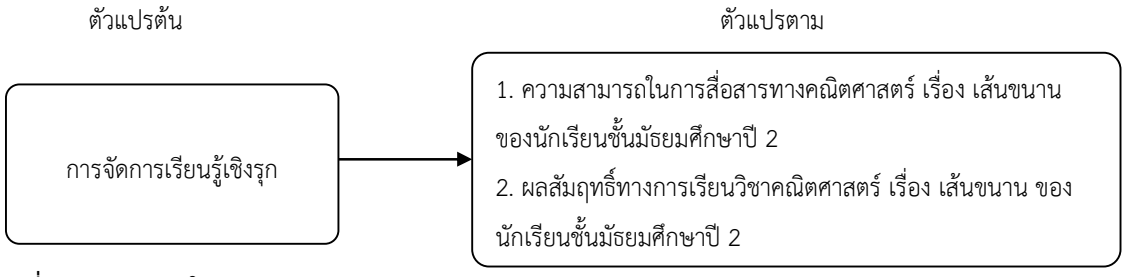
1. เพื่อศึกษาความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ เรื่อง เส้นขนาน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้เชิงรุก
2. เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง เส้นขนาน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้เชิงรุก

สมมติฐานการวิจัย

1. ความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ เรื่อง เส้นขนาน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้เชิงรุก สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 65
2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง เส้นขนาน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้เชิงรุก สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 65

กรอบแนวคิดในการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้เชิงรุก เรื่อง เส้นขนาน สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยกำหนดกรอบแนวคิด แสดงดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

วิธีการดำเนินการวิจัย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2568 โรงเรียนสุวรรณารามวิทยาคม จำนวน 7 ห้องเรียน รวมทั้งสิ้น 245 คน

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2/2 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2568 โรงเรียนสุวรรณารามวิทยาคม จำนวน 34 คน ซึ่งได้มาจากการสุ่มแบบ Cluster Sampling โดยใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยสุ่มเนื่องจากมีการจัดห้องเรียนแบบคละความสามารถ ซึ่งแต่ละห้องมีคุณลักษณะใกล้เคียงกัน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ผู้วิจัยพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวิจัย ดังนี้

1. แผนการจัดการเรียนรู้เชิงรุก เรื่อง เส้นขนาน จำนวน 5 แผน ใช้เวลาสอนรวม 9 คาบ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ผ่านการตรวจสอบคุณภาพและความเหมาะสมจากผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน โดยใช้แบบประเมินชนิดมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ ดังนี้ มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย และน้อยที่สุด ผลการตรวจสอบพบว่าแผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสม ถูกต้อง สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ เนื้อหา กิจกรรมการเรียนรู้ สื่อการเรียนการสอน การวัดและประเมินผล สามารถนำไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ได้จริง มีคะแนนเฉลี่ยอยู่ในระดับมากที่สุดทุกแผน (มีคะแนนเฉลี่ยตั้งแต่ 4.50 ขึ้นไป) ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่ผู้วิจัยกำหนดไว้ว่าต้องมีความเหมาะสมตั้งแต่ระดับมากขึ้นไป ซึ่งแต่ละแผนประกอบด้วย 5 ขั้นตอนที่ผู้วิจัยสังเคราะห์ขึ้นจากการประยุกต์แนวคิดการจัดการเรียนรู้เชิงรุก (Active Learning) ของ Bonwell และ Eison (1991) ร่วมกับแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ (Constructivism) ของ Piaget (1972) และ Vygotsky (1978) ดังนี้

1. ขั้นทบทวนและกระตุ้นความสนใจ กระตุ้นการเรียนรู้และทบทวนแนวคิดพื้นฐาน

2. ขั้นปฏิบัติกิจกรรม เน้นการลงมือปฏิบัติเพื่อ ค้นพบสมบัติทางคณิตศาสตร์ และถ่ายทอดแนวคิดทางคณิตศาสตร์

3. ขั้นเขียนสรุปแนวคิดและอภิปราย นักเรียน เขียนสรุปผลการค้นพบ และอภิปรายเพื่อรวบรวมแนวคิด และอธิบายความสัมพันธ์เชิงตรรกะ

4. ขั้นนำเสนอ เป็นขั้นที่นักเรียนนำเสนอ เพื่อแสดงความสัมพันธ์เชิงตรรกะด้วยการเขียน อย่างเป็นระบบ

5. ขั้นสรุปและสะท้อนคิด ครูและนักเรียนร่วมกัน จัดระบบความรู้สรุปทฤษฎีบท และให้นักเรียน เขียนสรุปสิ่งที่ได้เรียนรู้ โดยมีเนื้อหาดังนี้

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 ทบทวนพื้นฐาน และเส้นขนานกับมุมภายใน

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เส้นขนานกับมุมแย้งและมุมภายนอก/ภายในที่อยู่ตรงข้าม

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เส้นขนานและรูปสามเหลี่ยม

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 ความเท่ากันทุกประการของรูปสามเหลี่ยมและการสร้างโจทย์ประยุกต์

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 สรุปและจัดระบบความรู้เรื่องเส้นขนานและรูปสามเหลี่ยม

2. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ เรื่อง เส้นขนาน เป็นข้อสอบรวม 10 ข้อ ตอนที่ 1 แบบเติมคำตอบ 5 ข้อ และตอนที่ 2 แบบอัตนัย 5 ข้อ ตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน หลังจากปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญแล้วจึงนำไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 32 คน ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง นักเรียนได้เรียนเนื้อหา เรื่อง เส้นขนานมาแล้วจากนั้นนำคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์ข้อมูลและคัดเลือกข้อสอบที่ผ่านตามเกณฑ์ที่กำหนดจำนวน 10 ข้อโดยมีค่าความยากง่าย (p) ตั้งแต่ 0.45 ถึง 0.75 มีค่าอำนาจจำแนก (r) ตั้งแต่ 0.50 ถึง 0.78 และมีความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.90 ทั้งนี้ ได้กำหนดเกณฑ์การให้คะแนนวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนและเกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการสื่อสาร เรื่อง เส้นขนาน ไว้ดังนี้

ส่วนที่ 1: แบบเติมคำตอบ

ด้านผลสัมฤทธิ์ คะแนนเต็ม 5 คะแนน

ด้านความสามารถในการสื่อสาร คะแนนเต็ม 5 คะแนน

เกณฑ์การให้คะแนน	คะแนน
1. ด้านผลสัมฤทธิ์	
- ระบุคำตอบถูกต้อง	1
- คำตอบผิด	0
2. ด้านการสื่อสาร	
- เขียนสัญลักษณ์ทางเรขาคณิตได้ถูกต้องครบถ้วน	1
- เขียนสัญลักษณ์ผิดหรือขาดตกบกพร่อง หรือไม่ใช้สัญลักษณ์ตามที่โจทย์กำหนด	0.5
- ไม่ตอบ, หรือเขียนสื่อความหมายไม่ได้เลย	0

ส่วนที่ 2: แบบอัตนัย

ด้านผลสัมฤทธิ์ คะแนนเต็ม 7.5 คะแนน

ด้านความสามารถในการสื่อสาร คะแนนเต็ม 7.5 คะแนน

รายการประเมิน	1.5 คะแนน	1 คะแนน	0.5 คะแนน	0 คะแนน
1.ด้านผลสัมฤทธิ์	- เลือกใช้สมบัติของเส้นขนานหรือทฤษฎีบทที่เกี่ยวข้องได้ถูกต้องตรงประเด็น	- เลือกใช้สมบัติของเส้นขนานหรือทฤษฎีบทที่เกี่ยวข้องได้ถูกต้อง และกระบวนการส่วนใหญ่ถูกต้อง	- มีแนวคิดเริ่มต้นหรือเลือกใช้สมบัติของเส้นขนานที่เกี่ยวข้องได้บ้าง	- ทำผิดทั้งหมดหรือเลือกใช้สมบัติที่ไม่เกี่ยวข้องเลย
	- แสดงวิธีทำและคำนวณได้ถูกต้องจนได้คำตอบสุดท้าย	- มีข้อผิดพลาดในการคำนวณ (เช่น บวกลบเลขผิด) ทำให้คำตอบสุดท้ายผิด	- แสดงวิธีทำได้เพียงบางส่วน หรือผิดพลาดตั้งแต่ขั้นตอนแรกๆ	- เขียนแต่ตัวเลขคำตอบ โดยไม่มีร่องรอยการคิด
2.ด้านการสื่อสาร	- ถ่ายทอดแนวคิดและลำดับขั้นตอนการแก้ปัญหาได้ชัดเจนต่อเนื่อง และครบถ้วน	- การสื่อสารชัดเจนเป็นระบบ แต่อาจมีบางขั้นตอนที่ข้ามไป	- การลำดับขั้นตอนสับสน วนไปมา หรือเขียนอธิบายไม่ต่อเนื่อง	- ไม่แสดงการสื่อสารใดๆ (เช่น เขียนคำตอบลอยๆ
	- ใช้ภาษาสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ได้ถูกต้องสมบูรณ์	- ใช้ภาษาพูดปนภาษาเขียน หรือใช้สัญลักษณ์ผิดบางจุดแต่ยังสื่อความหมายได้	- ใช้สัญลักษณ์ผิดพลาดมาก หรือขาดหายไปจนสื่อความหมายไม่ได้	- ภาษาที่ใช้ไม่สามารถสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ได้เลย

เมื่อรวม 2 ส่วน ด้านผลสัมฤทธิ์ คะแนนเต็ม 12.5 คะแนน
ด้านความสามารถในการสื่อสาร คะแนนเต็ม 12.5 คะแนน

การเก็บและรวบรวมข้อมูล

หลังจากสร้างเครื่องมือวิจัยเสร็จสมบูรณ์และผ่านการประเมินจริยธรรมวิจัยในมนุษย์ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลจากนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง ดังนี้

1. ผู้วิจัยชี้แจงให้นักเรียนทราบและทำความเข้าใจร่วมกันเกี่ยวกับรูปแบบการดำเนินกิจกรรม บทบาทหน้าที่ของครูและนักเรียน วิธีการวัดและประเมินผลในการจัดการเรียนรู้เชิงรุก เรื่อง เส้นขนาน

2. ผู้วิจัยดำเนินการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้กับกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้เวลาดำเนินการสอนทั้งหมด 9 คาบ คาบละ 50 นาที

3. หลังจากดำเนินการจัดการเรียนการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยให้นักเรียนทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ เรื่อง เส้นขนาน จำนวน 10 ข้อ โดยใช้เวลาในการทำแบบทดสอบ 50 นาที เพื่อนำไปประเมินผลตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้

การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยแบ่งการวิเคราะห์ข้อมูลเป็น 2 ส่วน ตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย ดังนี้

1. วิเคราะห์ความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้เชิงรุก เรื่อง เส้นขนาน โดยนำผลคะแนนความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์จากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ เรื่อง เส้นขนาน มาหาค่าเฉลี่ยเลขคณิต ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน แล้วนำมาเปรียบเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 65 เพื่อทำการทดสอบสมมติฐานที่ตั้งไว้โดยใช้การทดสอบค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างกลุ่มเดียว (one sample t-test) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .05

2. วิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้เชิงรุก เรื่อง เส้นขนาน โดยนำผลคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์จากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ เรื่อง เส้นขนาน มาหาค่าเฉลี่ยเลขคณิต ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน แล้วนำมาเปรียบเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 65 เพื่อทำการทดสอบสมมติฐานที่ตั้งไว้โดยใช้การทดสอบค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างกลุ่มเดียว (one sample t-test) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .05

ผลการวิจัย

1. ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ เรื่อง เส้นขนาน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 8.43 จากคะแนนเต็ม 12.5 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 67.41 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.63 เมื่อนำไปทดสอบเปรียบเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 65 (8.13 คะแนน) โดยใช้การทดสอบแบบ one sample t-test แบบทางเดียว (one-tailed) พบว่าค่า t เท่ากับ 1.076 และค่า p (1-tailed) เท่ากับ 0.145 ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญที่กำหนดไว้ สรุปได้ว่าความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังการจัดการเรียนรู้เชิงรุก มีคะแนนเฉลี่ยสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดเล็กน้อย แต่ไม่แตกต่างจากเกณฑ์ร้อยละ 65 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ มีแสดงรายละเอียดดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ หลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้เชิงรุกกับเกณฑ์ร้อยละ 65

การทดสอบ	จำนวน (คน)	คะแนนเต็ม	ค่าเฉลี่ย	ร้อยละ	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่า t-test	df	Sig.
การสื่อสารทางคณิตศาสตร์	34	12.50	8.43	67.41	1.63	1.076	33	0.145

2. ผลการวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง เส้นขนาน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 9.41 จากคะแนนเต็ม 12.5 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 75.29 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.61 เมื่อนำไปทดสอบเปรียบเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 65 (8.13 คะแนน) โดยใช้การทดสอบแบบ one sample t-test แบบทางเดียว

(one-tailed) พบว่าค่า t เท่ากับ 4.655 และค่า p (1-tailed) น้อยกว่า 0.001 ซึ่งน้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่กำหนดไว้ สรุปได้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 65 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงรายละเอียดดังตารางที่ 2

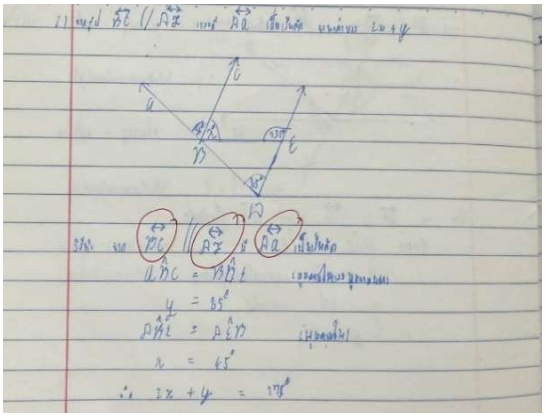
ตารางที่ 2 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ หลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้เชิงรุกกับเกณฑ์ร้อยละ 65

การทดสอบ	จำนวน (คน)	คะแนนเต็ม	ค่าเฉลี่ย	ร้อยละ	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่า t-test	df	Sig.
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	34	12.50	9.41	75.29	1.61	4.655*	33	0.00

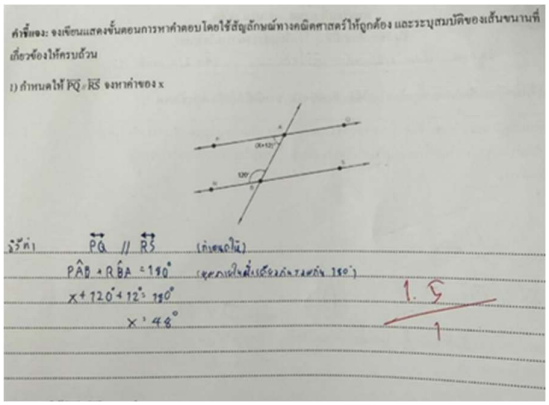
*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

การอภิปรายผล

1. ความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังการจัดการเรียนรู้เชิงรุก พบว่ามีคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 67.41 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 65 ที่กำหนดไว้ อย่างไรก็ตามเมื่อทดสอบทางสถิติพบว่าไม่แตกต่างจากเกณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิตินั้น ผลดังกล่าวสะท้อนว่า แม้การจัดการเรียนรู้เชิงรุกจะช่วยส่งเสริมให้นักเรียนลงมือปฏิบัติและอภิปรายร่วมกันซึ่งช่วยให้นักเรียนมีความเข้าใจในมโนทัศน์ เรื่อง เส้นขนาน สามารถหาคำตอบและอธิบายแนวคิดหลักของตนเองออกมาได้ และนักเรียนส่วนใหญ่สามารถพัฒนาความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์จนผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำได้ แต่ระดับความสามารถยังไม่สูงเพียงพอที่จะทำให้เกิดความแตกต่างอย่างชัดเจนในเชิงสถิติ โดยเฉพาะเมื่อคะแนนของนักเรียนจำนวนมากกระจุกตัวอยู่บริเวณใกล้เคียงกับเกณฑ์ เมื่อพิจารณาพฤติกรรมการแสดงวิธีทำตามเกณฑ์การประเมิน (Rubric) พบว่านักเรียนจำนวนหนึ่งยังคงมีข้อผิดพลาดเล็กๆ น้อยๆ ในรายละเอียดของการใช้สัญลักษณ์และการเขียนเชิงคณิตศาสตร์ เช่น การใช้สัญลักษณ์ไม่ถูกต้อง เช่น ใช้ ↔ แทน ⟶ ดังรูปที่ 2 การเขียนข้ามขั้นตอน และการอธิบายเหตุผลไม่เป็นลำดับ ดังรูปที่ 3



รูปที่ 2 ตัวอย่างการใช้สัญลักษณ์เส้นตรงแทนรังสี



รูปที่ 3 ตัวอย่างการเขียนแสดงวิธีทำของนักเรียน

จากตัวอย่างผลงานนักเรียนข้างต้น จะเห็นได้ว่าการสื่อสารด้วยสัญลักษณ์ที่มีลักษณะใกล้เคียงกันผิดพลาด หรือการแสดงวิธีทำที่ไม่สมบูรณ์ ทำให้นักเรียนถูกหักคะแนนบางส่วน ส่งผลให้คะแนนรวมของกลุ่มตัวอย่างเกาะกลุ่มอยู่บริเวณใกล้เคียงกับเกณฑ์ผ่านพอดี ปรากฏการณ์นี้สะท้อนให้เห็นว่า การปรับเปลี่ยนพฤติกรรมและการบ่มเพาะความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ที่ถูกต้องแม่นยำ จำเป็นต้องอาศัยเวลาและการฝึกฝนอย่างต่อเนื่อง สอดคล้องกับงานวิจัยของ Zeybek และ Açıl (2018) ที่พบว่าแม้นักเรียนจะพยายามสื่อสารทางคณิตศาสตร์ แต่ก็มักจะพบข้อผิดพลาดในการใช้สัญลักษณ์และการแสดงความสัมพันธ์ของมโนทัศน์อยู่เสมอ ประกอบกับงานวิจัยของ Sevia Umi Wardini และคณะ (2024) ที่ระบุที่ระบุว่าทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์เป็นทักษะที่ซับซ้อน ซึ่งนักเรียนมักจะมีทักษะนี้อยู่ในระดับต่ำเนื่องจากได้รับอิทธิพลจากความเคยชินเดิมและต้องใช้เวลาในการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้เชิงรุก สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 65 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้รูปแบบดังกล่าวสามารถส่งเสริมการเรียนรู้ของนักเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะกระบวนการจัดการเรียนรู้เชิงรุกมุ่งเน้นให้นักเรียนเป็นศูนย์กลางและได้สร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองผ่านกิจกรรมที่เน้นการลงมือปฏิบัติ การที่นักเรียนได้สำรวจและวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหาเชิงรูปธรรมช่วยให้เกิดการเรียนรู้ที่มีความหมาย มากกว่าการท่องจำทฤษฎีบท ทำให้นักเรียนสามารถทำความเข้าใจสมบัติของเส้นขนานและความสัมพันธ์ของมุมในรูปแบบต่าง ๆ ได้อย่างลึกซึ้ง จนสามารถเชื่อมโยงมโนทัศน์ทางเรขาคณิต ไปสู่การแก้ปัญหาทางพีชคณิต ด้วยการตั้งสมการและคำนวณหาคำตอบได้อย่างถูกต้องสอดคล้องกัน ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ ปภณ ตั้งประเสริฐ (2564) ที่กล่าวว่าการเรียนรู้ผ่านการลงมือปฏิบัติช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ของผู้เรียนได้อย่างเป็นรูปธรรม และงานวิจัยของ จีรนันท์ แก้วปินตา (2562) ที่ระบุว่าการสืบเสาะหาความรู้ช่วยให้นักเรียนมีความเข้าใจในเนื้อหาและมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สูงขึ้น

3. จากผลการวิจัยที่พบว่า ความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนมีค่าเฉลี่ยสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด แต่ไม่แตกต่างจากเกณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกลับสูงกว่าเกณฑ์อย่างมีนัยสำคัญซึ่งไม่สอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ในตอนต้นที่คาดว่าการพัฒนาความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์จะส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้นอย่างชัดเจน ปรากฏการณ์ดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไม่ได้ขึ้นอยู่กับความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์เพียงปัจจัยเดียว แต่ยังได้รับอิทธิพลจากปัจจัยอื่นร่วมด้วย เช่น ความรู้พื้นฐานเดิมของผู้เรียน ความสามารถในการคิดคำนวณ ทักษะการทำข้อสอบ ความคุ้นเคยกับรูปแบบข้อสอบ และแรงจูงใจในการเรียนรู้ ซึ่งอาจทำให้

นักเรียนสามารถทำแบบทดสอบได้ดี แม้ความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์จะยังไม่พัฒนาในระดับที่แตกต่างอย่างชัดเจน สอดคล้องกับ Majid และคณะ (2025) ที่พบว่าความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์จะมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แต่ไม่ใช่ปัจจัยเพียงอย่างเดียวโดยยังมีปัจจัยด้านคุณภาพการจัดการเรียนรู้และลักษณะของผู้เรียนที่ร่วมส่งผลต่อผลลัพธ์ทางการเรียน นอกจากนี้ ยังสอดคล้องกับ Zeybek และ Açıl (2018) ที่รายงานว่าทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ไม่ได้แตกต่างตามระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอย่างชัดเจนในทุกบริบท ทั้งนี้ ความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์เป็นทักษะเชิงกระบวนการที่มีความซับซ้อน ต้องอาศัยการฝึกฝนอย่างต่อเนื่องและการใช้สัญลักษณ์อย่างแม่นยำ ส่งผลให้การพัฒนาอาจเกิดขึ้นอย่างค่อยเป็นค่อยไป แตกต่างจากผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สามารถพัฒนาได้อย่างรวดเร็วในระยะสั้นผ่านกิจกรรมการเรียนรู้เชิงปฏิบัติ

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1. ก่อนการจัดการเรียนรู้เชิงรุก ครูควรวางแผนและเตรียมความพร้อมของสื่อการเรียนรู้ ตลอดจนทำความเข้าใจขั้นตอนของกิจกรรมอย่างละเอียด เนื่องจากการเรียนรู้ลักษณะนี้มุ่งเน้นให้นักเรียนลงมือปฏิบัติและสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ครูจึงต้องมีการบริหารจัดการเวลาในแต่ละช่วงกิจกรรม ให้ดำเนินไปได้อย่างราบรื่นและครบถ้วนตามแผนที่วางไว้
2. การจัดการเรียนรู้เชิงรุกเป็นกิจกรรมที่เปลี่ยนบทบาทของครูจากการเป็นผู้บอกความรู้ มาเป็นผู้ชี้แนะ ดังนั้นในระหว่างที่นักเรียนกำลังวิเคราะห์สมบัติของเส้นขนาน ครูควรใช้คำถามกระตุ้นความคิดเพื่อให้นักเรียนเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของมุมด้วยตนเอง และหลีกเลี่ยงการด่วนสรุปคำตอบให้นักเรียน
3. ในช่วงเริ่มต้นของการฝึกทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ โดยเฉพาะการเขียนแสดงวิธีทำและการอ้างอิงทฤษฎีบททางเรขาคณิต นักเรียนอาจใช้เวลาค่อนข้างนานและมีความผิดพลาดในการใช้สัญลักษณ์ เนื่องจากยังไม่คุ้นเคยกับการเขียนอธิบายกระบวนการคิดอย่างเป็นระบบ ครูควรให้เวลา ให้กำลังใจ และเป็นผู้ช่วยสนับสนุน ในการเชื่อมโยงภาพเรขาคณิตสู่การตั้งสมการพีชคณิตอย่างค่อยเป็นค่อยไป
4. การเปิดโอกาสให้นักเรียนนำเสนอแนวคิดหรือวิธีแก้โจทย์ปัญหาหน้าชั้นเรียน ครูควรสร้างบรรยากาศที่เป็นมิตรและปลอดภัยต่อการเรียนรู้ ส่งเสริมให้นักเรียนกล้าอธิบายเหตุผลของตนเอง มีการชมเชยเมื่อนักเรียนพยายามสื่อสาร และชี้แนะอย่างสร้างสรรค์เมื่อนักเรียนระบุชื่อมุมหรือใช้สัญลักษณ์คลาดเคลื่อน โดยไม่มุ่งเน้นจับผิดเพียงแค่คำตอบสุดท้าย
5. การออกแบบใบงานหรือสถานการณ์ปัญหา ควรเริ่มต้นจากรูปเรขาคณิตที่มีความซับซ้อนน้อย เพื่อให้นักเรียนเกิดความมั่นใจในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของเส้นขนาน จากนั้นจึงค่อย ๆ เพิ่มระดับความท้าทายของรูปทรงและตัวแปร เพื่อให้นักเรียนได้พัฒนาทักษะการแก้สมการควบคู่ไปกับการให้เหตุผล
6. ครูผู้สอนควรจัดกิจกรรมที่เน้นทักษะการจำแนกและเปรียบเทียบสัญลักษณ์ทางเรขาคณิตที่มีลักษณะใกล้เคียงกัน เช่น เส้นตรง ส่วนของเส้นตรง และรังสี ให้ชัดเจนตั้งแต่เริ่มต้นหน่วยการเรียนรู้ และควรสอดแทรกการฝึกเขียนสัญลักษณ์ที่ถูกต้องลงในทุกขั้นตอนของกิจกรรม เพื่อสร้างความตระหนักและความแม่นยำให้กับผู้เรียนก่อนที่จะเข้าสู่เนื้อหาที่มีความซับซ้อนมากขึ้น

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

1. นำการจัดการเรียนรู้เชิงรุก ไปประยุกต์ใช้กับสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ระดับชั้นอื่น ๆ หรือในเนื้อหาเรขาคณิตอื่น ๆ ที่ต้องอาศัยการนึกภาพและการให้เหตุผล เช่น ความเท่ากันทุกประการ การแปลงทางเรขาคณิต หรือทฤษฎีบทพีทาโกรัส เป็นต้น

2. พัฒนานวัตกรรมหรือรูปแบบการสอนที่มุ่งเน้นการพัฒนาความสามารถในการสื่อสาร การเปลี่ยนผ่านมโนทัศน์ทางเรขาคณิตสู่ประโยคสัญลักษณ์ทางพีชคณิตอย่างเจาะลึก เพื่อยกระดับความสามารถในการสื่อสารและการเขียนอ้างอิงเหตุผลของนักเรียนให้ดียิ่งขึ้น

3. ควรมีการวิจัยเชิงคุณภาพเพื่อวิเคราะห์ข้อผิดพลาด ด้านการใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนอย่างละเอียด เพื่อนำผลการวิเคราะห์ไปสร้างเป็นคู่มือแนวทางการจัดการเรียนรู้สำหรับครูผู้สอนคณิตศาสตร์ต่อไป

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.

จีรนันท์ แก้วปินตา. (2562). การส่งเสริมทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้เป็นกลุ่ม. (วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

ณิรดา เวชญาลักษณ์. (2567). การบริหารจัดเรียนรู้. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ปภณ ตั้งประเสริฐ. (2564). การพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาและการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ เรื่อง เวลา โดยใช้วิธีการสอนแบบเปิดของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนชุมชนบ้านทุ่ง จังหวัดลำปาง. (วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, นนทบุรี.

พิมพันธ์ เดชะคุปต์. (2566). การเรียนรู้เชิงรุกเสริมสร้างสมรรถนะ. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พิชิต ฤทธิ์จรูญ. (2567). หลักการวัดและประเมินผลการศึกษา (พิมพ์ครั้งที่ 10). กรุงเทพฯ: เฮ้าส์ ออฟ เคอร์มิสท์.

Freeman, S., Eddy, S. L., McDonough, M., Smith, M. K., Okoroafor, N., Jordt, H., & Wenderoth, M. P. (2014). Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. Proceedings of the National Academy of Sciences. 111(23): 8410-8415.

Majid., Selviana, S., Hulukati, E., & Oroh, F. A. (2025). Analyzing the relationship between mathematical communication skills, learning quality and mathematics learning outcomes in vocational high schools. Al-Ishlah: Jurnal Pendidikan. 17(3): 5409-5417.

National Council of Teachers of Mathematics [NCTM]. (2000). Principles and Standards for School Mathematics. Reston, VA: NCTM.

National Research Council. (2001). Adding It Up: Helping Children Learn Mathematics. Washington, DC: National Academy Press.

OECD. (2022). PISA 2022 Mathematics Framework. Paris: OECD Publishing.

Partnership for 21st Century Learning. (2019). Framework for 21st Century Learning. Battelle for Kids.

Prince, M. (2004). Does active learning work? A review of the research. Journal of Engineering Education. 93(3): 223-231.

Wardini, S. U., & Trisnantari, H. E. (2024). Active learning strategies in improving middle school students' mathematical abilities. Journal of Instructional and Development Researches. 4(5): 347-354.

Zeybek, Z., & Açıl, E. (2018). Investigating seventh grade students' mathematical communication skills: Student journals. Turkish Journal of Computer and Mathematics Education. 9(3): 476-512.

การพัฒนาทักษะการอ่านภาษาไทยโดยใช้นิทานคำกลอนในรูปแบบหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนวัดมกุฏกษัตริยาราม

Developing Thai Reading Skills Through Rhyming Folk Tales in Electronic Book Format Among Grade 5 Students at Wat Makutkasattriyaram School

ปัณณพร เมืองทอง[1*] ประจักษ์ เผือกเพ็ง[2] ประภาวรรณ สมุทรเผ่าจินดา[3] และจิตต์วิมล คล้ายสุบรรณ[4]

Pannaphon Mueangthong[1*] Prachak Pueakpheng [2] Prapawan Samutpaochinda[3] and Jitwimon Klaysubun[4]

[1]นักศึกษาหลักสูตรศึกษาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาการประถมศึกษา คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต กรุงเทพมหานคร*

[1]Student of Bachelor of Education Program in Elementary Education, Faculty of Education, Suan Dusit University, Bangkok*

[2]โรงเรียนวัดมกุฏกษัตริยาราม แขวงบางขุนพรหม เขตพระนคร กรุงเทพมหานคร

[2]Wat Makutkasattriyaram School, Bang Khun Phrom, Phra Nakhon, Bangkok

[3]หลักสูตรศึกษาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาการประถมศึกษา คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต กรุงเทพมหานคร

[3]Bachelor of Education Program in Elementary Education, Faculty of Education, Suan Dusit University, Bangkok

[4]กลุ่มวิชาชีพครู คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต กรุงเทพมหานคร

[4]Teaching Profession, Faculty of Education, Suan Dusit University, Bangkok

[*]Corresponding Author E-mail Address : pannaphon2003@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาทักษะการอ่านภาษาไทยโดยใช้นิทานคำกลอนในรูปแบบหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนวัดมกุฏกษัตริยาราม และ2)เพื่อศึกษาความพึงพอใจที่มีต่อการเรียนรู้ด้วยนิทานคำกลอนในรูปแบบหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนวัดมกุฏกษัตริยาราม กลุ่มเป้าหมาย คือ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5/1 โรงเรียนวัดมกุฏกษัตริยาราม จำนวน 10 คน เกณฑ์ คือ 1) นักเรียนอ่านคำควบกล้ำไม่ชัด 2) นักเรียนผันวรรณยุกต์ไม่คล่อง และ 3) นักเรียนมีผลคะแนนทดสอบทักษะการอ่านอยู่ในระดับน้อย-พอใช้ เครื่องมือวิจัย ได้แก่ 1)แผนการจัดกิจกรรมพัฒนาทักษะการอ่านโดยใช้นิทานคำกลอนในรูปแบบหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ 2)นิทานคำกลอนในรูปแบบหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ 3)แบบวัดทักษะการอ่านภาษาไทย และ 4)แบบประเมินความพึงพอใจนิทานคำกลอนในรูปแบบหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ สถิติที่ใช้ ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนทุกคนมีพัฒนาการทักษะการอ่านภาษาไทย หลังการใช้นิทานคำกลอนในรูปแบบหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ เพิ่มขึ้นร้อยละ 100 และนักเรียนมีความพึงพอใจต่อการใช้นิทานคำกลอนในรูปแบบหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ ภาพรวม อยู่ในระดับมากที่สุด (Mean = 4.54, S.D. = 0.58) โดยเนื้อหาภายในสื่อมีการใช้ภาษาที่เข้าใจง่าย อยู่ในระดับมากที่สุด (Mean = 4.70, S.D. = 0.46) สื่อมีประโยชน์และสามารถเรียนรู้ได้ตลอดเวลา อยู่ในระดับมากที่สุด (Mean = 4.70, S.D. = 0.64) ตามลำดับ

คำสำคัญ: นิทานคำกลอน, หนังสืออิเล็กทรอนิกส์, ทักษะการอ่าน, ความพึงพอใจ

Abstract

This research aimed to 1) develop Thai reading skills through rhyming folk tales in electronic book format among Grade 5 students at Wat Makutkasattriyaram School, and 2) examine student satisfaction toward learning through rhyming folk tales in electronic book format. The target group consisted of 10 Grade 5 students from Classroom 5/1 at Wat Makutkasattriyaram School, selected according to the following criteria 1) students who pronounced consonant clusters inaccurately, 2) students who produced Thai tones non-fluently, and 3) students whose reading skill assessment scores were rated at a low to fair level. The research instruments consisted of 1) a reading skill development lesson plan using rhyming folk tales in electronic book format, 2) rhyming folk tales in electronic book format implemented through the Genially application, 3) a Thai reading skills assessment form, and 4) a satisfaction questionnaire toward rhyming folk tales in electronic book format. Data were analyzed using mean, percentage, and standard deviation. The results revealed that all students showed measurable improvement in Thai reading skills following the implementation of rhyming folk tales in electronic book format, yielding a development rate of 100 percent. Moreover, students reported the highest level of overall satisfaction toward the rhyming folk tales in electronic book format (M = 4.54, SD = 0.58). The two highest-rated aspects were the use of easily comprehensible language within the instructional media (M = 4.70, SD = 0.46) and the perceived usefulness of the media and its accessibility for self-directed learning at any time (M = 4.70, SD = 0.64), respectively.

Keywords: Rhyming Folk Tales, Electronic Book, Reading Skills, Satisfaction

บทนำ

ภาษาไทยเป็นเอกลักษณ์ของชาติและมรดกทางวัฒนธรรมที่สำคัญยิ่ง ทำหน้าที่เป็นสื่อกลางในการสื่อสาร สร้างความเข้าใจ และเสริมสร้างความสามัคคีในสังคม นอกจากนี้ ภาษาไทยยังเป็นพื้นฐานสำคัญสำหรับการเรียนรู้ในทุกกลุ่มสาระวิชา และเป็นเครื่องมือในการดำรงชีวิตในสังคมยุคดิจิทัล ด้วยเหตุนี้ หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) จึงกำหนดให้กลุ่มสาระการเรียนรู้ภาษาไทยมุ่งพัฒนาผู้เรียนให้มีความสามารถในการอ่าน การเขียน การฟัง การพูด รวมถึงกระบวนการคิดวิเคราะห์ วิจารณ์ และสร้างสรรค์ เพื่อใช้ภาษาเป็นเครื่องมือในการเรียนรู้ตลอดชีวิต (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560) ทักษะการอ่านเป็นทักษะพื้นฐานที่มีความสำคัญอย่างยิ่งในการเรียนรู้ เนื่องจากเป็นกระบวนการที่ผู้เรียนใช้ในการแสวงหาความรู้และข้อมูลจากทุกรายวิชา การที่ผู้เรียนมีฐานคำศัพท์ที่แข็งแกร่งและอ่านได้อย่างคล่องแคล่วจะช่วยลดการอ่านติดขัด ลดความเข้าใจคลาดเคลื่อน และเป็นจุดเริ่มต้นที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในทุกรายวิชา อย่างไรก็ตาม สถานการณ์ทักษะการอ่านของนักเรียนไทยในปัจจุบันยังน่ากังวล จากผลการประเมินสมรรถนะนักเรียนมาตรฐานสากล (PISA) ปี 2022 พบว่า นักเรียนไทยมีคะแนนเฉลี่ยด้านการอ่านเพียง 379 คะแนน ซึ่งต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของประเทศสมาชิก OECD ที่ 476 คะแนน และมีนักเรียนไทยเพียงร้อยละ 35 ที่สามารถอ่านและทำความเข้าใจข้อความได้ในระดับขั้นต่ำ

เทียบกับค่าเฉลี่ย OECD ที่ร้อยละ 74 ซึ่งนับเป็นคะแนนที่ต่ำที่สุดในรอบ 20 ปีของประเทศไทย (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2566)

การจัดการเรียนการสอนวิชาภาษาไทยสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนวัดมกุฏกษัตริยาราม แขวงบางขุนพรหม เขตพระนคร กรุงเทพมหานคร ในภาคเรียนที่ผ่านมา ผู้วิจัยได้สังเกตพบว่า นักเรียนจำนวนหนึ่งยังประสบปัญหาด้านทักษะการอ่านภาษาไทย โดยมีพฤติกรรมที่สังเกตได้อย่างชัดเจน ได้แก่ การอ่านออกเสียงได้ช้าและขาดความต่อเนื่อง ต้องใช้เวลานานในการสะกดคำ อ่านออกเสียงคำศัพท์ผิด และขาดความมั่นใจในการอ่านออกเสียง นอกจากนี้ นักเรียนบางส่วนยังขาดความเข้าใจในความหมายของคำและข้อความที่อ่าน ทำให้ไม่สามารถนำความรู้จากการอ่านไปใช้ในการเรียนรู้รายวิชาอื่น ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ เมื่อวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาพบว่า ปัจจัยสำคัญประการหนึ่งคือนักเรียนขาดแรงจูงใจและความสนใจในการฝึกอ่านอย่างต่อเนื่อง โดยส่วนหนึ่งมาจากสื่อการเรียนรู้ที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอนส่วนใหญ่อยู่ในรูปแบบตัวอักษรบนกระดาษ ซึ่งไม่สอดคล้องกับลักษณะการเรียนรู้ของผู้เรียนในยุคดิจิทัลที่คุ้นเคยกับสื่อภาพและเสียง ส่งผลให้นักเรียนเกิดความเบื่อหน่ายและขาดความกระตือรือร้นในการฝึกฝนทักษะการอ่าน ปัญหาเหล่านี้ส่งผลกระทบต่อเนื่องไปยังผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในรายวิชาต่าง ๆ เนื่องจากนักเรียนไม่สามารถรับสารจากสื่อการเรียนรู้ได้อย่างครบถ้วนและถูกต้อง

ในการแก้ไขปัญหาดังกล่าว ผู้วิจัยในฐานะครูผู้สอนจึงได้ศึกษาและพัฒนานวัตกรรมสื่อการเรียนรู้ที่เหมาะสมกับบริบทของห้องเรียน โดยเลือกใช้นิทานคำกลอนในรูปแบบหนังสืออิเล็กทรอนิกส์บนแอปพลิเคชัน Genially ด้วยเหตุผลสำคัญสองประการ ได้แก่ ประการแรก นิทานคำกลอนมีจังหวะและสัมผัสของเสียงที่เป็นธรรมชาติ ช่วยให้นักเรียนจดจำคำศัพท์ได้ง่าย สร้างความสนุกสนานในการอ่าน และฝึกการอ่านออกเสียงได้อย่างมีประสิทธิภาพ ประการที่สอง Genially เป็นแพลตฟอร์มดิจิทัลที่ผสานภาพเคลื่อนไหว เสียง และองค์ประกอบเชิงโต้ตอบเข้าด้วยกัน ทำให้สื่อมีความน่าสนใจและดึงดูดความสนใจของนักเรียนในยุคดิจิทัลได้เป็นอย่างดี สอดคล้องกับผลการวิจัยของ Furenes, Kucirkova and Bus (2021) ที่พบว่าหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ที่มีองค์ประกอบเสริมซึ่งสอดคล้องกับเนื้อหา สามารถส่งเสริมความเข้าใจในการอ่านของนักเรียนได้ดีกว่าหนังสือกระดาษแบบดั้งเดิม

ดังนั้นจากความสำคัญและสภาพปัญหาที่ได้กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะพัฒนาทักษะการอ่านภาษาไทยโดยใช้นิทานคำกลอนในรูปแบบหนังสืออิเล็กทรอนิกส์บนแอปพลิเคชัน Genially ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โดยมุ่งหวังให้เป็นแนวทางสำหรับครูผู้สอนในการพัฒนานวัตกรรมสื่อการเรียนรู้เพื่อแก้ปัญหาทักษะการอ่านของนักเรียนในชั้นเรียน และเพื่อให้นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 มีทักษะการอ่านภาษาไทยที่แข็งแกร่งมากขึ้น มีเจตคติที่ดีต่อการอ่าน และสามารถนำทักษะที่ได้รับการพัฒนาไปใช้เป็นเครื่องมือในการเรียนรู้รายวิชาต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพต่อไป

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อพัฒนาทักษะการอ่านภาษาไทยโดยใช้นิทานคำกลอนในรูปแบบหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนวัดมกุฏกษัตริยาราม
2. เพื่อศึกษาความพึงพอใจที่มีต่อการเรียนรู้ด้วยนิทานคำกลอนในรูปแบบหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนวัดมกุฏกษัตริยาราม

สมมติฐานการวิจัย

1. นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนด้วยนิทานคำกลอนในรูปแบบหนังสืออิเล็กทรอนิกส์มีทักษะการอ่านภาษาไทยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน ไม่น้อยกว่าร้อยละ 80

2. นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 มีความพึงพอใจต่อการเรียนด้วยนิทานคำกลอนในรูปแบบหนังสืออิเล็กทรอนิกส์อยู่ในระดับมากขึ้นไป (ค่าเฉลี่ยไม่น้อยกว่า 3.51)

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้ เป็นการวิจัยเชิงทดลองเบื้องต้น (Pre-experimental Research Design) แบบ One-group Pretest-Posttest design โดยผู้วิจัยได้มีวิธีการดำเนินการวิจัย ดังนี้

1. กลุ่มเป้าหมาย

กลุ่มเป้าหมายในการทำวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5/1 จำนวน 10 คน ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2568 โรงเรียนวัดมกุฏกษัตริยาราม ซึ่งได้มาจากการเลือกแบบเจาะจง มีเกณฑ์กำหนดคุณสมบัติ คือ 1) นักเรียนอ่านคำควบกล้ำไม่ชัด 2) นักเรียนผันวรรณยุกต์ไม่คล่อง และ 3) นักเรียนมีผลคะแนนทดสอบทักษะการอ่านอยู่ในระดับน้อย-พอใช้

2. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

1. แผนการจัดกิจกรรมพัฒนาทักษะการอ่านโดยใช้นิทานคำกลอนในรูปแบบหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5

1.1 ศึกษาทฤษฎี เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง กรอบแนวคิด และเทคนิควิธีการจัดกิจกรรมการพัฒนาทักษะการอ่านภาษาไทย รวมถึงศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) กลุ่มสาระการเรียนรู้ภาษาไทย ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 จากนั้นสร้างแผนการจัดกิจกรรมฯ

1.2 ดำเนินการจัดทำแผนการจัดกิจกรรมพัฒนาทักษะการอ่านโดยใช้นิทานคำกลอนในรูปแบบหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 3 แผน (นิทานคำกลอน 1 ตอน ต่อ 1 แผน)

1.3 นำแผนการจัดกิจกรรมทั้ง 3 แผน เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ 3 คน เพื่อพิจารณาความสอดคล้องของจุดประสงค์การเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้ การวัดและประเมินผล สื่อที่ใช้ในกิจกรรมการเรียนรู้ และความถูกต้องของเนื้อหาตามหลักวิชา จากนั้นวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยคะแนนตามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ โดยใช้สูตรคำนวณดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item – Objective Congruence: IOC) ค่าความสอดคล้องที่ได้ต้องมีค่าระหว่าง 0.67 – 1.00

1.4 นำแผนการจัดกิจกรรมทั้ง 3 แผน มาแก้ไขปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ ก่อนนำไปใช้จริงกับกลุ่มเป้าหมาย

2. นิทานคำกลอนในรูปแบบหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ (ชุดนิทานคำกลอนเรื่องการเติบโตของลูกจัน)

2.1 ศึกษาข้อมูลบัญชีคำศัพท์พื้นฐาน ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โดยสำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา (สวก.) กระทรวงศึกษาธิการ ทำการคัดเลือกและจำแนกหมวดหมู่ของคำศัพท์พื้นฐาน จากนั้นนำมาเรียบเรียงเป็นเรื่องราวในรูปแบบร้อยแก้ว

2.2 ศึกษาหลักการประพันธ์บทร้อยกรองประเภทกลอน (กลอนสี่) ได้แก่ โครงสร้าง ฉันทลักษณ์ สัมผัสบังคับ และการแบ่งจังหวะการอ่าน จากนั้นนำนิทานในรูปแบบร้อยแก้วมาเรียบเรียงขึ้นใหม่ในรูปแบบของร้อยกรอง (กลอนสี่) ได้ชุดนิทานคำกลอน เรื่องการเติบโตของลูกจัน ประกอบด้วย 3 ตอน ได้แก่ ตอนที่ 1 เพียรสร้างทางสำเร็จ ตอนที่ 2 ดื่มด่ำธรรมชาติ และตอนที่ 3 รู้รักสามัคคี

2.3 สร้างภาพและเสียงบรรยายประกอบนิทาน โดยการนำเรื่องราวนิทานไปพิมพ์เป็นข้อความสั่งการให้เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ (Generative AI) สร้างภาพและเสียงให้มีความสอดคล้องกับนิทาน

2.4 นำเนื้อเรื่องนิทานคำกลอน ภาพ และเสียงประกอบนิทาน มาสร้างหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ด้วยแอปพลิเคชัน Genially โดยจัดวางตำแหน่งข้อมูลทุกอย่างให้เรียบร้อย และจัดตั้งคำสั่งระบบการทำงานของหนังสืออิเล็กทรอนิกส์บนแอปพลิเคชัน Genially

2.5 นำนิทานคำกลอนในรูปแบบหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ที่สร้างโดยใช้แอปพลิเคชัน Genially เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน เพื่อพิจารณาความสอดคล้องของเนื้อหา วัตถุประสงค์การเรียนรู้ ความเหมาะสมของภาพ เสียง และองค์ประกอบสื่อดิจิทัล เพื่อหาค่า IOC โดยกำหนดค่าความสอดคล้องที่ได้ต้องมีค่าระหว่าง 0.67 – 1.00 และแก้ไขปรับปรุงตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ

3. แบบวัดทักษะการอ่านภาษาไทย ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 (Pre/Post-test)

3.1 ศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) กลุ่มสาระการเรียนรู้ภาษาไทย ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 และบัญชีคำศัพท์พื้นฐาน รวมถึงศึกษาหลักการและวิธีการสร้างแบบทดสอบทักษะการอ่านออกเสียงคำพื้นฐานภาษาไทย

3.2 วิเคราะห์สาระการเรียนรู้ มาตรฐาน และตัวชี้วัด ที่เกี่ยวข้องกับทักษะการอ่านของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 เพื่อคัดเลือกคำศัพท์พื้นฐานที่ใช้ในการทดสอบ

3.3 สร้างแบบวัดทักษะการอ่านภาษาไทย ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ในลักษณะของการวัดพฤติกรรมเชิงปฏิบัติ โดยให้นักเรียนอ่านออกเสียงคำพื้นฐาน จำนวน 20 คำ คะแนนเต็ม 20 คะแนน

3.4 นำแบบวัดทักษะการอ่านภาษาไทยให้ผู้เชี่ยวชาญ 3 คน เพื่อประเมินความสอดคล้องระหว่างคำศัพท์แต่ละข้อกับจุดมุ่งหมายในการประเมิน จากนั้นวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยคะแนนตามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ โดยใช้สูตรคำนวณดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item – Objective Congruence: IOC) ค่าความสอดคล้องที่ได้ต้องมีค่าระหว่าง 0.67 – 1.00

3.5 นำแบบวัดทักษะการอ่านภาษาไทยมาปรับปรุงและจัดพิมพ์เป็นฉบับจริง นำไปใช้เป็นเครื่องมือเก็บข้อมูลในการวิจัย

4. แบบประเมินความพึงพอใจนิทานคำกลอนในรูปแบบหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5

4.1 ศึกษาหลักการและวิธีการสร้างแบบประเมินความพึงพอใจ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

4.2 สร้างแบบประเมินความพึงพอใจที่มีข้อคำถามแสดงถึงความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อนิทานคำกลอนในรูปแบบหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ จำนวน 10 ข้อ เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ เกณฑ์การแปลความหมายค่าเฉลี่ยดังนี้

4.51 – 5.00	หมายถึง	มีความพึงพอใจมากที่สุด
3.51 – 4.50	หมายถึง	มีความพึงพอใจมาก
2.51 – 3.50	หมายถึง	มีความพึงพอใจปานกลาง
1.51 – 2.50	หมายถึง	มีความพึงพอใจน้อย
1.00 – 1.50	หมายถึง	มีความพึงพอใจน้อยที่สุด

4.3 นำแบบประเมินความพึงพอใจให้ผู้เชี่ยวชาญ 3 คน พิจารณาข้อคำถาม จากนั้นวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยคะแนนตามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ โดยใช้สูตรคำนวณดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item – Objective Congruence: IOC) ค่าความสอดคล้องที่ได้ต้องมีค่าระหว่าง 0.67 – 1.00

4.4 จัดทำแบบประเมินความพึงพอใจฉบับสมบูรณ์มาปรับปรุงและจัดพิมพ์เป็นฉบับจริง นำไปใช้เป็นเครื่องมือเก็บข้อมูลในการวิจัย

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ผู้วิจัยทำหนังสือขออนุญาตเก็บข้อมูลประกอบการทำวิจัยในชั้นเรียน เลขที่ อว 8403/ว.33 ลงวันที่ 18 ธันวาคม 2568 ข้อมูลส่วนตัวของนักเรียนจะถูกเก็บรักษาไว้ ไม่เปิดเผยต่อสาธารณะเป็นรายบุคคล แต่จะรายงานผลการวิจัยเป็นข้อมูลส่วนรวม เป็นการพิทักษ์สิทธิของกลุ่มเป้าหมาย

2. ทำการทดสอบก่อนร่วมกิจกรรม นำแบบทดสอบทักษะการอ่านคำพื้นฐานภาษาไทย ทดสอบก่อนเข้าร่วมกิจกรรมเพื่อตรวจสอบทักษะการอ่านของนักเรียน

3. ผู้วิจัยดำเนินการตามแผนการจัดกิจกรรมพัฒนาทักษะการอ่านโดยใช้นิทานคำกลอนในรูปแบบหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ จำนวน 3 แผน (นิทานคำกลอน 1 ตอน/การจัดกิจกรรม 1 ครั้ง) ใช้เวลาจัดกิจกรรมครั้งละ 60 นาที ระหว่างวันที่ 4 - 6 กุมภาพันธ์ 2569 และจะมีการทดสอบย่อยการอ่านคำพื้นฐานภาษาไทยที่ปรากฏในนิทานคำกลอนช่วงท้ายของการจัดกิจกรรมในแต่ละครั้ง

4. ทำการทดสอบหลังร่วมกิจกรรม นำแบบทดสอบทักษะการอ่านคำพื้นฐานภาษาไทย ทดสอบหลังจบกิจกรรมเพื่อตรวจสอบทักษะการอ่านของนักเรียนอีกครั้ง

5. ผู้วิจัยให้นักเรียนตอบแบบประเมินความพึงพอใจนิทานคำกลอนในรูปแบบหนังสืออิเล็กทรอนิกส์หลังสิ้นสุดกิจกรรม

4. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์จากผลคะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบก่อนการเรียน และหลังการเรียนรู้ โดยนำคะแนนที่ได้มาหาค่าเฉลี่ย ค่าร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และวิเคราะห์ร้อยละของพัฒนาการ โดยใช้สูตรของศิริชัย กาญจนวาสี (2556: 278)

$$\text{ร้อยละของพัฒนาการ} = \frac{\text{คะแนนหลังเรียน} - \text{คะแนนก่อนเรียน}}{\text{คะแนนเต็ม} - \text{คะแนนก่อนเรียน}} \times 100$$

ผลการวิจัย

ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลและนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามวัตถุประสงค์การวิจัย ดังนี้

1) ผลการพัฒนาทักษะการอ่านภาษาไทยโดยใช้นิทานคำกลอนในรูปแบบหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 พบว่า นักเรียนทุกคนมีทักษะการอ่านภาษาไทยสูงขึ้นอย่างชัดเจน โดยนักเรียนทั้ง 10 คน สามารถทำคะแนนหลังจัดกิจกรรม (Post-test) ได้เต็ม 20 คะแนน สะท้อนให้เห็นว่านิทานคำกลอนในรูปแบบหนังสืออิเล็กทรอนิกส์สามารถพัฒนาทักษะการอ่านคำพื้นฐานภาษาไทยของผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เมื่อพิจารณารายบุคคล พบว่า นักเรียนที่มีพัฒนาการด้านทักษะการอ่านโดดเด่นที่สุด ได้แก่ เด็กชายจี ซึ่งมีคะแนนก่อนจัดกิจกรรม 4 คะแนน และสามารถพัฒนาตนเองได้คะแนนเพิ่มขึ้นสูงถึง 16 คะแนน จนได้คะแนนเต็ม 20 คะแนนหลังจัดกิจกรรม เป็นพัฒนาการที่น่าชื่นชม อีกทั้งแสดงให้เห็นว่าสื่อนิทานคำกลอนในรูปแบบดิจิทัลสามารถกระตุ้นความสนใจและพัฒนาทักษะการอ่านของนักเรียนที่มีคะแนนเริ่มต้นน้อยได้

สำหรับนักเรียนที่มีคะแนนก่อนจัดกิจกรรมเท่ากับ 13 คะแนน ได้แก่ เด็กชายเอ เด็กชายบี เด็กชายซี และเด็กหญิงไอ นักเรียนกลุ่มนี้แสดงให้เห็นว่ามีพื้นฐานทักษะการอ่านที่ดีและยังสามารถพัฒนาตนเองได้คะแนนเพิ่มขึ้นอีก 7 คะแนน จนได้คะแนนเต็มหลังจัดกิจกรรม แสดงให้เห็นว่านิทานคำกลอนในรูปแบบหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ใช้ได้กับนักเรียนในทุกระดับความสามารถ ไม่ว่าจะเป็นนักเรียนที่มีพื้นฐานน้อยหรือดี สามารถได้รับประโยชน์จากการเรียนรู้ผ่านสื่อนี้อย่างเท่าเทียมกัน ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการพัฒนาทักษะการอ่านภาษาไทยโดยใช้นิทานคำกลอนในรูปแบบหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ก่อนและหลังการเข้ากิจกรรม ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5

ลำดับที่	รายชื่อ (สมมุติ)	คะแนนผลทักษะการอ่าน		คะแนนที่เพิ่มขึ้น	ร้อยละของพัฒนาการ
		คะแนนก่อน (20)	คะแนนหลัง (20)		
1	เด็กชายเอ	13	20	7	100
2	เด็กชายบี	13	20	7	100
3	เด็กชายซี	13	20	7	100
4	เด็กชายดี	9	20	11	100
5	เด็กชายอี	9	20	11	100
6	เด็กชายเอฟ	11	20	9	100
7	เด็กชายจี	4	20	16	100
8	เด็กชายเอช	10	20	10	100
9	เด็กหญิงไอ	13	20	7	100
10	เด็กหญิงเจ	11	20	9	100
	ค่าเฉลี่ย	10.60	20.00	9.40	100

2. ผลศึกษาความพึงพอใจที่มีต่อการเรียนรู้ด้วยนิทานคำกลอนในรูปแบบหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนวัดมกุฏกษัตริยาราม พบว่า โดยภาพรวมนักเรียนมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด (Mean = 4.54, S.D. = 0.58) เมื่อพิจารณารายข้อ พบว่า ประเด็นที่นักเรียนมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด คือ ข้อ 1 เนื้อหาของสื่อใช้ภาษาที่เข้าใจง่าย (Mean = 4.70, S.D. = 0.46) และข้อ 5 สื่อมีประโยชน์และสามารถเรียนรู้ได้ตลอดเวลา (Mean = 4.70, S.D. = 0.64) สะท้อนให้เห็นว่านักเรียนรู้สึกว่าสื่อนิทานคำกลอนมีเนื้อหาที่เข้าถึงได้ง่ายและสามารถนำไปใช้ทบทวนได้ด้วยตนเอง

Y

ตารางที่ 2 ผลการศึกษาความพึงพอใจที่มีต่อการเรียนรู้ด้วยนิทานคำกลอนในรูปแบบหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนวัดมกุฏกษัตริยาราม

ประเด็น	Mean	S.D.	ระดับคุณภาพ
1. เนื้อหาของสื่อใช้ภาษาที่เข้าใจง่าย	4.70	0.46	มากที่สุด
2. รูปแบบตัวอักษร ขนาด และสีตัวอักษรมีความชัดเจน อ่านง่าย	4.50	0.50	มาก
3. ภาพ เสียง และเนื้อหาภายในสื่อมีความสอดคล้องกัน	4.50	0.67	มาก
4. สื่อมีความทันสมัย น่าสนใจ	4.30	0.64	มาก
5. สื่อมีประโยชน์และสามารถเรียนรู้ได้ตลอดเวลา	4.70	0.64	มากที่สุด
รวม	4.54	0.58	มากที่สุด

การอภิปรายผล

1. นักเรียนทุกคนมีทักษะการอ่านภาษาไทยสูงขึ้นอย่างชัดเจน โดยนักเรียนทั้ง 10 คน สามารถทำคะแนนหลังจัดกิจกรรม (Post-test) ได้เต็ม 20 คะแนน สะท้อนให้เห็นว่านิทานคำกลอนในรูปแบบหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ สามารถพัฒนาทักษะการอ่านคำพื้นฐานภาษาไทยของผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ อาจเป็นเพราะนิทานคำกลอนมีจังหวะและสัมผัสของเสียงที่เป็นเอกลักษณ์ ช่วยให้นักเรียนสามารถจดจำคำศัพท์พื้นฐานได้ง่ายและรวดเร็วขึ้น เนื่องจากการอ่านบทกลอนสี่ที่มีการแบ่งจังหวะอ่านอย่างชัดเจน ทำให้นักเรียนสามารถฝึกออกเสียงและสะกดคำได้อย่างเป็นระบบ อีกทั้งเนื้อหาที่สอดแทรกคุณลักษณะอันพึงประสงค์ผ่านตัวละครและสถานการณ์ต่าง ๆ ยังช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเชื่อมโยงความหมายของคำศัพท์กับบริบทชีวิตจริง ซึ่งสนับสนุนกระบวนการจดจำและเข้าใจคำศัพท์ได้ดียิ่งขึ้น สอดคล้องกับหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ที่กำหนดให้ทักษะการอ่านเป็นทักษะที่ต้องฝึกฝนจนเกิดความชำนาญครอบคลุมทั้งการอ่านออกเสียงคำ การอ่านในใจเพื่อสร้างความเข้าใจ และการคิดวิเคราะห์สังเคราะห์ความรู้จากสิ่งที่อ่านเพื่อนำไปปรับใช้ในชีวิตประจำวัน (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560)

1.1 นักเรียนที่มีคะแนนเริ่มต้นต่ำสุด (4 คะแนน) สามารถพัฒนาตนเองจนได้คะแนนเต็ม 20 คะแนน หลังจัดกิจกรรม โดยมีคะแนนเพิ่มขึ้นสูงถึง 16 คะแนน สะท้อนให้เห็นว่าสื่อนิทานคำกลอนในรูปแบบหนังสืออิเล็กทรอนิกส์สามารถกระตุ้นแรงจูงใจและพัฒนาทักษะการอ่านของนักเรียนที่มีพื้นฐานอ่อนได้อย่างมีประสิทธิภาพ อาจเป็นเพราะลักษณะของนิทานคำกลอนที่มีจังหวะ สัมผัส และภาพประกอบที่น่าสนใจ ช่วยลดความกังวลในการอ่านและทำให้นักเรียนเกิดความมั่นใจในการออกเสียงคำศัพท์มากขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ ชฎาพร เพชรนิล และเก็ตถวา บุญปราการ (2568) ที่พบว่าสื่อการเรียนรู้ที่มีองค์ประกอบของภาพและเรื่องเล่าที่เชื่อมโยงกับชีวิตประจำวัน สามารถกระตุ้นความสนใจและส่งเสริมการจดจำคำพื้นฐานของนักเรียนที่มีปัญหาด้านการอ่านได้ดี รวมทั้งสอดคล้องกับ Furenes, Kucirkova และ Bus (2021) ที่พบว่าหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ที่มีองค์ประกอบเสริมสอดคล้องกับเนื้อหาส่งผลให้ผู้เรียนทุกระดับสามารถพัฒนาทักษะการอ่านได้ดีกว่าสื่อสิ่งพิมพ์แบบดั้งเดิม

1.2 นักเรียนที่มีคะแนนก่อนจัดกิจกรรม 13 คะแนน แล้วสามารถพัฒนาตนเองได้เพิ่มขึ้นอีก 7 คะแนน จนได้คะแนนเต็ม 20 คะแนน แสดงให้เห็นว่าสื่อนิทานคำกลอนในรูปแบบหนังสืออิเล็กทรอนิกส์สามารถเติมเต็มช่องว่างของคำศัพท์ที่นักเรียนยังไม่คล่องและพัฒนาความแม่นยำในการออกเสียงให้ดียิ่งขึ้นได้ด้วย อาจเป็นเพราะเนื้อหาของนิทานคำกลอน

ที่หลากหลายเรื่องราว และองค์ประกอบดิจิทัลของหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ที่ผสานเสียง ภาพ และจังหวะการอ่านเข้าด้วยกัน ทำให้นักเรียนในทุกระดับสามารถได้รับการฝึกฝนที่เหมาะสมกับตนเอง สอดคล้องกับ Furenes, Kucirkova และ Bus (2021) ที่ระบุว่าหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ที่ออกแบบอย่างเหมาะสมสามารถส่งเสริมพัฒนาการด้านการอ่านของผู้เรียนได้ในทุกระดับความสามารถอย่างมีประสิทธิภาพ

2. นักเรียนมีความพึงพอใจภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด อาจเป็นเพราะนิทานคำกลอนที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นใช้ภาษาที่เรียบง่าย ชัดเจน มีจังหวะสัมผัสคล้องจอง ส่งผลให้นักเรียนสามารถทำความเข้าใจเนื้อหาได้โดยไม่รู้สึกยาก สอดคล้องกับแนวคิดของ Maslow (1970) ที่ว่าเมื่อผู้เรียนได้รับการตอบสนองความต้องการในด้านความสำเร็จและการได้รับการยอมรับย่อมส่งผลให้เกิดความพึงพอใจในการเรียนรู้ในระดับสูง

ประเด็นที่นักเรียนมีความพึงพอใจสูงสุด ได้แก่ ข้อ 1 เนื้อหาของสื่อใช้ภาษาที่เข้าใจง่าย สะท้อนให้เห็นว่าการที่ผู้วิจัยคัดเลือกคำศัพท์พื้นฐานจากบัญชีคำพื้นฐานชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 มาเรียบเรียงเป็นนิทานคำกลอนนั้น ตรงกับระดับพัฒนาการทางภาษาของนักเรียน ทำให้ผู้เรียนรู้สึกมั่นใจและไม่กดดันในขณะอ่าน และข้อ 5 สื่อมีประโยชน์และสามารถเรียนรู้ได้ตลอดเวลา สะท้อนให้เห็นถึงข้อได้เปรียบของหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ที่นักเรียนสามารถเข้าถึงได้ทุกที่ทุกเวลาผ่านอุปกรณ์ดิจิทัล ซึ่งตอบสนองรูปแบบการเรียนรู้ของผู้เรียนยุคใหม่ที่ต้องการความยืดหยุ่นในการเรียนรู้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Furenes, Kucirkova และ Bus (2021) ที่พบว่าหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ที่มีองค์ประกอบสื่อประสมช่วยสร้างประสบการณ์การเรียนรู้ที่น่าสนใจและเข้าถึงได้ง่าย ส่งผลให้ผู้เรียนมีทัศนคติเชิงบวกต่อการอ่านมากขึ้น รวมทั้งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ชฎาพร เพชรนิล และเก็ตถวา บุญปราการ (2568) ที่พบว่าสื่อการเรียนรู้ที่ผสานเรื่องราวและภาพประกอบที่มีความน่าสนใจสามารถสร้างความพึงพอใจและแรงจูงใจในการเรียนรู้ให้แก่นักเรียนระดับประถมศึกษาได้เป็นอย่างดี

บทสรุป

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาทักษะการอ่านภาษาไทยโดยใช้นิทานคำกลอนในรูปแบบหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ และเพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนวัดมกุฏกษัตริยาราม จำนวน 10 คน ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนทุกคนมีทักษะการอ่านภาษาไทยหลังจัดกิจกรรมสูงกว่าก่อนจัดกิจกรรม และนักเรียนทั้ง 10 คน สามารถทำคะแนนหลังเรียนได้เต็ม 20 คะแนน ด้านความพึงพอใจ พบว่า นักเรียนมีความพึงพอใจต่อสื่อนิทานคำกลอนในรูปแบบหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ ภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด แสดงให้เห็นว่าสื่อดังกล่าวสามารถตอบสนองความต้องการของผู้เรียนทั้งด้านเนื้อหาและรูปแบบการนำเสนอได้เป็นอย่างดี ผลที่ได้จากการวิจัยครั้งนี้สะท้อนให้เห็นว่าการนำนวัตกรรมสื่อดิจิทัลมาบูรณาการกับวรรณกรรมไทย เป็นแนวทางที่มีประสิทธิภาพในการพัฒนาทักษะการอ่านภาษาไทยของนักเรียนระดับประถมศึกษา และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนการสอนในชั้นเรียนได้อย่างเหมาะสม

ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้ ครูผู้สอนสามารถนำนิทานคำกลอนในรูปแบบหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ ไปใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อพัฒนาทักษะการอ่านภาษาไทยสำหรับนักเรียนในระดับชั้นอื่น ๆ ได้ โดยควรคัดเลือกคำศัพท์ให้สอดคล้องกับระดับชั้นและบริบทของผู้เรียน รวมทั้งควรออกแบบเนื้อหานิทานให้มีความหลากหลายและสอดแทรกคุณลักษณะอันพึงประสงค์ เพื่อให้ผู้เรียนได้รับทั้งทักษะการอ่านและคุณค่าทางจริยธรรมไปพร้อมกัน นอกจากนี้ควรเปิดโอกาสให้นักเรียนสามารถเข้าถึงสื่อได้ด้วยตนเองนอกเวลาเรียน เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้อย่างต่อเนื่องและพัฒนานิสัยรักการอ่านในระยะยาว

ในการวิจัยครั้งต่อไป ควรขยายกลุ่มตัวอย่างให้มีขนาดใหญ่ขึ้นและครอบคลุมนักเรียนในหลายระดับชั้น เพื่อให้ได้ผลการวิจัยที่สามารถอ้างอิงไปยังประชากรในวงกว้างได้มากยิ่งขึ้น นอกจากนี้ควรศึกษาการพัฒนานิทานคำกลอนในรูปแบบแอนิเมชันหรือเกมการศึกษาดิจิทัล เพื่อเพิ่มความน่าสนใจและกระตุ้นการมีส่วนร่วมของผู้เรียนให้มากขึ้น รวมทั้งควรศึกษาผลระยะยาวของการใช้สื่อดิจิทัลประเภทนี้ที่มีต่อทักษะการอ่านและนิสัยรักการอ่านของนักเรียนในภาคเรียนถัดไป

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้ภาษาไทย ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560). สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน.

ชฎาพร เพชรนิล และเก็ตถวา บุญปราการ. (2568). พัฒนาทักษะการอ่านคำพื้นฐานภาษาไทยโดยการจัดกิจกรรมเสริมหลักสูตรด้วยบทเรียนการ์ตูนสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5. วารสารวิชาการสถาบันพัฒนาพระวิทยากร. 8(2): 258–270.

ศิริชัย กาญจนวาสี. (2556). ทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม. (พิมพ์ครั้งที่ 7). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2566). ผลการประเมิน PISA 2022 คณิตศาสตร์ การอ่าน และวิทยาศาสตร์. สืบค้นจาก https://pisathailand.ipst.ac.th/pisa2022-fullreport/

Furenes, M. I., Kucirkova, N., & Bus, A. G. (2021). A comparison of children's reading on paper versus screen: A meta-analysis. Review of Educational Research. 91(4): 483–517. https://doi.org/10.3102/0034654321998074

Maslow, A. H. (1970). Motivation and personality (2nd ed.). Harper & Row.

การศึกษาแนวโน้มการรับรู้ความสามารถของตนเองทางคณิตศาสตร์ และความสามารถที่แท้จริง ของนักศึกษาคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต

A study of trends in mathematics self-efficacy and actual ability of Science and Technology students, Suan Dusit University

ฐิติพร ลินิฐฎา* ธานินทร์ สิทธิวิรัชธรรม สาวิตรี มูลสุวรรณ และชนิสรา เมธภัทรหิรัญ
Thitiporn Linitda*, Thanin Sitthiwirattham, Sawitree Moonsuwan and Chanisara Metpattarahiran

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต
Faculty of Science and Technology Suan Dusit University
**Corresponding Author E-mail Address : khwan.edu@gmail.com*

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการรับรู้ความสามารถของตนเองทางคณิตศาสตร์ กับความสามารถทางคณิตศาสตร์ที่แท้จริง ของนักศึกษาคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยสวนดุสิต โดยวิเคราะห์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงย้อนหลัง 10 ปี (พ.ศ. 2559-2568) กลุ่มตัวอย่างคือนักศึกษาระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 1 คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จำนวน 473 คน ได้มาโดยการสุ่มแบบแบ่งชั้นภูมิ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย 2 ชุด ได้แก่ แบบวัดการรับรู้ความสามารถของตนเองทางคณิตศาสตร์ จำนวน 20 ข้อ มาตรประมาณค่า 0-10 คะแนน (คะแนนเต็ม 200 คะแนน) พัฒนาตามแนวคิดของ Bandura และแบบทดสอบวัดความสามารถทางคณิตศาสตร์ จำนวน 20 ข้อ ข้อละ 0-10 คะแนน (คะแนนเต็ม 200 คะแนน) วิเคราะห์ข้อมูลด้วยค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน การวิเคราะห์แนวโน้มเชิงเส้น การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ และดัชนีความคลาดเคลื่อนในการประเมินตนเอง (Calibration Bias)

ผลการวิจัยพบว่า 1) การรับรู้ความสามารถของตนเองทางคณิตศาสตร์โดยรวมอยู่ในระดับปานกลาง โดยมีแนวโน้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 (β = -2.20 คะแนน/ปี, R^2 = .67) 2) ความสามารถทางคณิตศาสตร์ที่แท้จริงมีแนวโน้มลดลงเช่นกัน (β = -1.44 คะแนน/ปี, R^2 = .19) 3) การรับรู้ความสามารถของตนเองทางคณิตศาสตร์มีความสัมพันธ์ทางบวกกับความสามารถทางคณิตศาสตร์ที่แท้จริงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ในทุกปีการศึกษา (r = .38-.71) 4) ค่า Calibration Bias มีค่าเป็นบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ในทุกปี โดยสูงขึ้นในช่วง COVID-19 แล้วลดลงในช่วงฟื้นตัว

คำสำคัญ: แนวโน้ม การรับรู้ความสามารถของตนเอง คณิตศาสตร์ ความสามารถที่แท้จริง

Abstract

This research aimed to investigate the correlation between mathematics self-efficacy and actual mathematics ability among students in the Faculty of Science and Technology, Suan Dusit University, by analyzing trends over a 10-year retrospective period (2016–2025). The sample consisted of 473 first-year undergraduate students from the Faculty of Science and Technology, selected through stratified random sampling. Two research instruments were employed: a 20-item Mathematics Self-Efficacy Scale with a rating scale of 0–10 per item, developed based on Bandura's self-efficacy framework, and a 20-item Mathematics Ability Test scored on a 0–10 scale per item. Data were analyzed using means, standard deviations, Pearson's product-moment correlation coefficients, linear trend analysis, multiple regression analysis, and Calibration Bias index.

The findings revealed that: 1) Overall mathematics self-efficacy was at a moderate level and exhibited a statistically significant declining trend at the .01 level (β = −2.20 points/year, R^2 = .67); 2) actual mathematics ability also demonstrated a declining trend (β = −1.44 points/year, R^2 = .19); 3) mathematics self-efficacy was positively and significantly correlated with actual mathematics ability at the .01 level across all academic years (r = .38–.71); and 4) the calibration bias index values were significantly positive at the .01 level in every year, indicating that students consistently overestimated their abilities, with the bias increasing during the COVID-19 period and subsequently decreasing during the recovery phase.

Keywords: Trends, Self-efficacy, Mathematics, Actual ability

บทนำ

การพัฒนาสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 นับเป็นเป้าหมายสำคัญของระบบการศึกษาทั่วโลก เนื่องจากคณิตศาสตร์เป็นศาสตร์พื้นฐานที่มีบทบาทต่อการพัฒนาการคิดเชิงตรรกะ การแก้ปัญหา และการตัดสินใจอย่างมีเหตุผล ซึ่งเป็นทักษะจำเป็นต่อการดำรงชีวิตและการทำงานในยุคเศรษฐกิจฐานดิจิทัล องค์การเพื่อความร่วมมือทางเศรษฐกิจและการพัฒนา (Organisation for Economic Co-operation and Development [OECD], 2023) รายงานผลการประเมิน Programme for International Student Assessment (PISA) 2022 ว่า คะแนนเฉลี่ยด้านคณิตศาสตร์ของผู้เรียนในหลายประเทศลดลงอย่างต่อเนื่องภายหลังสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 (COVID-19) โดยประเทศไทยมีคะแนนเฉลี่ยต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของ OECD อย่างต่อเนื่อง ซึ่งสะท้อนถึงความท้าทายด้านคุณภาพการเรียนรู้คณิตศาสตร์ของผู้เรียนไทยในทุกระดับการศึกษา

นอกเหนือจากปัจจัยด้านความรู้และทักษะทางคณิตศาสตร์แล้ว ปัจจัยด้านจิตวิทยาการเรียนรู้ โดยเฉพาะ การรับรู้ความสามารถของตนเอง (Self-Efficacy) ได้รับการยอมรับว่าเป็นตัวแปรสำคัญที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน Bandura (1997) อธิบายว่า การรับรู้ความสามารถของตนเองหมายถึง ความเชื่อของบุคคลเกี่ยวกับความสามารถของตนในการจัดการและดำเนินพฤติกรรมให้บรรลุเป้าหมายที่กำหนดไว้ สำหรับบริบทของการเรียนคณิตศาสตร์ การรับรู้ความสามารถของตนเอง

ทางคณิตศาสตร์ (Mathematics Self-Efficacy) หมายถึง ความเชื่อมั่นของผู้เรียนว่าตนสามารถทำความเข้าใจ แก้ปัญหา และประสบความสำเร็จในการเรียนคณิตศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ จากงานวิจัยที่ผ่านมาแสดงให้เห็นอย่างสอดคล้องกันว่า การรับรู้ความสามารถของตนเองมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน พฤติกรรมการกำกับตนเองในการเรียนรู้ และแรงจูงใจทางการเรียน (Pajares, 1996; Zimmerman, 2000) โดย Honicke และ Broadbent (2016) ซึ่งศึกษางานวิจัยเชิงอภิมานในระดับอุดมศึกษา พบว่าการรับรู้ความสามารถของตนเองเป็นปัจจัยที่สามารถทำนายผลการเรียนของผู้เรียนได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้ Schunk และ Pajares (2009) ยังเสนอว่าผู้เรียนที่มีการรับรู้ความสามารถของตนเองในระดับสูงมักมีความพยายาม อดทนต่ออุปสรรค และเลือกใช้กลวิธีการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพมากกว่าผู้เรียนที่มีการรับรู้ความสามารถต่ำ

ในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา แนวคิดเกี่ยวกับการรับรู้ความสามารถของตนเองได้ถูกเชื่อมโยงกับแนวคิดด้านอภิปัญญา (Metacognition) และความแม่นยำในการประเมินตนเอง (Calibration Accuracy) มากขึ้น โดย Chen และ Zimmerman (2007) พบว่า ผู้เรียนที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์สูงมักสามารถประเมินความสามารถของตนเองได้อย่างแม่นยำ ขณะที่ผู้เรียนที่มีความสามารถต่ำมีแนวโน้มประเมินความสามารถของตนเองสูงเกินจริง ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิด Dunning-Kruger Effect ของ Kruger และ Dunning (1999) ที่อธิบายว่า บุคคลที่มีความสามารถต่ำมักขาดทักษะเชิงอภิปัญญาในการประเมินข้อจำกัดของตนเอง ส่งผลให้เกิดความคลาดเคลื่อนระหว่าง "การรับรู้ความสามารถ" กับ "ความสามารถที่แท้จริง" งานวิจัยล่าสุดของ Carpenter et al. (2022) ยังชี้ให้เห็นว่า ความคลาดเคลื่อนในการประเมินตนเองส่งผลต่อพฤติกรรมการเรียนรู้ การตัดสินใจเลือกเรียน และการวางแผนพัฒนาตนเองของผู้เรียนในระยะยาว

ภายหลังสถานการณ์ COVID-19 ระบบการศึกษาทั่วโลกเผชิญกับปัญหาภาวะถดถอยทางการเรียนรู้ (Learning Loss) อย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะในกลุ่มสาระคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ Engzell et al. (2021) พบว่า การปิดสถานศึกษาในช่วงการแพร่ระบาดส่งผลให้ผู้เรียนสูญเสียพัฒนาการทางการเรียนในระดับที่เทียบเท่ากับการเรียนรู้หลายเดือน ขณะที่ Kuhfeld et al. (2022) รายงานว่า ผู้เรียนจำนวนมากมีระดับความมั่นใจในการเรียนสูงขึ้น แม้ว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจริงจะลดลง ซึ่งสะท้อนถึงปัญหาความคลาดเคลื่อนในการประเมินตนเอง (Calibration Bias) ที่เพิ่มสูงขึ้นในช่วงการเรียนออนไลน์ สำหรับบริบทประเทศไทย อิทธิพัทธ์ สุวทันพรกูล มนตา ตุลย์เมาะการ และพนิดา ศกุนตนาค (2565) พบว่า ผู้เรียนไทยมีภาวะถดถอยทางการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์อย่างชัดเจน โดยเฉพาะในกลุ่มที่มีข้อจำกัดด้านเทคโนโลยีและการเข้าถึงการเรียนออนไลน์

นอกจากนี้ การเปลี่ยนแปลงของบริบทการเรียนรู้ในยุคดิจิทัลและการใช้ปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence: AI) เพื่อสนับสนุนการเรียนรู้ ยังส่งผลต่อพฤติกรรมการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนอย่างมีนัยสำคัญ Holmes และ Tuomi (2022) อธิบายว่า แม้เทคโนโลยี AI จะช่วยส่งเสริมการเรียนรู้เฉพาะบุคคลและเพิ่มโอกาสในการเข้าถึงองค์ความรู้ แต่ในขณะเดียวกัน ผู้เรียนบางส่วนอาจพึ่งพาเทคโนโลยีมากเกินไปจนส่งผลต่อกระบวนการคิดวิเคราะห์และการประเมินศักยภาพของตนเองอย่างเหมาะสม โดยเฉพาะในรายวิชาคณิตศาสตร์ที่ต้องอาศัยกระบวนการคิดเชิงเหตุผลและการแก้ปัญหาอย่างเป็นลำดับขั้น

แม้ว่าจะมีงานวิจัยจำนวนมากที่ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการรับรู้ความสามารถของตนเองกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ แต่งานวิจัยส่วนใหญ่ยังคงเป็นการศึกษาแบบภาคตัดขวาง ณ ช่วงเวลาใดช่วงเวลาหนึ่ง (Cross-Sectional Study) ซึ่งไม่สามารถสะท้อนแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของผู้เรียนในระยะยาวได้อย่างชัดเจน อีกทั้งในบริบทของประเทศไทยยังพบช่องว่างทางการวิจัยที่สำคัญ ได้แก่ (1) การขาดงานวิจัยเชิงแนวโน้มระยะยาวเกี่ยวกับการรับรู้ความสามารถของตนเองทางคณิตศาสตร์ในระดับอุดมศึกษา (2) การศึกษาช่องว่างระหว่างการรับรู้ความสามารถกับความสามารถที่แท้จริงผ่านแนวคิด

Calibration Bias ยังมีอยู่อย่างจำกัด และ (3) ยังขาดข้อมูลเชิงประจักษ์เกี่ยวกับผลกระทบของสถานการณ์ COVID-19 และบริบทการเรียนรู้ดิจิทัลต่อความแม่นยำในการประเมินตนเองทางคณิตศาสตร์ของนักศึกษาไทย

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต เป็นหน่วยงานที่จัดการเรียนการสอนในสาขาวิชาที่ต้องอาศัยพื้นฐานทางคณิตศาสตร์เป็นสำคัญ ทั้งด้านวิทยาศาสตร์ประยุกต์ วิทยาการคอมพิวเตอร์ และเทคโนโลยีสารสนเทศ จากข้อมูลย้อนหลังพบว่า ความสามารถทางคณิตศาสตร์ของนักศึกษาใหม่มีแนวโน้มเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่องในช่วงสิบปีที่ผ่านมา โดยเฉพาะในช่วงหลังสถานการณ์ COVID-19 ที่ผู้เรียนมีรูปแบบการเรียนรู้และพฤติกรรมการใช้เทคโนโลยีที่แตกต่างจากเดิมอย่างชัดเจน จึงนำไปสู่คำถามสำคัญว่า ในขณะที่ความสามารถทางคณิตศาสตร์ที่แท้จริงของนักศึกษามีการเปลี่ยนแปลงนั้น การรับรู้ความสามารถของตนเองทางคณิตศาสตร์มีการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกันหรือไม่ และเกิดช่องว่างระหว่าง การรับรู้ กับ ความสามารถจริง มากน้อยเพียงใด ดังนั้น การวิจัยครั้งนี้จึงมุ่งศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการรับรู้ความสามารถของตนเองทางคณิตศาสตร์กับความสามารถทางคณิตศาสตร์ที่แท้จริงของนักศึกษาคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต โดยวิเคราะห์แนวโน้มย้อนหลัง 10 ปี (พ.ศ. 2559–2568) รวมถึงศึกษาช่องว่างระหว่างการรับรู้ความสามารถกับความสามารถจริงผ่านแนวคิด Calibration Bias เพื่อให้ได้ข้อมูลเชิงประจักษ์ที่สามารถนำไปใช้ในการออกแบบการจัดการเรียนรู้ การพัฒนาหลักสูตร และการส่งเสริมสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ของนักศึกษาในระดับอุดมศึกษาให้สอดคล้องกับบริบทการเรียนรู้ในยุคดิจิทัลอย่างมีประสิทธิภาพ

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของการรับรู้ความสามารถของตนเองทางคณิตศาสตร์และความสามารถที่แท้จริงในช่วง 10 ปี (พ.ศ. 2559-2568)
2. เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างการรับรู้ความสามารถของตนเองทางคณิตศาสตร์กับความสามารถทางคณิตศาสตร์ที่แท้จริง
3. เพื่อวิเคราะห์ช่องว่าง (Gap) ระหว่างการรับรู้ความสามารถของตนเองกับความสามารถที่แท้จริงและแนวโน้มการเปลี่ยนแปลง

ทบทวนวรรณกรรม

1. ทฤษฎีการรับรู้ความสามารถของตนเอง (Self-Efficacy Theory)

Bandura (1997) ได้นิยามการรับรู้ความสามารถของตนเอง (Self-Efficacy) ว่าเป็นความเชื่อของบุคคลเกี่ยวกับความสามารถของตนเองในการจัดระเบียบและดำเนินการกระทำที่จำเป็นเพื่อจัดการกับสถานการณ์ต่าง ๆ ในอนาคต การรับรู้ความสามารถของตนเองไม่ได้หมายถึงทักษะที่บุคคลมีอยู่จริง แต่เป็นความเชื่อมั่นเกี่ยวกับสิ่งที่ตนเองสามารถทำได้ภายใต้เงื่อนไขต่าง ๆ แนวคิดนี้เป็นองค์ประกอบหลักของทฤษฎีการเรียนรู้ทางสังคมปัญญา (Social Cognitive Theory) ซึ่ง Bandura อธิบายว่าพฤติกรรมของมนุษย์เป็นผลจากปฏิสัมพันธ์สามทาง ระหว่างปัจจัยส่วนบุคคล (ความเชื่อ ความรู้ อารมณ์) พฤติกรรม และสิ่งแวดล้อม โดยการรับรู้ความสามารถของตนเองทำหน้าที่เป็นกลไกเชื่อมระหว่างความรู้กับการกระทำ กล่าวคือ แม้ว่าบุคคลจะมีความรู้หรือทักษะที่จำเป็น แต่หากขาดความเชื่อมั่นในความสามารถของตนเอง ก็อาจไม่สามารถแสดงพฤติกรรมที่ต้องการออกมาได้อย่างมีประสิทธิภาพ Bandura ระบุว่าการรับรู้ความสามารถของตนเองเกิดจากแหล่งข้อมูล 4 แหล่ง เรียงตามลำดับอิทธิพลจากมากไปน้อย ดังนี้ แหล่งแรกคือ ประสบการณ์ที่ประสบความสำเร็จ (Mastery Experiences) เป็นแหล่งข้อมูลที่ทรงอิทธิพลมากที่สุด เมื่อบุคคลประสบความสำเร็จในการทำงานใดงานหนึ่ง ความเชื่อมั่นใน

ความสามารถของตนเองจะเพิ่มขึ้น ในทางกลับกัน ความล้มเหลวซ้ำ ๆ จะทำให้การรับรู้ความสามารถลดลง แหล่งที่สองคือ ประสบการณ์จากการสังเกตแบบอย่าง (Vicarious Experiences) การเห็นผู้อื่นที่มีคุณลักษณะใกล้เคียงกันทำสิ่งใดสำเร็จ จะช่วยเพิ่มความเชื่อมั่นว่าตนเองก็สามารถทำได้เช่นกัน แหล่งที่สามคือ การชักจูงด้วยคำพูด (Verbal Persuasion) ได้แก่ คำแนะนำ คำชมเชย หรือคำให้กำลังใจจากบุคคลที่น่าเชื่อถือ และแหล่งที่สี่คือ สภาวะทางร่างกายและอารมณ์ (Physiological and Affective States) เช่น ความวิตกกังวล ความเครียด ซึ่งบุคคลอาจตีความว่าเป็นสัญญาณของความไม่พร้อมหรือความอ่อนแอ นอกจากนี้การรับรู้ความสามารถของตนเองมีคุณสมบัติเฉพาะด้าน (Domain-Specific) กล่าวคือ บุคคลอาจมีการรับรู้ความสามารถสูงในด้านหนึ่ง แต่ต่ำในอีกด้านหนึ่ง เช่น นักศึกษาคนหนึ่งอาจมีความมั่นใจสูงในการแก้โจทย์พีชคณิต แต่ขาดความมั่นใจในการพิสูจน์ทฤษฎีเรขาคณิต ดังนั้น การวัดการรับรู้ความสามารถของตนเองจึงต้องระบุบริบทและงานที่เฉพาะเจาะจง

ในบริบทของการเรียนรู้ยุคดิจิทัล แนวคิด Self-Efficacy ได้ถูกเชื่อมโยงกับการเรียนรู้แบบกำกับตนเอง (Self-Regulated Learning: SRL) มากขึ้น Zimmerman (2000) อธิบายว่า ผู้เรียนที่มี Self-Efficacy สูงมักสามารถกำหนดเป้าหมาย วางแผน ติดตาม และประเมินการเรียนรู้ของตนเองได้อย่างมีประสิทธิภาพ ขณะที่ Broadbent และ Poon (2015) พบว่า Self-Regulated Learning มีบทบาทสำคัญต่อความสำเร็จในการเรียนออนไลน์ โดยเฉพาะในรายวิชาที่ต้องใช้การคิดวิเคราะห์ เช่น คณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์

2. การรับรู้ความสามารถของตนเองทางคณิตศาสตร์ (Mathematics Self-Efficacy)

Hackett และ Betz (1989) ได้นำแนวคิดของ Bandura มาประยุกต์ใช้ในบริบทของคณิตศาสตร์ โดยอธิบายว่าการรับรู้ความสามารถของตนเองทางคณิตศาสตร์เป็นการประเมินของบุคคลเกี่ยวกับความมั่นใจในการทำงานที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์ให้สำเร็จ ครอบคลุมทั้งการแก้โจทย์ปัญหา การเข้าใจแนวคิด และการนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน โดยงานวิจัยเชิงอภิมาน (Meta-Analysis) ของ Multon, Brown, และ Lent (1991) ซึ่งศึกษางานวิจัย 39 เรื่อง พบว่าการรับรู้ความสามารถของตนเองมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอย่างมีนัยสำคัญ โดยมีขนาดอิทธิพล (Effect Size) อยู่ในระดับปานกลาง ซึ่งหมายความว่านักเรียนที่มีความเชื่อมั่นในความสามารถของตนเองสูงกว่า มีแนวโน้มที่จะมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ดีกว่า ในทิศทางเดียวกัน Pajares (1996) ยืนยันว่าการรับรู้ความสามารถของตนเองเป็นตัวทำนายผลสัมฤทธิ์ทางคณิตศาสตร์ได้ดีกว่าตัวแปรอื่น ๆ หลายตัว เช่น ความวิตกกังวลทางคณิตศาสตร์ มโนทัศน์เกี่ยวกับตนเอง หรือแม้แต่ผลการเรียนก่อนหน้า

Schunk และ Pajares (2009) ขยายความเพิ่มเติมว่าการรับรู้ความสามารถของตนเองทางคณิตศาสตร์ส่งผลต่อพฤติกรรมการเรียนรู้ใน 4 ด้าน ได้แก่ (1) การเลือกกิจกรรม โดยผู้เรียนที่มีความเชื่อมั่นสูงจะเลือกทำโจทย์ที่ท้าทายมากกว่า (2) ความพยายามและความอดทน โดยผู้ที่เชื่อมั่นในตนเองจะพยายามมากขึ้นเมื่อเผชิญอุปสรรค (3) กระบวนการคิดและอารมณ์ โดยผู้ที่มี Self-Efficacy สูงจะมีความวิตกกังวลน้อยกว่า และ (4) การกำกับตนเอง (Self-Regulation) โดยผู้ที่เชื่อมั่นในตนเองจะวางแผน ติดตาม และประเมินการเรียนรู้ของตนเองได้ดีกว่า ในขณะที่ Zimmerman (2000) ได้อธิบายความเชื่อมโยงระหว่างการรับรู้ความสามารถของตนเองกับการกำกับตนเองในการเรียนรู้ (Self-Regulated Learning) ว่าทั้งสองแนวคิดมีความสัมพันธ์แบบเกื้อหนุนซึ่งกันและกัน กล่าวคือ นักศึกษาที่มีการรับรู้ความสามารถสูงจะใช้กลวิธีการกำกับตนเองมากขึ้น ซึ่งนำไปสู่ผลสัมฤทธิ์ที่ดีขึ้น และผลสัมฤทธิ์ที่ดีขึ้นก็จะเสริมสร้างการรับรู้ความสามารถให้สูงขึ้นอีก เป็นวงจรเชิงบวก ในบริบทของคณิตศาสตร์ Chen และ Zimmerman (2007) พบว่านักศึกษาที่มีการรับรู้ความสามารถทางคณิตศาสตร์สูงมีการใช้กลวิธีการแก้ปัญหาที่หลากหลายและมีประสิทธิภาพมากกว่า นอกจากนี้ยังมีความสามารถในการประเมินความถูกต้อง

ของคำตอบตนเอง (Calibration Accuracy) ที่แม่นยำกว่านักศึกษาที่มีการรับรู้ความสามารถต่ำ นอกจากนี้ Honicke และ Broadbent (2016) ได้ทบทวนงานวิจัยในระดับอุดมศึกษาและพบว่า Self-Efficacy มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทั้งทางตรงและทางอ้อม ผ่านกลไกของแรงจูงใจและการกำกับตนเองในการเรียนรู้ นอกจากนี้ Fast et al. (2010) ยังพบว่าผู้เรียนที่มี Mathematics Self-Efficacy สูงมักมีแนวโน้มเลือกเรียนในสาขาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ (STEM) มากกว่า ซึ่งสะท้อนบทบาทของ Self-Efficacy ต่อเส้นทางการศึกษาของผู้เรียนในระยะยาว ในช่วงหลัง COVID-19 งานวิจัยเริ่มให้ความสำคัญกับความสัมพันธ์ระหว่าง Mathematics Self-Efficacy กับการเรียนรู้ในสภาพแวดล้อมออนไลน์มากขึ้น Wang et al. (2023) พบว่า ผู้เรียนที่มี Self-Efficacy สูงสามารถปรับตัวต่อการเรียนออนไลน์ทางคณิตศาสตร์ได้ดีกว่า และมีระดับความคงทนทางวิชาการ (Academic Resilience) สูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญ

สำหรับในบริบทประเทศไทย วิไลลักษณ์ เอราวรรณ์ (2564) ได้ศึกษาแนวทางการพัฒนาแบบวัดการรับรู้ความสามารถของตนเองสำหรับผู้เรียนไทย โดยเสนอว่าการวัดการรับรู้ความสามารถของตนเองควรคำนึงถึงบริบททางวัฒนธรรม เนื่องจากนักศึกษาไทยอาจมีรูปแบบการประเมินตนเองที่แตกต่างจากนักศึกษาในวัฒนธรรมตะวันตก ทั้งนี้เนื่องจากค่านิยมเรื่องความถ่อมตนและการเกรงใจที่อาจส่งผลต่อการรายงานความเชื่อมั่นในตนเอง

3. แนวคิดเรื่อง Calibration และความแม่นยำในการประเมินตนเอง

แนวคิดเรื่อง Calibration ในบริบทการศึกษาหมายถึงความสอดคล้องระหว่างความเชื่อมั่นของผู้เรียนกับผลการปฏิบัติจริง หากผู้เรียนสามารถประเมินได้ว่าตนเองจะทำข้อสอบข้อใดได้หรือไม่ได้อย่างแม่นยำ แสดงว่ามี Calibration Accuracy ที่ดี Chen และ Zimmerman (2007) แบ่ง Calibration ออกเป็น 2 มิติ ได้แก่ Calibration Bias ซึ่งวัดว่าโดยเฉลี่ยแล้วผู้เรียนประเมินตนเองสูงหรือต่ำกว่าความเป็นจริงเท่าใด (ค่าบวกหมายถึงประเมินสูงเกินจริง ค่าลบหมายถึงประเมินต่ำกว่าจริง) และ Calibration Accuracy ซึ่งวัดความแม่นยำโดยรวมของการประเมินตนเอง (ค่ายิ่งต่ำยิ่งแม่นยำ)

ในงานวิจัยนี้เลือกใช้ Calibration Bias เนื่องจากเป็นดัชนีที่สะท้อน "ทิศทาง" ของความคลาดเคลื่อนได้ชัดเจน โดยคำนวณจากผลต่างระหว่างคะแนนการรับรู้ความสามารถกับคะแนนความสามารถจริง ซึ่งเนื่องจากแบบวัดทั้งสองชุดในงานวิจัยนี้ใช้มาตรวัดเดียวกัน (0-10 คะแนน จำนวน 20 ข้อ คะแนนเต็ม 200 คะแนน) จึงสามารถเปรียบเทียบคะแนนดิบระหว่างสองตัวแปรได้โดยตรงโดยไม่จำเป็นต้องแปลงเป็นคะแนนมาตรฐาน

4. Dunning-Kruger Effect และช่องว่างการรับรู้

Kruger และ Dunning (1999) ค้นพบปรากฏการณ์ที่ผู้มีความสามารถต่ำมักประเมินความสามารถตนเองสูงเกินจริง ในขณะที่ผู้มีความสามารถสูงมักประเมินตนเองต่ำกว่าความเป็นจริง ปรากฏการณ์นี้เกิดจากการที่ผู้มีความสามารถต่ำขาดทักษะเชิงอภิปัญญา (Metacognitive Skills) ในการประเมินผลงานของตนเอง จึงไม่ตระหนักว่าตนเองมีข้อจำกัดอย่างไร Kruger และ Dunning อธิบายว่า ทักษะเดียวกันที่จำเป็นในการทำงานให้สำเร็จ ก็เป็นทักษะเดียวกันที่จำเป็นในการประเมินคุณภาพของผลงาน ดังนั้น ผู้ที่ขาดทักษะในการทำงานจึงขาดทักษะในการรู้ว่าตนเองทำได้ไม่ดีด้วย ปรากฏการณ์ Dunning-Kruger Effect มีนัยสำคัญอย่างยิ่งต่อการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ในระดับอุดมศึกษา เนื่องจากนักศึกษาที่มีช่องว่างระหว่างการรับรู้กับความสามารถจริงมากอาจไม่ตระหนักถึงจุดอ่อนของตนเอง จึงไม่แสวงหาความช่วยเหลือหรือไม่พัฒนาตนเองในส่วนที่จำเป็น ในทางตรงกันข้าม นักศึกษาที่ประเมินตนเองต่ำกว่าความจริงอาจหลีกเลี่ยงการทำโจทย์ที่ท้าทายแม้ว่าจะมีความสามารถเพียงพอ ทำให้พลาดโอกาสในการพัฒนาศักยภาพ ดัง Miller และ Geraci (2011) ที่พบว่า ผู้เรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ต่ำมักมีระดับ Overconfidence สูงกว่าผู้เรียนที่มีผลสัมฤทธิ์สูง ซึ่งส่งผลให้ผู้เรียนกลุ่มนี้ไม่ตระหนักถึงข้อจำกัดของตนเอง

และลดแรงจูงใจในการพัฒนาตนเอง การทำความเข้าใจรูปแบบ Calibration Bias ของนักศึกษาจึงเป็นข้อมูลสำคัญในการออกแบบกลยุทธ์การสอนที่ตอบสนองต่อความต้องการที่แตกต่างกันของผู้เรียนแต่ละกลุ่ม

5. ผลกระทบของ COVID-19 ต่อการเรียนรู้คณิตศาสตร์

สถานการณ์การแพร่ระบาดของ COVID-19 ส่งผลกระทบอย่างมากต่อการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ทั่วโลก Engzell, Frey, และ Verhagen (2021) ศึกษาผลกระทบของการปิดโรงเรียนในประเทศเนเธอร์แลนด์ พบว่านักเรียนสูญเสียการเรียนรู้ (Learning Loss) โดยเฉลี่ยประมาณ 3 เดือนในช่วงปิดโรงเรียน 8 สัปดาห์ ซึ่งเทียบเท่ากับ 1 ใน 5 ของปีการศึกษา ที่สำคัญ คือ ผลกระทบนี้รุนแรงกว่าในกลุ่มนักเรียนจากครอบครัวที่มีการศึกษาน้อย สะท้อนว่า COVID-19 ไม่เพียงทำให้การเรียนรู้ถดถอย แต่ยังขยายช่องว่างทางการศึกษาที่มีอยู่เดิมให้กว้างขึ้นด้วย

ในบริบทประเทศไทย อิทธิพัทธ์ สุวทันพรกูล, มนตา ตุลย์เมาะการ และพนิดา ศกุนตนาค (2565) ศึกษาภาวะถดถอยทางการเรียนรู้ของผู้เรียนระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานในสถานการณ์โควิด-19 พบว่าผู้เรียนมีภาวะถดถอยทางการเรียนรู้อย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะในกลุ่มสาระคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นรายวิชาที่ต้องอาศัยการฝึกฝนและปฏิสัมพันธ์ในห้องเรียนมากกว่ารายวิชาอื่น สอดคล้องกับรายงานของสำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา (2565) ที่เสนอมาตรการฟื้นฟูภาวะถดถอยทางการเรียนรู้โดยเน้นการจัดกิจกรรมเสริมทักษะคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์เป็นพิเศษ

ผลกระทบจาก COVID-19 ต่อการรับรู้ความสามารถของตนเองนั้น อาจเกิดขึ้นผ่านกลไกที่ซับซ้อน การเรียนออนไลน์ทำให้นักศึกษาขาดแหล่งข้อมูลสำคัญที่ใช้ในการสร้างการรับรู้ความสามารถ ได้แก่ (1) ข้อมูลป้อนกลับทันที (Immediate Feedback) จากผู้สอนในห้องเรียน ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของ Mastery Experiences (2) การเห็นเพื่อนร่วมชั้นแก้โจทย์ ซึ่งเป็น Vicarious Experiences (3) การให้กำลังใจจากอาจารย์และเพื่อน ซึ่งเป็น Verbal Persuasion และ (4) บรรยากาศการเรียนที่เอื้อต่อการลดความวิตกกังวล ซึ่งเป็น Physiological States เมื่อแหล่งข้อมูลเหล่านี้ขาดหายไป การรับรู้ความสามารถของตนเองจึงอาจเกิดจากข้อมูลที่ไม่ครบถ้วน ทำให้เกิด Calibration Bias ที่สูงขึ้นในช่วง COVID-19

6. การศึกษาแนวโน้มเชิงตัดขวางซ้ำ

การวิจัยเชิงแนวโน้มแบบภาคตัดขวางซ้ำ (Repeated Cross-Sectional Trend Study) เป็นรูปแบบการวิจัยที่เก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างชุดใหม่ในแต่ละช่วงเวลา แตกต่างจากการวิจัยเชิงติดตามระยะยาว (Longitudinal Study) ที่ติดตามบุคคลกลุ่มเดียวกันตลอดเวลา ข้อดีของแบบตัดขวางซ้ำคือสามารถศึกษาแนวโน้มในระดับประชากรได้โดยไม่มีปัญหาการสูญเสียกลุ่มตัวอย่าง (Attrition) แต่มีข้อจำกัดคือไม่สามารถสรุปเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงในระดับบุคคลได้ ในงานวิจัยนี้เลือกใช้รูปแบบนี้เนื่องจากมีความเหมาะสมกับวัตถุประสงค์ที่ต้องการศึกษาแนวโน้มในระดับสถาบัน ตลอดช่วงเวลา 10 ปี ซึ่งนักศึกษาแต่ละรุ่นที่เข้าศึกษาในแต่ละปีเป็นกลุ่มประชากรที่แตกต่างกัน

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปริมาณ (Quantitative Research) แบบสำรวจ (Survey Research) ร่วมกับการวิเคราะห์แนวโน้มแบบภาคตัดขวางตามช่วงเวลา (Repeated Cross-Sectional Trend Analysis) โดยรวบรวมข้อมูลจากนักศึกษาชั้นปีที่ 1 ในแต่ละปีการศึกษา ตั้งแต่ พ.ศ. 2559 ถึง 2568

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร ได้แก่ นักศึกษาระดับปริญญาตรีคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีชั้นปีที่ 1 มหาวิทยาลัยสวนดุสิต ตั้งแต่ปีการศึกษา 2559 ถึง 2568 กลุ่มตัวอย่างได้มาโดยการสุ่มแบบแบ่งชั้นภูมิ (Stratified Random Sampling) โดยแบ่งชั้นภูมิตามสาขาวิชาภายในคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เพื่อให้ได้ตัวแทนจากทุกสาขาวิชาอย่างเป็นสัดส่วน ได้จำนวนรวม 473 คน เหตุผลในการเลือกนักศึกษาชั้นปีที่ 1 เนื่องจากเป็นช่วงเวลาที่สะท้อนพื้นฐานทางคณิตศาสตร์จากระดับมัธยมศึกษาได้ชัดเจน โดยยังไม่ได้รับอิทธิพลจากการเรียนในระดับมหาวิทยาลัย จึงเหมาะสมสำหรับการเปรียบเทียบระหว่างรุ่น

ตารางที่ 1 จำนวนกลุ่มตัวอย่างในแต่ละปีการศึกษา

ปีการศึกษา	2559	2560	2561	2562	2563	2564	2565	2566	2567	2568	รวม
จำนวน(คน)	48	52	45	50	38	35	42	55	50	58	473

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย 2 ชุด ได้แก่

2.1 แบบวัดการรับรู้ความสามารถของตนเองทางคณิตศาสตร์ ผู้วิจัยสร้างขึ้นเองโดยพัฒนาขึ้นตามแนวคิดของ Bandura (1997) และ Lee และ Bobko (1994) โดยเป็นรูปแบบการวัดแบบผสม คือการวัดที่ใช้ทั้งความมั่นใจและระดับความยาก โดยทั่วไปการวัดแบบผสมนี้จะใช้ข้อคำถามเดียวกัน คำตอบอาจแยกกันเป็น 2 ช่องช่องหนึ่งเป็นแบบ ใช่/ไม่ใช่ อีกช่องหนึ่งจะเป็น มาตราส่วนประเมินค่าหรือใช้เป็นร้อยละ หรือการวัดอีกแบบหนึ่งคือวัดการรับรู้ความสามารถของตนเองทั้งระดับความยากและความมั่นใจ โดยพิจารณาเป็นสเกลเดียว เช่น ข้อคำถามจะให้ประเมินจาก ฉันไม่สามารถทำได้ (0) ถึง ฉันมั่นใจว่าสามารถทำได้มากที่สุด (100) การวัดแบบนี้ Lee และ Bobko พบว่า เป็นการวัดที่สอดคล้องกับแนวคิดของ Bandura มากที่สุด

จากแนวคิดดังกล่าว ผู้วิจัยจึงสร้างแบบทดสอบวัดการรับรู้ความสามารถของตนเองโดยใช้วิธีการวัดแบบผสมออกแบบข้อคำถามวัดระดับความยากและความมั่นใจโดยพิจารณาเป็นสเกลเดียวจากไม่สามารถทำได้ (0) ไปจนถึงมั่นใจมากที่สุด (10) และสร้างแบบวัดเป็นโจทย์คณิตศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาซึ่งเป็นพื้นฐานสำหรับการเรียนระดับอุดมศึกษา โดยจากการวิเคราะห์หลักสูตร จะครอบคลุมเนื้อหา 4 ด้าน ได้แก่ จำนวนและพีชคณิต (5 ข้อ) เรขาคณิต (5 ข้อ) สถิติและความน่าจะเป็น (5 ข้อ) และแคลคูลัสเบื้องต้น (5 ข้อ) จำนวน 20 ข้อ รวมคะแนนเต็ม 200 คะแนน

2.2 แบบทดสอบวัดความสามารถทางคณิตศาสตร์ เป็นแบบทดสอบอัตนัยข้อคำถามเดียวกับแบบวัดการรับรู้ความสามารถของตนเองทางคณิตศาสตร์ จำนวน 20 ข้อ ให้คะแนนข้อละ 0-10 คะแนน คะแนนเต็ม 200 คะแนน เนื่องจากทั้งแบบวัดการรับรู้ความสามารถและแบบทดสอบความสามารถจริงใช้มาตรวัด 0-10 คะแนนต่อข้อ จำนวนข้อเท่ากัน (20 ข้อ)

และคะแนนเต็มเท่ากัน (200 คะแนน) จึงสามารถเปรียบเทียบคะแนนระหว่างสองตัวแปรได้โดยตรง และคำนวณค่า Calibration Bias จากผลต่างของคะแนนรวม (Self-Efficacy Score – Actual Ability Score) ได้

ซึ่งแบบวัดทั้งสองชุดได้ผ่านการพิจารณาจากผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่านเพื่อปรับปรุงให้ได้ข้อคำถามที่เหมาะสมที่สุด และนำไปทดลองใช้กับนักศึกษาชั้นปีที่ 1 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 30 คน เพื่อตรวจสอบคุณภาพ ได้ค่าความเที่ยงของแบบวัด (Reliability) โดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟาของ ครอนบาค (Cronbach's alpha) เท่ากับ 0.928

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูล ดำเนินการตามขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1: ประสานงานกับคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเพื่อกำหนดช่วงเวลาการเก็บข้อมูลในสัปดาห์แรกของภาคการศึกษาที่ 1 ของทุกปีการศึกษา ตั้งแต่ พ.ศ. 2559 ถึง 2568

ขั้นตอนที่ 2: ดำเนินการสุ่มแบบแบ่งชั้นภูมิตามสาขาวิชา เพื่อให้ได้กลุ่มตัวอย่างที่เป็นตัวแทนของแต่ละสาขา

ขั้นตอนที่ 3: ให้นักศึกษาตอบแบบวัดการรับรู้ความสามารถของตนเองก่อน แล้วจึงทำแบบทดสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์ในช่วงเวลาเดียวกัน เพื่อลดอิทธิพลของการเรียนในระดับมหาวิทยาลัย

ขั้นตอนที่ 4: สำหรับในช่วงปี พ.ศ. 2563-2564 ปรับเปลี่ยนรูปแบบเป็นการสอบออนไลน์เนื่องจากสถานการณ์ COVID-19 โดยใช้ระบบ Proctoring เพื่อรักษาความน่าเชื่อถือของข้อมูล

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ โดยใช้สถิติดังนี้ 1) สถิติเชิงบรรยาย ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 2) สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson's Product-Moment Correlation Coefficient) สำหรับวิเคราะห์ความสัมพันธ์ 3) การวิเคราะห์แนวโน้มเชิงเส้น (Linear Trend Analysis) เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงตลอดช่วง 10 ปี 4) การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (Multiple Regression Analysis) เพื่อศึกษาอิทธิพลของตัวแปรต่าง ๆ และ 5) ดัชนีความคลาดเคลื่อนในการประเมินตนเอง (Calibration Bias) คำนวณจากผลต่างระหว่างคะแนนรวมการรับรู้ความสามารถของตนเองกับคะแนนรวมความสามารถจริง (SE Score – Ability Score) เนื่องจากแบบวัดทั้งสองใช้มาตรวัดและจำนวนข้อเดียวกัน จึงเปรียบเทียบคะแนนดิบได้โดยตรง ค่าที่เป็นบวกบ่งชี้ว่านักศึกษาประเมินตนเองสูงกว่าความสามารถจริง (Overconfident) ค่าที่เป็นลบบ่งชี้ว่าประเมินตนเองต่ำกว่าความจริง (Underconfident)

ผลการวิจัย

1. ระดับการรับรู้ความสามารถของตนเองและความสามารถที่แท้จริง

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างนักศึกษาคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี รวม 473 คน ตลอด 10 ปี พบว่าการรับรู้ความสามารถของตนเองทางคณิตศาสตร์(SE)มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 120.69 ถึง 143.01 จากคะแนนเต็ม 200 (S.D. มีค่าในช่วง 18.16-25.81) ส่วนความสามารถทางคณิตศาสตร์ที่แท้จริง(Ability) มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 94.45 ถึง 124.98 จากคะแนนเต็ม 200 (S.D. มีค่าในช่วง 20.92-29.31)

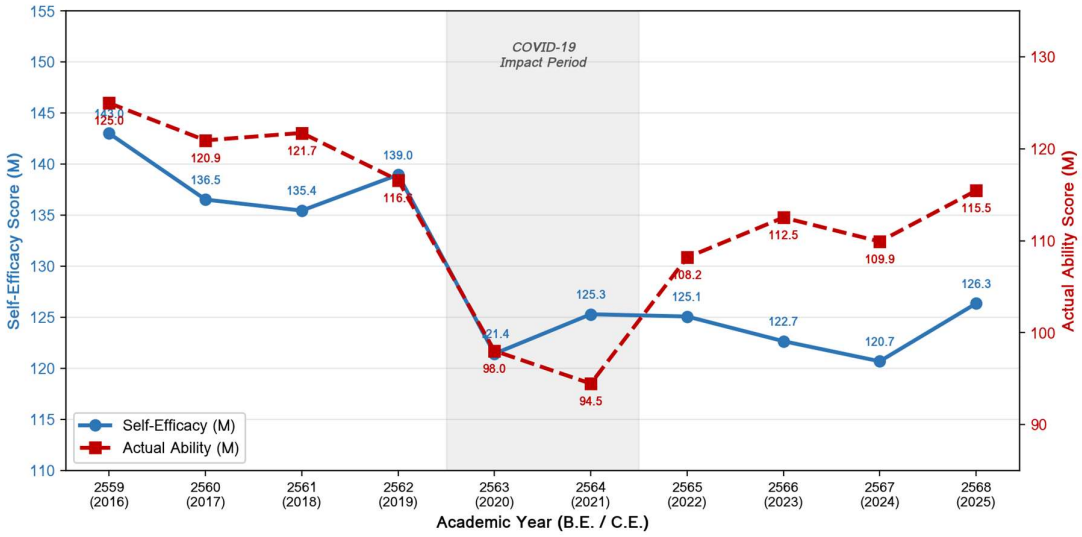
2. แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงย้อนหลัง 10 ปี การวิเคราะห์แนวโน้มตลอด 10 ปี พบการเปลี่ยนแปลงดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและสหสัมพันธ์ จำแนกตามปีการศึกษา

ปีการศึกษา	SE ($\bar{x}$)	SE (S.D.)	Ability ($\bar{x}$)	Ability (S.D.)	r	Cal. Bias
2559	143.01	18.16	124.98	20.92	.65**	18.04
2560	136.53	20.44	120.92	22.96	.63**	15.61
2561	135.45	20.98	121.73	24.02	.71**	13.71
2562	138.96	18.20	116.58	24.11	.70**	22.38
2563	121.43	23.15	98.02	29.31	.47**	23.41
2564	125.30	25.81	94.45	25.95	.38*	30.85
2565	125.08	23.15	108.18	22.64	.44**	16.91
2566	122.66	22.93	112.52	24.17	.61**	10.14
2567	120.69	20.96	109.91	24.55	.44**	10.77
2568	126.35	20.74	115.45	21.56	.54**	10.90

หมายเหตุ: SE = Self-Efficacy (คะแนนเต็ม 200), Ability = คะแนนความสามารถจริง (คะแนนเต็ม 200), Cal. Bias = Calibration Bias (SE − Ability), ** p < .01

จากตารางที่ 2 พบว่าค่าเฉลี่ยการรับรู้ความสามารถของตนเองทางคณิตศาสตร์มีแนวโน้มลดลง จาก 143.01 ในปี 2559 เหลือ 120.69 ในปี 2567 ก่อนจะเพิ่มขึ้นเป็น 126.35 ในปี 2568 ส่วนคะแนนความสามารถจริงลดลงจาก 124.98 ในปี 2559 เป็น 94.45 ในปี 2564 จากนั้นฟื้นตัวเป็น 115.45 ในปี 2568 การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression) พบว่า การรับรู้ความสามารถลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 (β = -2.20 คะแนน/ปี, R^2 = .67, p = .004) อย่างไรก็ตาม แนวโน้มการลดลงของความสามารถจริงไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (β = -1.44 คะแนน/ปี, R^2 = .19, p = .207) ซึ่งเป็นผลจากความแปรปรวนที่สูงขึ้นเมื่อใช้กลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก ประกอบกับการฟื้นตัวอย่างชัดเจนในช่วงหลัง COVID-19 เป็นที่น่าสังเกตว่าในช่วงปี พ.ศ. 2563-2564 ซึ่งเป็นช่วงที่ได้รับผลกระทบจาก COVID-19 มากที่สุด ค่าเฉลี่ยความสามารถจริงลดลงอย่างชัดเจน (จาก 116.58 เป็น 98.02 และ 94.45 ตามลำดับ) อย่างไรก็ตาม ในช่วงปี 2565-2568 มีการฟื้นตัวอย่างต่อเนื่อง โดยคะแนนเพิ่มขึ้นจาก 94.45 ในปี 2564 เป็น 115.45 ในปี 2568 แม้ยังไม่กลับสู่ระดับก่อนสถานการณ์ COVID-19 (124.98 ในปี 2559) แต่สะท้อนให้เห็นว่ามาตรการฟื้นฟูการเรียนรู้เริ่มส่งผลในทิศทางที่ดีขึ้น

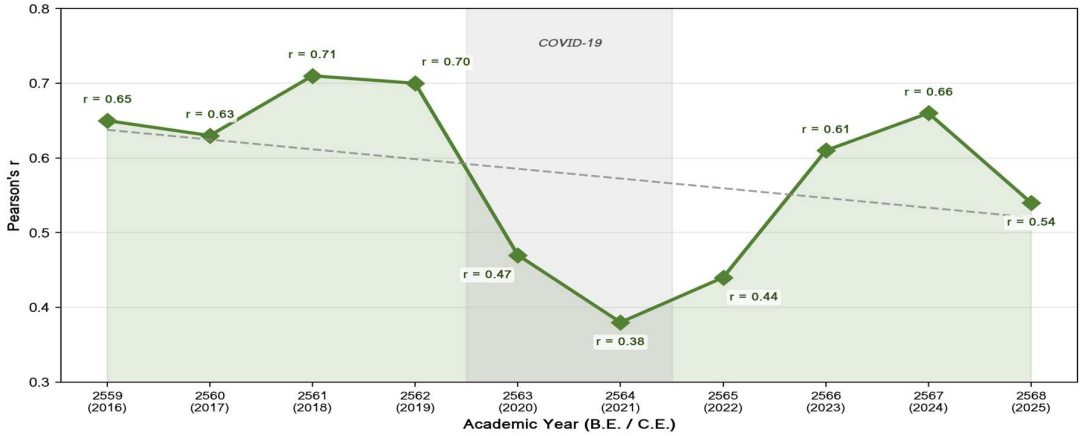


รูปที่ 1 แนวโน้มค่าเฉลี่ยการรับรู้ความสามารถของตนเองและความสามารถทางคณิตศาสตร์ที่แท้จริง (พ.ศ. 2559-2568)

3. ความสัมพันธ์ระหว่างการรับรู้ความสามารถของตนเองกับความสามารถจริง

การวิเคราะห์สหสัมพันธ์พบว่าการรับรู้ความสามารถของตนเองทางคณิตศาสตร์มีความสัมพันธ์ทางบวกกับความสามารถทางคณิตศาสตร์ที่แท้จริงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ในทุกปีการศึกษา โดยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) อยู่ระหว่าง .38 ถึง .71 สังเกตว่าค่า r ลดลงอย่างชัดเจนในช่วง COVID-19 (เหลือเพียง .38 ในปี 2564 (p = .023) ซึ่งมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 เท่านั้น) แต่ฟื้นตัวอย่างรวดเร็วในช่วงหลัง โดยในปี 2567 ค่า r เพิ่มกลับมาเป็น .66 ซึ่งบ่งชี้ว่าเมื่อนักศึกษากลับมาเรียนในห้องเรียนปกติ ความสอดคล้องระหว่างการรับรู้กับความสามารถจริงก็ดีขึ้นตามไปด้วย

การวิเคราะห์จำแนกตามระดับความสามารถพบว่ากลุ่มที่มีความสามารถสูง (ร้อยละ 75 ขึ้นไป) มีค่าสหสัมพันธ์สูงกว่า (r = .68) เมื่อเทียบกับกลุ่มที่มีความสามารถต่ำ (ต่ำกว่าร้อยละ 25) ที่มีค่า r เพียง .35 ซึ่งสอดคล้องกับปรากฏการณ์ Dunning-Kruger Effect

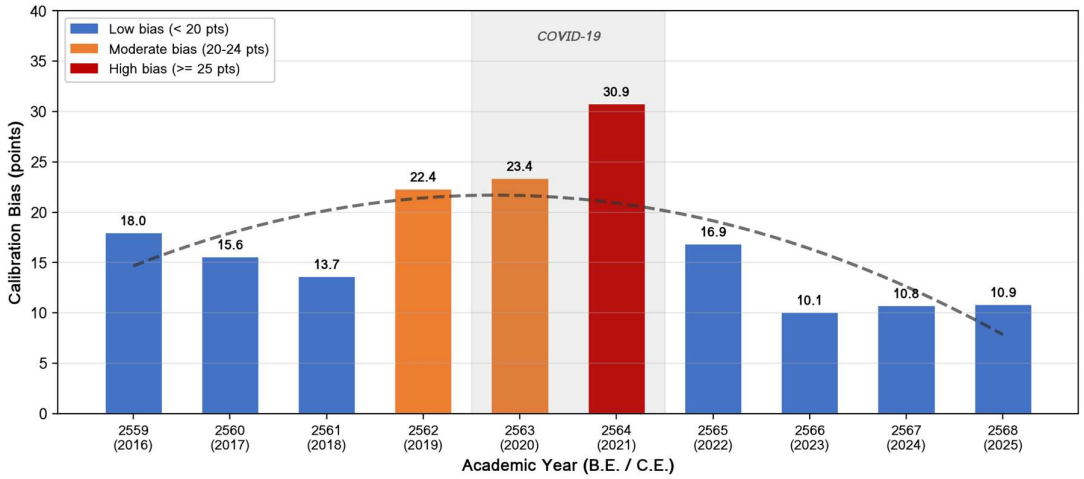


รูปที่ 2 แนวโน้มค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างการรับรู้ความสามารถของตนเองกับความสามารถจริง (พ.ศ. 2559-2568)

4. การวิเคราะห์ค่า Calibration Bias

ค่า Calibration Bias คำนวณจากผลต่างของคะแนนรวม คือ คะแนนการรับรู้ความสามารถของตนเอง ลบด้วยคะแนนความสามารถจริง (SE Score – Ability Score) เนื่องจากแบบวัดทั้งสองใช้มาตรวัดเดียวกัน (0-10 คะแนน จำนวน 20 ข้อ คะแนนเต็ม 200) จึงเปรียบเทียบคะแนนดิบกันได้โดยตรง ผลการทดสอบด้วย One-sample t-test พบว่าค่า Calibration Bias มีค่าเป็นบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ในทุกปีการศึกษา ($t = 3.60$-9.21, $p < .02$) ยืนยันว่านักศึกษาคณะวิทยาศาสตร์ประเมินตนเองสูงกว่าความสามารถจริงอย่างเป็นระบบ ค่า Calibration Bias เพิ่มขึ้นในช่วง COVID-19 จาก 22.38 คะแนนในปี 2562 เป็น 30.85 คะแนนในปี 2564 (Cohen's $d = 1.07$ ระดับมาก) จากนั้นลดลงอย่างต่อเนื่อง โดยในปี 2566-2568 มีค่าระหว่าง 10.14-10.90 คะแนน (Cohen's $d = 0.49$-0.57 ระดับปานกลาง) ซึ่งเป็นระดับต่ำที่สุดตลอด 10 ปี สะท้อนว่านักศึกษาเริ่มประเมินตนเองได้แม่นยำมากขึ้น

ขนาดอิทธิพล (Effect Size) ของ Calibration Bias ที่วัดด้วย Cohen's d พบว่ามีค่าตั้งแต่ 0.49 ถึง 1.30 ซึ่งอยู่ในระดับปานกลางถึงมาก (Medium to Large Effect) ในทุกปีการศึกษา ค่า Cohen's d สูงสุดในปี 2562 ($d = 1.30$) และลดลงในช่วงหลังเหลือ 0.49-0.57 ในปี 2566-2568 ผลนี้ยืนยันว่าความแตกต่างระหว่างการรับรู้กับความสามารถจริงมีนัยสำคัญในเชิงปฏิบัติ ไม่ใช่เพียงนัยสำคัญทางสถิติเท่านั้น



รูปที่ 3 Calibration Bias ระหว่างการรับรู้ความสามารถกับความสามารถจริง (พ.ศ. 2559-2568)

สรุปผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการรับรู้ความสามารถของตนเองทางคณิตศาสตร์กับความสามารถที่แท้จริงของนักศึกษามหาวิทยาลัยสวนดุสิต ตลอดช่วง 10 ปี (พ.ศ. 2559-2568) ผลการวิจัยสรุปได้ว่า การรับรู้ความสามารถของตนเองทางคณิตศาสตร์มีแนวโน้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .01$) ส่วนความสามารถจริงมีทิศทางลดลงแต่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อใช้กลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก ($p = .207$) ทั้งสองตัวแปรลดลงชัดเจนในช่วง COVID-19 แล้วฟื้นตัวในช่วงหลัง การรับรู้ความสามารถมีความสัมพันธ์ทางบวกกับความสามารถจริงอย่างมีนัยสำคัญในทุกปี ($r = .38$-$.71$) ค่า Calibration Bias เป็นบวกอย่างมีนัยสำคัญในทุกปี โดยเพิ่มขึ้นในช่วง COVID-19 แล้วลดลงในช่วงฟื้นตัว

อภิปรายผล

ผลการวิจัยที่พบว่า การรับรู้ความสามารถของตนเองทางคณิตศาสตร์มีความสัมพันธ์ทางบวกกับความสามารถทางคณิตศาสตร์ที่แท้จริงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทุกปีการศึกษา (r = .38-.71) สะท้อนให้เห็นว่า ผู้เรียนที่มีความเชื่อมั่นในความสามารถของตนเองมักมีแนวโน้มประสบความสำเร็จทางการเรียนคณิตศาสตร์มากกว่าผู้เรียนที่ขาดความเชื่อมั่น ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Bandura (1997) ที่อธิบายว่า Self-Efficacy มีบทบาทสำคัญต่อการกำหนดระดับความพยายาม ความคงทนต่ออุปสรรค และการเลือกใช้กลวิธีการเรียนรู้ของผู้เรียน ในเชิงกลไกทางจิตวิทยา ผู้เรียนที่มี Mathematics Self-Efficacy สูงมักมีแนวโน้มกำกับตนเองในการเรียนรู้ได้ดีกว่า ทั้งด้านการวางแผน การติดตามความเข้าใจ และการประเมินผลการเรียนรู้ของตนเอง ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิด Self-Regulated Learning ของ Zimmerman (2000) และงานวิจัยของ Broadbent และ Poon (2015) ที่พบว่า ผู้เรียนที่มี Self-Efficacy สูงสามารถจัดการการเรียนรู้ของตนเองในบริบทออนไลน์ได้มีประสิทธิภาพมากกว่า โดยเฉพาะในรายวิชาที่ต้องใช้การคิดวิเคราะห์อย่างเป็นลำดับขั้น เช่น คณิตศาสตร์

อย่างไรก็ตาม แม้ว่าความสัมพันธ์ระหว่างการรับรู้ความสามารถของตนเองกับความสามารถจริงจะอยู่ในระดับบวก แต่ค่าสหสัมพันธ์ที่ไม่สูงมากนัก (r = .38-.71) แสดงให้เห็นว่า การรับรู้ความสามารถของตนเองมิได้สะท้อนความสามารถที่แท้จริงโดยตรงเสมอไป กล่าวคือ ผู้เรียนบางส่วนอาจมีความมั่นใจสูง แม้ความสามารถจริงยังไม่เพียงพอ หรือในทางกลับกัน ผู้เรียนที่มีศักยภาพสูงอาจประเมินตนเองต่ำกว่าความเป็นจริง ปรากฏการณ์ดังกล่าวสามารถอธิบายได้ด้วยแนวคิดด้านอภิปัญญา (Metacognition) และความแม่นยำในการประเมินตนเอง (Calibration Accuracy) Chen และ Zimmerman (2007) อธิบายว่า ความสามารถในการประเมินตนเองอย่างแม่นยำเป็นผลจากกระบวนการอภิปัญญา ซึ่งผู้เรียนต้องสามารถตรวจสอบและสะท้อนคิดเกี่ยวกับกระบวนการเรียนรู้ของตนเองได้อย่างต่อเนื่อง ดังนั้น ผู้เรียนที่มีทักษะ Metacognition สูงจึงมักมีความสอดคล้องระหว่าง “การรับรู้” กับ “ความสามารถจริง” มากกว่า ขณะที่ผู้เรียนที่ขาดทักษะดังกล่าวมักเกิด Calibration Bias หรือความคลาดเคลื่อนในการประเมินตนเอง

ในส่วนของค่า Calibration Bias เป็นบวกอย่างมีนัยสำคัญในทุกปีการศึกษา แสดงให้เห็นว่า นักศึกษามีแนวโน้ม “ประเมินความสามารถของตนเองสูงเกินจริง” อย่างเป็นระบบ ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิด Dunning-Kruger Effect ของ Kruger และ Dunning (1999) ที่อธิบายว่า ผู้ที่มีความสามารถต่ำมักขาดทักษะเชิงอภิปัญญาในการตระหนักถึงข้อจำกัดของตนเอง จึงเกิดภาวะ Overconfidence ได้ง่าย ข้อค้นพบดังกล่าวมีนัยสำคัญในเชิงการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ระดับอุดมศึกษา เนื่องจากผู้เรียนที่ประเมินตนเองสูงเกินจริงอาจไม่ตระหนักถึงจุดอ่อนของตนเอง ส่งผลให้ขาดแรงจูงใจในการพัฒนาทักษะเพิ่มเติม และลดแนวโน้มในการแสวงหาความช่วยเหลือทางวิชาการ Carpenter et al. (2022) อธิบายว่า Overconfidence ในบริบทการศึกษาเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจเรียนรู้ การวางแผนอ่านหนังสือ และการเตรียมสอบของผู้เรียนอย่างมีนัยสำคัญ โดยผู้เรียนที่มี Overconfidence สูงมักใช้เวลาในการทบทวนบทเรียนน้อยกว่าที่ควร และเข้าใจผิดว่าตนมีความพร้อมเพียงพอแล้ว ผลการวิจัยที่น่าสนใจอีกประการ คือ ค่า Calibration Bias เพิ่มสูงขึ้นอย่างชัดเจนในช่วงสถานการณ์ COVID-19 โดยเฉพาะในปี พ.ศ. 2564 ซึ่งมีค่าเฉลี่ยสูงสุดถึง 30.85 คะแนน ก่อนจะลดลงอย่างต่อเนื่องในช่วงหลัง COVID-19 ปรากฏการณ์ดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่า สภาพแวดล้อมการเรียนรู้มีอิทธิพลต่อความแม่นยำในการประเมินตนเองของผู้เรียนอย่างมาก เมื่อพิจารณาตามแนวคิดของ Bandura (1997) สามารถอธิบายได้ว่า การเรียนออนไลน์ในช่วง COVID-19 ส่งผลให้แหล่งข้อมูลสำคัญที่ใช้ในการสร้าง Self-Efficacy ลดลง ทั้งในด้านประสบการณ์ความสำเร็จ การได้รับข้อมูลป้อนกลับจากผู้สอน และการเรียนรู้จากเพื่อนร่วมชั้น ส่งผลให้ผู้เรียนขาดข้อมูลอ้างอิงที่เพียงพอในการประเมินความสามารถของตนเองอย่างถูกต้อง ข้อค้นพบนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Kuhfeld et al. (2022) และ Di Pietro et al.

(2020) ที่พบว่า การเรียนออนไลน์ระยะยาวส่งผลให้ผู้เรียนจำนวนมากมีความมั่นใจทางวิชาการเพิ่มขึ้นสวนทางกับผลสัมฤทธิ์จริง

นอกจากนี้ การลดลงของค่าสหสัมพันธ์ระหว่าง Self-Efficacy กับความสามารถจริงในช่วง COVID-19 ยังสะท้อนว่าผู้เรียนมีความสามารถในการ "ปรับเทียบการรับรู้ตนเอง" ลดลง กล่าวคือ ความเชื่อมั่นของผู้เรียนเริ่มไม่สอดคล้องกับความสามารถจริงมากขึ้น ซึ่งอาจเกิดจากข้อจำกัดของการเรียนออนไลน์ที่ทำให้ผู้เรียนได้รับข้อมูลย้อนกลับ (Feedback) ไม่เพียงพอ ขาดปฏิสัมพันธ์เชิงวิชาการ และลดโอกาสในการสะท้อนคิดร่วมกับผู้อื่น

อย่างไรก็ตาม ผลการวิจัยพบว่า ค่า Calibration Bias ลดลงอย่างชัดเจนในช่วงหลัง COVID-19 ซึ่งสะท้อนว่า เมื่อผู้เรียนกลับเข้าสู่สภาพแวดล้อมการเรียนรู้แบบเผชิญหน้า (Face-to-Face Learning) ความแม่นยำในการประเมินตนเองเริ่มฟื้นตัว เนื่องจากผู้เรียนได้รับข้อมูลย้อนกลับที่ชัดเจนและต่อเนื่องมากขึ้น ทั้งจากอาจารย์ เพื่อนร่วมชั้น และกิจกรรมในห้องเรียน สอดคล้องกับแนวคิดของ Usher และ Pajares (2009) ที่ยืนยันว่า ประสบการณ์ความสำเร็จและข้อมูลย้อนกลับเชิงคุณภาพเป็นปัจจัยสำคัญที่สุดในการพัฒนา Self-Efficacy ที่สอดคล้องกับความเป็นจริง

อีกประเด็นที่ควรพิจารณาคือ บริบทของการเรียนรู้ในยุคดิจิทัลและการใช้เทคโนโลยี AI ซึ่งอาจส่งผลต่อการรับรู้ความสามารถของผู้เรียนในลักษณะ "ความมั่นใจเชิงเทคโนโลยี" มากกว่าความสามารถเชิงความคิดอย่างแท้จริง Holmes และ Tuomi (2022) อธิบายว่า แม้ AI และเครื่องมือดิจิทัลจะช่วยสนับสนุนการเรียนรู้เฉพาะบุคคลได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่การพึ่งพาเทคโนโลยีมากเกินไปอาจลดโอกาสในการพัฒนากระบวนการคิดวิเคราะห์และการตรวจสอบความเข้าใจของตนเอง ส่งผลให้ผู้เรียนเกิดภาพลวงของความเข้าใจ (Illusion of Understanding) ได้ง่ายขึ้น โดยเฉพาะในรายวิชาคณิตศาสตร์ที่ต้องอาศัยการคิดเชิงเหตุผลอย่างเป็นลำดับขั้น

ข้อค้นพบของการวิจัยครั้งนี้จึงสะท้อนประเด็นสำคัญว่า การพัฒนาสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ในระดับอุดมศึกษาไม่ควรมุ่งเน้นเพียงการเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเท่านั้น แต่ควรพัฒนาทักษะด้านอภิปัญญา การกำกับตนเอง และความสามารถในการประเมินตนเองอย่างแม่นยำควบคู่กันไป เนื่องจากผู้เรียนที่สามารถ "รู้ว่าตนเองรู้อะไร และไม่รู้อะไร" จะมีแนวโน้มพัฒนาตนเองได้อย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืนมากกว่า

ในเชิงนโยบายและการจัดการเรียนรู้ มหาวิทยาลัยควรออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริม Calibration Accuracy เช่น การใช้ Reflective Learning การประเมินตนเองร่วมกับข้อมูลย้อนกลับ (Feedback-Based Self-Assessment) และกิจกรรม Metacognitive Scaffolding เพื่อช่วยให้ผู้เรียนสามารถปรับเทียบการรับรู้ความสามารถของตนเองให้สอดคล้องกับความสามารถจริงมากขึ้น ซึ่งจะช่วยลดปัญหา Overconfidence และส่งเสริมการเรียนรู้เชิงลึกในระยะยาวได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะเชิงปฏิบัติ

1. มหาวิทยาลัยควรส่งเสริมการพัฒนาทักษะคณิตศาสตร์สำหรับนักศึกษาที่มีความสามารถต่ำกว่าเกณฑ์ โดยเฉพาะในช่วงก่อนเปิดภาคการศึกษา ผ่านหลักสูตรปรับพื้นฐาน (Bridging Course) ที่ช่วยเพิ่มประสบการณ์ความสำเร็จ (Mastery Experiences) ซึ่งเป็นแหล่งข้อมูลสำคัญที่สุดในการสร้างการรับรู้ความสามารถของตนเอง

2. ควรบูรณาการกิจกรรมสะท้อนคิด (Reflective Activities) ในรายวิชาคณิตศาสตร์ เพื่อช่วยให้นักศึกษาสามารถประเมินตนเองได้อย่างแม่นยำมากขึ้น ลดช่องว่างระหว่างการรับรู้กับความสามารถจริง โดยอาจใช้เทคนิค Calibration Training ที่ให้นักศึกษาประเมินความมั่นใจก่อนตรวจสอบคำตอบ

3. ควรจัดระบบการให้ข้อมูลป้อนกลับเชิงสร้างสรรค์ (Formative Feedback) อย่างสม่ำเสมอ เพื่อช่วยให้นักศึกษาได้รับข้อมูลที่ถูกต้องในการปรับเทียบการรับรู้ความสามารถของตนเองกับความสามารถจริง

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยในอนาคต

1. ควรศึกษาปัจจัยเชิงสาเหตุ (Causal Factors) ที่ส่งผลต่อช่องว่างระหว่างการรับรู้กับความสามารถจริงอย่างลึกซึ้ง โดยใช้การวิจัยเชิงคุณภาพควบคู่ไปด้วย เช่น การสัมภาษณ์เชิงลึกเกี่ยวกับกระบวนการประเมินตนเองของนักศึกษา

2. ควรขยายกลุ่มตัวอย่างไปยังคณะหรือมหาวิทยาลัยอื่น ๆ เพื่อเปรียบเทียบและเพิ่มความสามารถในการอ้างอิง (Generalizability) ของผลวิจัย รวมถึงเพิ่มขนาดกลุ่มตัวอย่างในแต่ละปีเพื่อเพิ่มอำนาจทางสถิติ (Statistical Power)

3. ควรศึกษาอิทธิพลของปัญญาประดิษฐ์ (AI) และเทคโนโลยีดิจิทัลที่มีต่อการรับรู้ความสามารถและความสามารถจริงทางคณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นประเด็นที่มีความสำคัญเพิ่มขึ้นในปัจจุบัน

4. ควรพัฒนางานวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) ที่ทดสอบประสิทธิผลของกลยุทธ์การสอนที่มุ่งลดช่องว่าง Calibration Bias เช่น การใช้ Metacognitive Scaffolding หรือ Self-Assessment Training

เอกสารอ้างอิง

วิไลลักษณ์ เอราวรรณ์. (2564). การพัฒนาแบบวัดการรับรู้ความสามารถของตนเองด้านการวิจัยสำหรับนักศึกษาครู: การวิจัยผสานวิธี. Journal of Research and Curriculum Development. 11(2): 59–73.

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (2565). มาตรการฟื้นฟูภาวะถดถอยทางการเรียนรู้. บริษัท เอส. บี. เค. การพิมพ์.

อิทธิพัทธ์ สุวทันพรกูล, มนตา ตุลย์เมาะการ, & พนิดา ศกุนตนาค. (2565). การศึกษาภาวะถดถอยทางการเรียนรู้ของผู้เรียนระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานในสถานการณ์โควิด-19: สภาพการณ์ บทเรียน และแนวทางการพัฒนาคุณภาพการเรียนรู้. สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา.

Bandura, A. (1997). Self-efficacy: The exercise of control. W.H. Freeman.

Broadbent, J., & Poon, W. L. (2015). Self-regulated learning strategies & academic achievement in online higher education learning environments: A systematic review. The Internet and Higher Education. 27: 1–13.

Carpenter, S. K., Witherby, A. E., & Tauber, S. K. (2022). On students' (mis)judgments of learning and teaching effectiveness. Current Directions in Psychological Science. 31(2): 162–168.

Chen, P., & Zimmerman, B. J. (2007). A cross-national comparison study on the accuracy of self-efficacy beliefs of middle-school mathematics students. The Journal of Experimental Education. 75(3): 221–244.

Engzell, P., Frey, A., & Verhagen, M. D. (2021). Learning loss due to school closures during the COVID-19 pandemic. Proceedings of the National Academy of Sciences. 118(17): e2022376118.

Hackett, G., & Betz, N. E. (1989). An exploration of the mathematics self-efficacy/mathematics performance correspondence. Journal for Research in Mathematics Education. 20(3): 261–273.

Honicke, T., & Broadbent, J. (2016). The influence of academic self-efficacy on academic performance: A systematic review. Educational Research Review. 17: 63–84.

Kruger, J., & Dunning, D. (1999). Unskilled and unaware of it: How difficulties in recognizing one's own incompetence lead to inflated self-assessments. Journal of Personality and Social Psychology. 77(6): 1121–1134.

Lee, C., & Bobko, P. (1994). Self-efficacy beliefs : Comparison of five measures. Journal of Applied Psychology 95: 364-369.

Multon, K. D., Brown, S. D., & Lent, R. W. (1991). Relation of self-efficacy beliefs to academic outcomes: A meta-analytic investigation. Journal of Counseling Psychology. 38(1): 30–38.

Organisation for Economic Co-operation and Development. (2023). PISA 2022 results (Volume I): The state of learning and equity in education. OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/53f23881-en

Pajares, F. (1996). Self-efficacy beliefs in academic settings. Review of Educational Research. 66(4): 543–578.

Schunk, D. H., & Pajares, F. (2009). Self-efficacy theory. In K. R. Wentzel & A. Wigfield (Eds.), Handbook of motivation at school (pp. 35–53). Routledge.

Zimmerman, B. J. (2000). Self-efficacy: An essential motive to learn. Contemporary Educational Psychology. 25(1): 82–91.

พลิกห้องเรียนให้ยั่งยืน สร้างคนที่โลกต้องการด้วยการนำหลักการพัฒนาบริษัทหรือองค์กรด้วยหลักความยั่งยืน มาปรับใช้ในการจัดการเรียนการสอนในรายวิชา การลงทุนในหลักทรัพย์

Transforming the classroom for sustainability: Applying corporate sustainability principles to teaching securities investment for future-ready learners

นิธิพัฒน์ สุทธิธรรม[1*] จิรัฐ ชวนชม[2] สุชาดา คุ้มสลุด[2] สาวิตรี กาศสนุก[2] และวิสาขา เทียมลม[2]
Nithipat Sutthitham[1*], Jirat Chuanchom[2], Suchada Koomsalud[2], Sawittri Kadsanuk[2] and Visakha Tiemlom[2]

[1]บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสวนดุสิต
[1]1Graduate School, Suan Dusit University Bangkok*
[2]คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต
[2]Faculty of Management Science, Suan Dusit University
[*]Corresponding Author E-mail Address : Nithipat_Sut@dusit.ac.th

บทคัดย่อ

รายวิชา "การลงทุนในหลักทรัพย์" มุ่งเน้นการสร้างความเข้าใจด้านแนวคิด หลักการ และกระบวนการลงทุนในตลาดหลักทรัพย์ ทั้งในเชิงทฤษฎีและการประยุกต์ใช้จริง โดยครอบคลุมเนื้อหาเกี่ยวกับการวิเคราะห์หลักทรัพย์ การจัดพอร์ตการบริหารความเสี่ยง และการประเมินผลตอบแทน ซึ่งมีการบูรณาการแนวคิดด้านความยั่งยืน หรือ ESG (Environmental, Social, and Governance) เข้าสู่การเรียนการสอนในทุกกระบวนการอย่างเป็นระบบ กิจกรรมการเรียนรู้มุ่งเน้นให้ผู้เรียนวิเคราะห์หุ้นที่ผ่านเกณฑ์ ESG ของตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย (THSI) และพัฒนาทักษะการวางแผนการลงทุนอย่างมีจริยธรรมและความรับผิดชอบต่อสังคม กิจกรรมอื่น ๆ เช่น การอภิปรายกรณีศึกษา การใช้รายงานความยั่งยืนเป็นแหล่งข้อมูลและการวิเคราะห์พอร์ตลงทุนที่มี ESG เป็นองค์ประกอบหลัก ช่วยเสริมสร้างกรอบความคิดใหม่ที่มองการลงทุนในมิติของคุณค่า ไม่ใช่เพียงผลตอบแทนทางการเงินเท่านั้น ทั้งนี้ รายวิชาดังกล่าวมีเป้าหมายในการผลิตนักลงทุนรุ่นใหม่ที่มีวิจารณญาณเชิงจริยธรรม เข้าใจผลกระทบทางสังคมของการลงทุน และพร้อมเป็นแรงขับเคลื่อนสู่ระบบเศรษฐกิจที่ยั่งยืน นอกจากนี้ผู้เรียนยังได้ฝึกกระบวนการคิดเชิงวิพากษ์ ฝึกการสังเคราะห์ข้อมูลจากแหล่งข้อมูล ESG ที่หลากหลาย รวมถึงการนำเสนอเชิงกลยุทธ์เพื่อสะท้อนความเข้าใจในบริบทธุรกิจจริงอย่างลึกซึ้ง แนวทางดังกล่าวช่วยเสริมสร้างทั้งสมรรถนะทางวิชาชีพและจิตสำนึกทางสังคม ซึ่งเป็นคุณลักษณะสำคัญของบัณฑิตในศตวรรษที่ 21 อย่างแท้จริง

คำสำคัญ: ความยั่งยืน การลงทุนอย่างยั่งยืน การเรียนรู้เชิงเปลี่ยนแปลง การลงทุนในหลักทรัพย์

Abstract

The course “Investment in Securities” aims to cultivate a comprehensive understanding of investment principles, processes, and practical applications in capital markets. It covers key topics such as securities analysis, portfolio management, risk assessment, and return evaluation, while systematically integrating the concept of sustainability through ESG (Environmental, Social, and Governance) across all learning activities. Students are engaged in analytical tasks involving ESG-qualified stocks listed under the Thailand Sustainability Investment (THSI) index and develop ethical investment strategies with social responsibility in mind. Supplementary activities include case study discussions, the use of sustainability reports as data sources, and ESG-integrated portfolio evaluations. These pedagogical approaches foster a paradigm shift from profit-centric to value-driven investing. Ultimately, this course aspires to produce future investors equipped with ethical judgment, an awareness of the social and environmental impact of financial decisions, and a commitment to contributing to a more sustainable economic system. In addition, learners engage in critical thinking processes, synthesize data from diverse ESG sources, and deliver strategic presentations that reflect a deep understanding of real-world business contexts. This approach strengthens both professional competencies and social consciousness—core attributes of graduates in the 21st century.

Keywords: Sustainability, Sustainable Investing, Transformative Learning, Investment in Securities

บทนำ

ในบริบทของศตวรรษที่ 21 การตัดสินใจลงทุนมิอาจจำกัดอยู่เพียงการพิจารณาตัวชี้วัดทางการเงินแบบดั้งเดิมได้อีกต่อไป เนื่องจากระบบเศรษฐกิจโลกกำลังเผชิญกับความท้าทายเชิงโครงสร้างที่มีความซับซ้อนและเชื่อมโยงกันอย่างลึกซึ้ง อาทิ การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ความเหลื่อมล้ำทางสังคม และความเปราะบางด้านธรรมาภิบาลขององค์กร ตลอดจนผลกระทบของเทคโนโลยีต่อโครงสร้างแรงงานและตลาดงานในอนาคต (World Economic Forum, 2023; United Nations, 2023) ภายใต้บริบทดังกล่าว การประเมินความคุ้มค่าของการลงทุนจึงจำเป็นต้องก้าวข้ามกรอบคิดที่เน้นเพียงกำไรสุทธิหรืออัตราผลตอบแทนเฉลี่ย ไปสู่การพิจารณาเชิงบูรณาการที่ครอบคลุมมิติด้านสิ่งแวดล้อม สังคม และธรรมาภิบาล (Environmental, Social, and Governance: ESG) เพื่อสะท้อนผลกระทบระยะยาวต่อระบบเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม (OECD, 2022; MSCI, 2023)

ในบริบทของประเทศไทย ตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทยได้แสดงบทบาทเชิงรุกในการขับเคลื่อนการลงทุนอย่างยั่งยืน ผ่านการจัดทำรายชื่อ “หุ้นยั่งยืน” หรือ Thailand Sustainability Investment (THSI) ซึ่งเป็นกลไกสำคัญในการส่งเสริมให้บริษัทจดทะเบียนดำเนินงานตามหลัก ESG และเป็นข้อมูลอ้างอิงสำหรับนักลงทุนที่มุ่งเน้นการลงทุนอย่างมีความรับผิดชอบ (Stock Exchange of Thailand, 2023) แนวโน้มดังกล่าวมิได้จำกัดอยู่เพียงในภาคการเงิน หากยังส่งผลต่อพฤติกรรมของผู้บริโภคและแรงงานรุ่นใหม่ที่ให้ความสำคัญกับจริยธรรมองค์กรในทุกมิติ ทั้งในฐานะผู้บริโภคและผู้มีส่วนร่วม

ในองค์กร ส่งผลให้องค์กรธุรกิจจำเป็นต้องปรับตัวจากการมุ่งเน้น "ความสำเร็จเชิงผลประกอบการ" ไปสู่ "ความรับผิดชอบต่อสังคม" อย่างเป็นรูปธรรม ในอดีต การตัดสินใจลงทุนมักอาศัยเครื่องมือวิเคราะห์ทางการเงิน เช่น อัตราส่วนราคาต่อกำไร (P/E Ratio) หรือการประเมินมูลค่าปัจจุบันสุทธิของกระแสเงินสด (Discounted Cash Flow: DCF) โดยมีคำถามหลักอยู่ที่ "ผลตอบแทนทางการเงินจะอยู่ในระดับใด" อย่างไรก็ตามกระบวนทัศน์ดังกล่าวกำลังถูกท้าทาย เมื่อผู้ลงทุนเริ่มให้คุณค่ากับบริษัทที่ดำเนินธุรกิจอย่างมีความรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อมและสังคม อาทิ การใช้พลังงานสะอาด การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและการบริหารจัดการที่โปร่งใส

ยิ่งไปกว่านั้น นักลงทุนรุ่นใหม่มีแนวโน้มที่จะตัดสินใจไม่ลงทุนในกิจการที่ขัดต่อคุณค่าทางจริยธรรมของตน แม้ว่ากิจการดังกล่าวจะให้ผลตอบแทนทางการเงินในระดับสูง สะท้อนให้เห็นถึงการเปลี่ยนผ่านจากการให้ความสำคัญกับ "ผลตอบแทนระยะสั้น" ไปสู่การพิจารณา "ผลกระทบระยะยาว" ต่อสังคมและสิ่งแวดล้อม ภายใต้บริบทนี้ การจัดการเรียนการสอนด้านการลงทุนจำเป็นต้องได้รับการปรับเปลี่ยนเชิงกระบวนทัศน์ โดยมิอาจจำกัดอยู่เพียงการพัฒนาทักษะการวิเคราะห์หลักทรัพย์เชิงปริมาณ หากต้องส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถตั้งคำถามเชิงจริยธรรมและประเมิน "มูลค่ากิจการ" ในมิติที่ครอบคลุมมากขึ้น อันรวมถึงความสามารถขององค์กรในการดำเนินธุรกิจอย่างยั่งยืน ควบคู่กับการพัฒนาทักษะในการวิเคราะห์ ESG Rating การตีความรายงานความยั่งยืน และการจัดพอร์ตการลงทุนที่สะท้อนทั้งผลตอบแทนทางการเงินและ "ผลตอบแทนเชิงคุณค่า" (Value-based Return)

กล่าวโดยสรุป การลงทุนในศตวรรษที่ 21 มิใช่เพียงกระบวนการคัดเลือกสินทรัพย์เพื่อเพิ่มพูนผลตอบแทน หากแต่เป็นกลไกเชิงยุทธศาสตร์ในการกำหนดทิศทางอนาคตของสังคมและโลก การตัดสินใจลงทุนจึงสะท้อนถึงอัตลักษณ์ ความเชื่อและความรับผิดชอบของผู้ลงทุนต่อส่วนรวมอย่างหลีกเลี่ยงมิได้ ดังนั้น การพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ในสาขาการลงทุนจำเป็นต้องมุ่งสร้าง "นักลงทุนที่มีจริยธรรม" ควบคู่กับ"นักลงทุนที่มีศักยภาพ" เพื่อให้สามารถขับเคลื่อนระบบเศรษฐกิจไปสู่ความยั่งยืนได้อย่างแท้จริง

ในบริบทของโลกยุคปัจจุบันที่การเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วและมีพลวัตสูง ทั้งในมิติทางเศรษฐกิจ สังคม สิ่งแวดล้อม และเทคโนโลยี แนวคิดเรื่อง "การลงทุน" มิอาจยึดติดอยู่กับกรอบความคิดแบบดั้งเดิมที่มุ่งเน้นเพียงผลตอบแทนเชิงตัวเลขได้อีกต่อไป หากแต่จำเป็นต้องปรับสู่กระบวนทัศน์ใหม่ที่ให้ความสำคัญกับการสร้าง "คุณค่าร่วม" (Shared Value) ซึ่งครอบคลุมทั้งมูลค่าทางการเงินและมูลค่าทางสังคมควบคู่กัน แนวทางดังกล่าวสอดคล้องกับหลักการพัฒนาอย่างยั่งยืนในระดับองค์กร โดยเฉพาะกรอบแนวคิดด้านสิ่งแวดล้อม สังคม และธรรมาภิบาล (Environmental, Social, Governance: ESG) ซึ่งได้กลายเป็นปัจจัยเชิงยุทธศาสตร์ที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจลงทุนในระดับสากล

ในบริบทของการจัดการเรียนการสอนรายวิชา "การลงทุนในหลักทรัพย์" ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการพัฒนานักลงทุนรุ่นใหม่ การเน้นเพียงทักษะการวิเคราะห์เชิงปริมาณ เช่น การใช้ตัวชี้วัดทางการเงิน (อาทิ P/E Ratio หรือ Discounted Cash Flow: DCF) หรือการคัดเลือกหลักทรัพย์ที่ให้ผลตอบแทนสูงในระยะสั้น อาจเคยมีความเพียงพอในอดีต แต่ไม่สอดคล้องกับบริบทของโลกปัจจุบันที่องค์กรต้องเผชิญกับความเสี่ยงเชิงระบบ (Systemic Risks) ที่ทวีความรุนแรงและซับซ้อนยิ่งขึ้น ความเสี่ยงดังกล่าว อาทิ วิกฤติการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ความเหลื่อมล้ำทางสังคม และการเปลี่ยนแปลงเชิงจริยธรรมของพฤติกรรมผู้บริโภค ล้วนส่งผลกระทบโดยตรงต่อเสถียรภาพทางธุรกิจ มูลค่าหลักทรัพย์ และความเชื่อมั่นของตลาดในระยะยาว ดังนั้น การละเลยปัจจัยเหล่านี้จึงไม่เพียงเป็นข้อจำกัดทางวิชาการ หากยังอาจนำไปสู่การตัดสินใจลงทุนที่บั่นทอนความยั่งยืนของระบบเศรษฐกิจโดยรวม หากกระบวนการเรียนการสอนยังคงแยกขาดจากบริบทความเป็นจริงของโลกยุคใหม่ ย่อมนำไปสู่การผลิตบัณฑิตที่มีความสามารถในการคำนวณมูลค่าหลักทรัพย์เชิงเทคนิค แต่ขาดสมรรถนะในการประเมินผลกระทบของกิจการต่อสิ่งแวดล้อมและสังคม ซึ่งอาจก่อให้เกิด "นักวิเคราะห์มืออาชีพ" ที่ตัดสินใจลงทุนในกิจการที่สร้างผลกำไรจาก

การใช้ทรัพยากรอย่างไม่ยั่งยืน การเอาเปรียบแรงงาน หรือการก่อให้เกิดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมโดยปราศจากความรับผิดชอบ

ในท้ายที่สุด แนวโน้มดังกล่าวสะท้อนให้เห็นถึงความเสี่ยงของการสร้างผลตอบแทนทางเศรษฐกิจในระยะสั้นบนต้นทุนของ "ทุนทางสังคมและสิ่งแวดล้อม" ในระยะยาว อันเป็นประเด็นท้าทายสำคัญที่การศึกษาด้านการลงทุนในศตวรรษที่ 21 จำเป็นต้องตระหนักและปรับตัวอย่างเป็นระบบและรอบด้าน

วัตถุประสงค์ของบทความ

1. นำเสนอแนวคิดการบูรณาการหลัก ESG (Environmental, Social, Governance) เข้าสู่กระบวนการจัดการเรียนการสอนในรายวิชา "การลงทุนในหลักทรัพย์" เพื่อพัฒนาทักษะการคิดเชิงระบบและจริยธรรมทางการเงินของผู้เรียน
2. ออกแบบกระบวนการเรียนรู้เชิงรุก (Active Learning) โดยเฉพาะการประยุกต์ใช้กรอบ Problem-Based Learning (PBL) ในการวิเคราะห์หุ้นยั่งยืน ผ่านกรณีศึกษาจริงที่อ้างอิงจาก ESG Rating และรายงานความยั่งยืน
3. ส่งเสริมการจัดการเรียนรู้เชิงเปลี่ยนแปลง (Transformative Learning) ที่มุ่งสร้างนักลงทุนรุ่นใหม่ให้เป็นผู้มีความรับผิดชอบต่อสังคมและสิ่งแวดล้อม พร้อมทั้งมีทักษะที่สอดคล้องกับตลาดทุนยุคใหม่สะท้อนผลลัพธ์จากการออกแบบการเรียนรู้ดังกล่าว ผ่านแผนการสอน กิจกรรม และตัวอย่างการวิเคราะห์ ที่เชื่อมโยงกับเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน (SDGs) และความเคลื่อนไหวของตลาดหลักทรัพย์ไทย

แนวโน้มของตลาดที่หันมาใช้ ESG เป็นเกณฑ์การประเมินหุ้น

แนวโน้มของตลาดหลักทรัพย์ทั่วโลกในช่วงทศวรรษที่ผ่านมาได้สะท้อนให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงเชิงโครงสร้างในการประเมินมูลค่าหลักทรัพย์ จากเดิมที่มุ่งเน้นการวิเคราะห์ข้อมูลทางการเงินเพียงอย่างเดียว ไปสู่การประเมินมูลค่ากิจการในมิติที่ครอบคลุมและลึกซึ้งยิ่งขึ้น โดยให้ความสำคัญกับปัจจัยที่ไม่ใช่ทางการเงิน ซึ่งประกอบด้วยสามมิติหลัก ได้แก่ มิติด้านสิ่งแวดล้อม (Environmental) มิติด้านสังคม (Social) และมิติด้านธรรมาภิบาล (Governance) ทั้งนี้ ปัจจัยดังกล่าวมีบทบาทสำคัญต่อความสามารถในการดำเนินงานความเสี่ยง และศักยภาพในการสร้างมูลค่าอย่างยั่งยืนของกิจการในระยะยาว

ปัจจุบัน ESG ได้กลายเป็นหนึ่งในเกณฑ์มาตรฐานใหม่ที่ตลาดหลักทรัพย์และนักลงทุนสถาบันทั่วโลกให้ความสำคัญอย่างยิ่ง โดยมองว่าเป็นตัวชี้วัดถึงความมั่นคง ความโปร่งใส และศักยภาพในการเติบโตของบริษัทในระยะยาว ตัวอย่างที่ชัดเจนคือ ตลาดหลักทรัพย์นิวยอร์ก (NYSE) และ NASDAQ ซึ่งต่างก็มีดัชนีที่จัดอันดับบริษัทที่มีผลการดำเนินงานด้าน ESG สูง เช่น Dow Jones Sustainability Index (DJSI) หรือ FTSE4Good Index ที่ใช้ข้อมูล ESG เป็นเครื่องมือหลักในการคัดเลือกบริษัทที่มีความน่าลงทุนอย่างยั่งยืน ขณะที่กองทุนระดับโลก เช่น BlackRock หรือ Vanguard ก็เริ่มประกาศนโยบายลงทุนในบริษัทที่มี ESG Score สูง และลดการถือครองหุ้นในบริษัทที่มีผลกระทบเชิงลบต่อสิ่งแวดล้อมหรือขัดต่อหลักสิทธิมนุษยชน

ในส่วนของ ตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย (SET) ก็ได้ขานรับแนวโน้มโลกนี้อย่างจริงจัง โดยจัดทำ ดัชนีหุ้นยั่งยืน หรือ Thailand Sustainability Investment (THSI) มาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2558 เพื่อใช้คัดเลือกบริษัทจดทะเบียนที่มีความโดดเด่นด้าน ESG เข้าสู่รายชื่อ "หุ้นยั่งยืน" เพื่อให้นักลงทุนใช้เป็นแนวทางในการพิจารณาการลงทุน ปัจจุบันบริษัทที่ติดอันดับ THSI มักได้รับความสนใจจากกองทุนรวม กองทุนบำเหน็จบำนาญ และนักลงทุนต่างชาติที่มีนโยบายการลงทุนแบบมีความรับผิดชอบ (Responsible Investment) เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง

ปัจจัยที่ผลักดันให้ ESG กลายเป็นส่วนสำคัญของการประเมินหุ้น ไม่ใช่แค่เรื่องของภาพลักษณ์หรือการตลาดเท่านั้น แต่เกิดจากการตระหนักว่า บริษัทที่มีแนวปฏิบัติที่รับผิดชอบต่อสังคมและสิ่งแวดล้อมมักมีความเสี่ยงทางธุรกิจต่ำกว่า มีเสถียรภาพในการดำเนินงาน และมีแนวโน้มที่จะเติบโตอย่างต่อเนื่องในระยะยาว ตรงกันข้าม บริษัทที่ละเลยเรื่อง ESG อาจเผชิญกับแรงต้านจากสังคม ปัญหาทางกฎหมาย หรือความเสียหายต่อชื่อเสียงซึ่งอาจส่งผลต่อราคาหุ้นอย่างมีนัยสำคัญ แนวโน้มที่ตลาดหลักทรัพย์หันมาใช้ ESG เป็นเกณฑ์สำคัญจึงไม่ใช่เพียงกระแสชั่วคราว แต่คือการปรับตัวเข้าสู่ยุคใหม่ของการลงทุน ที่นักลงทุนไม่ได้มองแค่ "ผลตอบแทนทางการเงิน" แต่ยังมองถึง "ผลกระทบทางสังคมและสิ่งแวดล้อม" ที่เกิดจากการลงทุนเหล่านั้นด้วย กล่าวได้ว่า ESG กำลังกลายเป็นภาษากลางของตลาดทุนยุคใหม่ ที่ทั้งบริษัท นักลงทุน และสถาบันทางการเงินต้องเรียนรู้และปรับใช้ เพื่อสร้างระบบเศรษฐกิจที่มั่นคง ยุติธรรม และยั่งยืนในระยะยาว.

ในโลกยุคปัจจุบันที่เต็มไปด้วยความท้าทายรอบด้าน ทั้งการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ความเหลื่อมล้ำทางเศรษฐกิจ สังคม และวิกฤติด้านธรรมาภิบาลในองค์กร การลงทุนไม่ได้เป็นเพียงเรื่องของผลตอบแทนเชิงตัวเลขอีกต่อไป แต่กลายเป็นการตัดสินใจที่มีผลกระทบในระดับโครงสร้างต่อโลกและผู้คน การเรียนการสอนในรายวิชา "การลงทุนในหลักทรัพย์" จึงจำเป็นต้องเปลี่ยนแนวทางให้ทันต่อบริบทใหม่ โดยเน้นการบูรณาการแนวคิดความยั่งยืนเข้าไปในกระบวนการเรียนรู้ เพื่อสร้างนักลงทุนที่มีความรับผิดชอบต่อสังคมและสิ่งแวดล้อม ไม่ใช่แค่ผู้ที่ "เล่นหุ้นเก่ง" แต่เป็นผู้ที่ "เข้าใจความหมายของการลงทุนในโลกจริง"

หนึ่งในเหตุผลสำคัญที่ต้องปรับแนวทางการเรียนการสอนคือการที่แนวโน้มของตลาดการเงินทั่วโลกหันมาให้ความสำคัญกับหลัก **ESG (Environmental, Social, Governance)** ซึ่งกลายเป็นเกณฑ์มาตรฐานใหม่ในการประเมินความมั่นคงและศักยภาพของกิจการในระยะยาว (MSCI, 2022; World Economic Forum, 2020) การสอนแบบเดิมที่เน้นแค่การวิเคราะห์ตัวเลข เช่น กำไรต่อหุ้น อัตราส่วนทางการเงิน หรือราคาตลาด ไม่เพียงพออีกต่อไป เพราะนักศึกษาจะขาดทักษะที่สำคัญในการประเมินความเสี่ยงเชิงระบบ เช่น ความเสี่ยงจากการดำเนินธุรกิจที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม หรือความเสี่ยงด้านชื่อเสียงของบริษัทที่ละเมิดสิทธิมนุษยชน

การบูรณาการความยั่งยืนในการเรียนการสอนยังมีส่วนช่วยให้ผู้เรียนพัฒนาทักษะเชิงวิพากษ์ (critical thinking) โดยตั้งคำถามเชิงจริยธรรม เช่น "ควรลงทุนในธุรกิจที่สร้างกำไรแต่ส่งผลเสียต่อสุขภาพผู้บริโภคหรือไม่?" หรือ "ควรประเมินมูลค่าหุ้นจากผลประกอบการทางการเงินเพียงอย่างเดียวหรือไม่?" สิ่งเหล่านี้คือทักษะสำคัญที่โลกการเงินยุคใหม่ต้องการ ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดการเรียนรู้เชิงเปลี่ยนแปลง (Transformative Learning) ที่เน้นให้ผู้เรียนพัฒนากรอบคิดใหม่จากประสบการณ์และการมีส่วนร่วมอย่างลึกซึ้ง (Mezirow, 1997)

นอกจากนี้ ยังพบว่าบริษัทที่มีคะแนน ESG สูงมักมีผลประกอบการที่มั่นคง และได้รับความสนใจจากกองทุนการลงทุนขนาดใหญ่ทั่วโลกมากขึ้นเรื่อย ๆ (CFA Institute, 2020; Global Sustainable Investment Alliance, 2021) การเตรียมผู้เรียนให้เข้าใจเครื่องมือ เช่น ESG Rating, THSI Index หรือกรณีศึกษาของบริษัทที่เปลี่ยนผ่านสู่ธุรกิจสีเขียว จึงเป็นการสร้างทักษะที่สอดรับกับตลาดแรงงานยุคใหม่ และสร้างจริยธรรมในการลงทุนที่ไม่ทิ้งใครไว้ข้างหลัง กล่าวโดยสรุป เหตุผลที่การจัดการเรียนการสอนด้านการลงทุนต้องปรับเปลี่ยนให้สอดคล้องกับแนวคิดความยั่งยืน ไม่ใช่แค่เพราะ "เป็นเทรนด์" แต่เพราะนี่คือบทบาทใหม่ของการศึกษาในการสร้างนักลงทุนที่ไม่เพียงแสวงหากำไร แต่พร้อมรับผิดชอบต่ออนาคตของโลกด้วย

การบูรณาการองค์ความรู้ด้าน ESG ในกระบวนการตัดสินใจของนักลงทุนยุคใหม่

ในโลกการเงินการลงทุนยุคใหม่ นักลงทุนไม่ได้มองเพียงแค่ตัวเลขในงบการเงินหรือผลตอบแทนระยะสั้นอีกต่อไป แต่หันมาให้ความสำคัญกับความยั่งยืนของกิจการในระยะยาว แนวคิดนี้สะท้อนผ่านหลักแนวคิดเกี่ยวกับการพัฒนาขององค์กรอย่างยั่งยืน ESG ซึ่งย่อมาจาก Environmental (สิ่งแวดล้อม), Social (สังคม) และ Governance (ธรรมาภิบาล) รูปที่ 1



รูปที่ 1 แนวคิดเกี่ยวกับการพัฒนาขององค์กรอย่างยั่งยืน

แนวคิดเกี่ยวกับการพัฒนาขององค์กรอย่างยั่งยืน ESG คือ แนวคิดด้านการดำเนินธุรกิจที่คำนึงถึง 3 มิติหลัก ได้แก่ Environmental (สิ่งแวดล้อม), Social (สังคม) และ Governance (ธรรมาภิบาล) ซึ่งเป็นกรอบในการประเมินความยั่งยืนขององค์กรอย่างรอบด้าน แนวคิดนี้ถูกใช้เป็นหลักสำคัญในการวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือ ความเสี่ยง และศักยภาพในการเติบโตของกิจการในระยะยาว โดยเฉพาะในภาคการลงทุนและการประเมินมูลค่าหุ้นในตลาดทุน (สำนักงานคณะกรรมการกำกับหลักทรัพย์และตลาดหลักทรัพย์, 2565)

1. มิติด้านสิ่งแวดล้อม (Environmental) โดยมิติด้านสิ่งแวดล้อมของ ESG มุ่งเน้นการจัดการทรัพยากรธรรมชาติอย่างมีประสิทธิภาพและรับผิดชอบ องค์กรต้องตระหนักถึงผลกระทบจากการดำเนินกิจกรรมทางธุรกิจที่อาจก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ มลภาวะ และการเสื่อมโทรมของระบบนิเวศ ประเด็นสำคัญในมิตินี้ ได้แก่ การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก การใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ การจัดการของเสียและน้ำเสีย รวมถึงการส่งเสริมการใช้พลังงานหมุนเวียน องค์กรที่ให้ความสำคัญกับสิ่งแวดล้อมไม่เพียงช่วยลดความเสี่ยงด้านกฎหมายและชื่อเสียง แต่ยังสามารถสร้างโอกาสทางธุรกิจใหม่ ๆ จากนวัตกรรมสีเขียว (Green Innovation) และตอบสนองต่อความคาดหวังของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียที่ใส่ใจต่อประเด็นด้านสิ่งแวดล้อมมาก

2. มิติด้านสังคม (Social) มิติด้านสังคมของ ESG ให้ความสำคัญกับความสัมพันธ์ระหว่างองค์กรกับผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย ไม่ว่าจะเป็นพนักงาน ลูกค้า ชุมชน หรือสังคมโดยรวม ประเด็นสำคัญในมิตินี้ ได้แก่ การคุ้มครองสิทธิมนุษยชน ความปลอดภัยและสวัสดิการในการทำงาน ความเท่าเทียมและความหลากหลาย การพัฒนาทักษะบุคลากร รวมถึงความรับผิดชอบต่อชุมชนและสังคม องค์กรที่ดำเนินงานโดยคำนึงถึงมิติทางสังคมจะสามารถสร้างความไว้วางใจและความผูกพันกับผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย ซึ่งนำไปสู่ความร่วมมือที่ยั่งยืน ลดความขัดแย้ง และเสริมสร้างภาพลักษณ์เชิงบวกขององค์กรในระยะยาว

3. มิติด้านธรรมาภิบาล (Governance) มิติด้านธรรมาภิบาลเป็นรากฐานสำคัญที่สนับสนุนการดำเนินงานในสองมิติแรก โดยมุ่งเน้นการบริหารจัดการองค์กรอย่างโปร่งใส มีความรับผิดชอบ และตรวจสอบได้ ประเด็นหลักในมิตินี้ ได้แก่

โครงสร้างคณะกรรมการที่เหมาะสม การกำหนดนโยบายต่อต้านการทุจริต การบริหารความเสี่ยง การเปิดเผยข้อมูลอย่างถูกต้องและเป็นธรรม รวมถึงการคำนึงถึงผลประโยชน์ของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียทุกฝ่าย ธรรมาภิบาลที่เข้มแข็งช่วยให้องค์กรสามารถตัดสินใจเชิงกลยุทธ์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ลดความเสี่ยงจากการบริหารที่ผิดพลาด และสร้างความเชื่อมั่นให้กับนักลงทุนและสาธารณชน โดยมิติทั้ง 3 ด้านเป็นที่รู้จักกันในชื่อย่อว่า **ESG** โดยแนวคิดเกี่ยวกับการพัฒนาขององค์กรอย่างยั่งยืน (ESG)ได้กลายเป็นกรอบวิเคราะห์ใหม่ที่ทั้งนักลงทุนรายบุคคล กองทุนรวม และสถาบันการเงินระดับโลกนำมาใช้ในการประเมินความน่าลงทุนของบริษัทอย่างแพร่หลาย (ตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย, 2566)

ข้อมูลจาก Global Sustainable Investment Alliance (2021) รายงานว่ามูลค่าทรัพย์สินทั่วโลกที่ลงทุนในหลักการ ESG เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะในยุโรปและอเมริกาเหนือ ซึ่งสะท้อนว่าการลงทุนแบบมีความรับผิดชอบกลายเป็นกระแสหลักของโลกการเงิน ขณะเดียวกัน รายชื่อหุ้นยั่งยืนของตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย หรือ "Thailand Sustainability Investment (THSI)" ได้รับความสนใจจากนักลงทุนไทยอย่างกว้างขวาง โดยบริษัทที่มี ESG Score สูงมักได้รับความเชื่อมั่นในระยะยาวมากกว่าบริษัทที่ละเลยมิติเหล่านี้ (ตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย, 2566)

การเรียนรู้และเข้าใจ ESG จึงไม่ใช่เรื่องเฉพาะของนักวิเคราะห์หรือผู้บริหารระดับสูงอีกต่อไป แต่นับเป็น "ทักษะพื้นฐาน" ที่นักลงทุนรุ่นใหม่จำเป็นต้องมี เพราะ ESG ไม่เพียงเป็นเครื่องมือในการประเมินความเสี่ยงที่ซ่อนอยู่ในกิจการเท่านั้น แต่ยังเป็นเครื่องมือในการกำหนดทิศทางของการลงทุนให้สอดคล้องกับเป้าหมายการพัฒนาอย่างยั่งยืนของโลก (United Nations, 2020) กล่าวได้ว่า ESG คือภาษากลางใหม่ของโลกการเงินในศตวรรษที่ 21 ผู้ที่เข้าใจ ESG จะสามารถมองเห็นมูลค่าที่แท้จริงของกิจการได้อย่างรอบด้าน และตัดสินใจลงทุนได้อย่างมีจริยธรรม ยั่งยืน และไม่ทิ้งใครไว้ข้างหลัง

ตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทยได้จัดทำรายชื่อ "หุ้นยั่งยืน" หรือ Thailand Sustainability Investment (THSI) เพื่อรวบรวมบริษัทจดทะเบียนที่ผ่านเกณฑ์ประเมินด้าน ESG อย่างเข้มงวด โดยพิจารณาจากนโยบายความยั่งยืนที่ชัดเจน การบริหารจัดการที่โปร่งใส และผลการดำเนินงานที่ส่งผลเชิงบวกต่อสังคม (ตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย, 2566)

หุ้นยั่งยืน หมายถึง หลักทรัพย์ของบริษัทที่ดำเนินธุรกิจโดยคำนึงถึงหลักการความยั่งยืนใน 3 มิติ ได้แก่ สิ่งแวดล้อม (Environmental) สังคม (Social) และธรรมาภิบาล (Governance) หรือ ESG ซึ่งช่วยให้องค์กรดำเนินกิจการได้อย่างรับผิดชอบต่อผู้มีส่วนได้ส่วนเสียและสร้างผลตอบแทนที่มั่นคงในระยะยาว (สำนักงานคณะกรรมการกำกับหลักทรัพย์และตลาดหลักทรัพย์, 2565) ทั้งนี้ หุ้นยั่งยืนไม่ได้หมายถึงบริษัทที่มีกำไรสูงสุด แต่คือบริษัทที่ปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงได้ดี มีความโปร่งใส และใส่ใจต่อผลกระทบจากการดำเนินงาน เช่น การลดคาร์บอนฟุตพรินต์ การส่งเสริมแรงงานที่เป็นธรรม และโครงสร้างองค์กรที่ตรวจสอบได้ ซึ่งช่วยลดความเสี่ยงเชิงระบบและเพิ่มความสามารถในการแข่งขันระยะยาว (MSCI, 2022) เหตุผลที่หุ้นยั่งยืนได้รับความสนใจมากขึ้นในหมู่นักลงทุน ไม่ได้เกิดจากกระแสชั่วคราว แต่เป็นผลจากข้อมูลวิจัยและแนวโน้มการลงทุนทั่วโลกที่ชี้ให้เห็นว่า บริษัทที่ดำเนินธุรกิจตามแนวทาง ESG มักมีความเสี่ยงด้านชื่อเสียงและกฎหมายต่ำกว่า มีความสามารถในการปรับตัวสูง และมีโอกาสในการเข้าถึงแหล่งทุนในต้นทุนที่ต่ำกว่า (Global Sustainable Investment Alliance, 2021) นอกจากนี้ นักลงทุนรายใหญ่ เช่น กองทุนบำเหน็จบำนาญ หรือกองทุนรวมระยะยาว ต่างก็ใช้ ESG เป็นเงื่อนไขหลักในการจัดพอร์ตการลงทุนมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง กล่าวได้ว่า หุ้นยั่งยืนไม่เพียงแต่นำเสนอผลตอบแทนที่มั่นคงในระยะยาว แต่ยังเป็นทางเลือกของนักลงทุนที่ต้องการสร้างผลกระทบเชิงบวกให้กับโลกและสังคมในเวลาเดียวกัน ซึ่งสอดคล้องกับเป้าหมายการพัฒนาอย่างยั่งยืนขององค์การสหประชาชาติ (United Nations, 2020)

ตัวอย่างของบริษัทไทยที่โดดเด่นด้าน ESG ได้แก่ บริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน) ซึ่งมีการจัดทำรายงานความยั่งยืนเป็นประจำทุกปี มีการกำหนดเป้าหมาย Net Zero Emission และลงทุนในธุรกิจพลังงานสะอาดอย่างต่อเนื่อง อีกหนึ่งตัวอย่างคือ บริษัท ซีพี ออลล์ จำกัด (มหาชน) เจ้าของกิจการร้านสะดวกซื้อ 7-Eleven ที่ดำเนินโครงการ "7 Go Green" ลด

ใช้พลาสติก ส่งเสริมผลิตภัณฑ์ชุมชน และปรับปรุงระบบจัดการของเสียในห่วงโซ่อุปทาน การที่บริษัทเหล่านี้ได้รับการจัดอันดับในรายชื่อ THSI และได้รับความสนใจจากกองทุน ESG ทั้งในและต่างประเทศ สะท้อนให้เห็นว่า ESG ไม่ใช่เพียงแนวคิดที่ดีต่อภาพลักษณ์องค์กรเท่านั้น แต่ยังส่งผลต่อความมั่นคงทางธุรกิจและความน่าเชื่อถือในตลาดทุน ซึ่งกลายเป็นปัจจัยที่นักลงทุนไม่อาจมองข้ามได้อีกต่อไป

ESG Rating ไม่ได้เป็นเพียงคะแนนภาพรวมขององค์กรเท่านั้น แต่ยังกลายเป็นเครื่องมือสำคัญที่นักลงทุนใช้ประกอบการตัดสินใจลงทุน โดยเฉพาะในระดับสถาบัน เช่น กองทุน ESG กองทุนบำเหน็จบำนาญ และองค์กรด้านการเงินระหว่างประเทศที่กำหนดให้การลงทุนต้องเป็นไปตามเกณฑ์ความยั่งยืน (MSCI, 2022)

ตัวอย่างของหน่วยงานที่ให้ ESG Rating ที่ได้รับความเชื่อถือในระดับสากล ได้แก่

1. MSCI ESG Ratings ของบริษัท MSCI ซึ่งวิเคราะห์ข้อมูลจากกว่า 8,500 บริษัททั่วโลก โดยพิจารณาองค์ประกอบด้านนโยบาย สิ่งแวดล้อม ความหลากหลาย และธรรมาภิบาล เพื่อนำมาจัดอันดับบริษัทตั้งแต่ระดับ AAA (ดีที่สุด) จนถึง CCC (ต่ำที่สุด)

2. Dow Jones Sustainability Index (DJSI) ของ S&P Global เป็นอีกหนึ่งดัชนีที่ได้รับการยอมรับในระดับสูง โดยเน้นการคัดเลือกบริษัทที่มีผลการดำเนินงานด้านความยั่งยืนโดดเด่นกว่าค่าเฉลี่ยในแต่ละอุตสาหกรรม ซึ่งใช้เป็นตัวชี้วัดสำคัญในการจัดพอร์ตการลงทุนของกองทุนยั่งยืนทั่วโลก (S&P Global, 2023)

ในประเทศไทย นักลงทุนก็สามารถใช้ข้อมูล ESG Rating ได้เช่นกัน ผ่านการจัดอันดับของตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทยภายใต้รายชื่อ Thailand Sustainability Investment (THSI) ที่ประเมินบริษัทจดทะเบียนตามเกณฑ์ที่สอดคล้องกับมาตรฐานสากล โดยบริษัทที่ได้รับการจัดอันดับสูงมักได้รับความสนใจจากนักลงทุนสถาบันและต่างประเทศ เนื่องจากสะท้อนความเสี่ยงต่ำ โปร่งใส และมีแนวโน้มเติบโตในระยะยาว (ตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย, 2566) นอกจากนี้ ESG Rating ยังส่งผลต่อภาพลักษณ์องค์กรในสายตาสาธารณชน การเข้าถึงแหล่งเงินทุน และความเชื่อมั่นของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย กล่าวได้ว่า ESG Rating เป็นทั้ง "เครื่องมือประเมินศักยภาพองค์กร" และ "เข็มทิศของนักลงทุนที่ใส่ใจอนาคตของโลก" ไปในเวลาเดียวกัน

การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้เชิงรุกด้วยกรอบแนวคิด ESG เพื่อเสริมสร้างการเรียนรู้เพื่อความยั่งยืน

การผสานเนื้อเรื่อง ESG เข้ากับแผนการสอนสามารถทำได้ในหลายระดับ ทั้งในเชิง เนื้อหา (Content) กระบวนการเรียนรู้ (Process) และวิธีประเมินผล (Assessment) โดยผู้สอนอาจเริ่มจากการปรับ ผลลัพธ์การเรียนรู้ของรายวิชา (CLOs) ให้ครอบคลุมการคิดเชิงระบบ การรับรู้ผลกระทบเชิงสิ่งแวดล้อมและสังคม รวมถึงการตัดสินใจอย่างมีความรับผิดชอบ จากนั้นจึงออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้วิเคราะห์กรณีศึกษาเกี่ยวกับธุรกิจยั่งยืน หรือฝึกออกแบบกลยุทธ์การลงทุนที่คำนึงถึง ESG Rating (สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา, 2562) ตัวอย่างหนึ่งของการบูรณาการ ESG คือการจัดกิจกรรมแบบ Problem-Based Learning (PBL) ให้ผู้เรียนวิเคราะห์กรณีของบริษัทจดทะเบียนในตลาดหลักทรัพย์ ที่ได้รับการจัดอันดับในรายชื่อหุ้นยั่งยืน (THSI) และให้เปรียบเทียบกับบริษัทที่ละเลยด้าน ESG เพื่อสะท้อนถึงความเสี่ยงในระยะยาว โดยอาจใช้ข้อมูลจริงจากรายงานความยั่งยืน หรือ ESG Ratings จาก MSCI และ SET เป็นฐานในการอภิปราย (ตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย, 2566)

ในด้านการวัดและประเมินผล การประเมินผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียนไม่ควรจำกัดอยู่เพียงการวิเคราะห์เชิงตัวเลข แต่ควรรวมถึงการให้เหตุผลเชิงจริยธรรม การสื่อสารเชิงนโยบาย และการนำเสนอแนวทางการลงทุนอย่างมีความรับผิดชอบ ซึ่งสามารถประเมินได้ด้วย Rubric ที่เน้นมิติ ESG และสะท้อนวิธีคิดของผู้เรียนที่มีความซับซ้อนมากขึ้น (UNESCO, 2017)

การผสาน ESG เข้าสู่แผนการสอนจึงไม่ใช่เพียงการเพิ่มเนื้อหาใหม่ แต่เป็นการ "รีเซ็ต" กรอบคิดของการจัดการเรียนรู้ เพื่อสร้างบัณฑิตที่ไม่เพียงเก่งในเชิงวิชาการ แต่ยังมี "ความกล้าในการเลือกสิ่งที่ถูกต้อง" ซึ่งเป็นคุณสมบัติสำคัญของพลเมืองในศตวรรษที่ 21 (สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 2561)

การปรับ CLO (Course Learning Outcomes) ให้เน้นการวิเคราะห์หุ้นจากมุมมอง ESG ในบริบทของโลกการเงินที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะในช่วงทศวรรษที่ ESG (Environmental, Social, Governance) กลายเป็นแนวปฏิบัติหลักของนักลงทุนและองค์กรธุรกิจทั่วโลก รายวิชาการลงทุนในหลักทรัพย์จึงไม่อาจยึดติดอยู่กับการสอนเนื้อหาดั้งเดิมที่เน้นเพียงการวิเคราะห์เชิงตัวเลขหรือการคำนวณมูลค่าหุ้นเท่านั้น การปรับผลลัพธ์การเรียนรู้ของรายวิชา หรือ **CLO (Course Learning Outcomes)** จึงเป็นกลไกสำคัญในการนำมุมมองความยั่งยืนเข้าสู่กระบวนการเรียนการสอนอย่างเป็นระบบ

การปรับ CLO ให้มีการสะท้อนทักษะที่ผู้เรียนต้องมีเพื่อเผชิญกับโลกการลงทุนยุคใหม่ อาทิ การประเมินปัจจัย ESG ของบริษัทจดทะเบียน การวิเคราะห์ความเสี่ยงที่ไม่ได้อยู่ในงบการเงิน เช่น ความเสี่ยงด้านสิ่งแวดล้อมหรือการละเมิดสิทธิมนุษยชน และการจัดพอร์ตการลงทุนที่คำนึงถึงผลกระทบต่อสังคมอย่างเป็นรูปธรรม (สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา, 2562) **ตัวอย่าง** การจัดการเรียนของวิชาการลงทุนในหลักทรัพย์ ในแต่ละสัปดาห์ให้สอดคล้องกับแนวคิดด้าน ESG รายละเอียดตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แผนการสอนในแต่ละสัปดาห์รายวิชา การลงทุนในหลักทรัพย์ (รหัส 3563220) ดำเนินการบูรณาการแนวคิดด้าน ESG (Environmental, Social, and Governance)

สัปดาห์ที่	เนื้อหาการเรียนการสอน
สัปดาห์ที่ 1 – 2	หัวข้อการเรียน "แนวคิดเกี่ยวกับการลงทุนในหลักทรัพย์ และการลงทุน"ดำเนินการสอนโดยเชื่อมโยงกับ ESG โดยใช้กรณีศึกษาธุรกิจที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสังคม เน้นการตั้งคำถามเชิงจริยธรรมว่า "กำไรทางการเงินควรแลกกับผลกระทบต่อสังคมหรือไม่"
สัปดาห์ที่ 3 - 4	หัวข้อการเรียน "ผลตอบแทนและความเสี่ยง" ดำเนินการสอนโดยเชื่อมโยงกับ "ความเสี่ยง ESG" เช่น ความเสี่ยงจากการฟ้องร้องด้านสิ่งแวดล้อม โดยให้นักศึกษาวิเคราะห์ตัวอย่างหุ้นที่มีความเสี่ยง ESG สูง
สัปดาห์ที่ 5 - 7	หัวข้อการเรียน "การวิเคราะห์และประเมินมูลค่าหลักทรัพย์เบื้องต้น" ดำเนินการสอนโดยเชื่อมโยงกับบูรณาการ ESG Rating และ ข้อมูลจากรายงานความยั่งยืน ในการวิเคราะห์ปัจจัยพื้นฐาน
สัปดาห์ที่ 8	หัวข้อการเรียน "ทางเลือกในการลงทุน" ดำเนินการสอนโดยเชื่อมโยงกับ "ทางเลือกในการลงทุนในกองทุน ESG, หุ้นพลังงานสะอาด และโครงการพัฒนาอย่างยั่งยืน
สัปดาห์ที่ 9	ศึกษาดูงานนอกสถานที่องค์กรที่ดำเนินธุรกิจตามหลัก ESG หรือหน่วยงานที่กำกับการดูแลบริษัทที่จดทะเบียนในตลาดหลักทรัพย์
สัปดาห์ที่ 10 - 12	หัวข้อการเรียน "พอร์ตโฟลิโอและการลงทุนที่ยั่งยืน" ดำเนินการสอนโดยเชื่อมโยงกับผสานแนวคิด "การจัดพอร์ตหุ้นที่ได้ผ่านการประเมิน ESG
สัปดาห์ที่ 13 - 15	หัวข้อการเรียน "การลงทุนในต่างประเทศ" ดำเนินการสอนโดยเชื่อมโยงกับการวิเคราะห์หุ้นต่างประเทศโดยใช้หลักการ ESG วิเคราะห์หุ้นจาก Bloomberg, Sustainalytics หรือ MSCI

จากแผนการสอนในรายวิชา การลงทุนในหลักทรัพย์ (รหัส 3563220) ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2568 ของมหาวิทยาลัยสวนดุสิต มีการบูรณาการแนวคิดด้าน ESG (Environmental, Social, and Governance) เข้ากับการสอนในหลายบทเรียน ซึ่งสามารถเชื่อมโยงไปสู่การออกแบบหัวข้อการสอนรายสัปดาห์ที่สอดคล้องกับการพัฒนานักลงทุนที่มีความรับผิดชอบต่อสังคมและสิ่งแวดล้อม โดยการออกแบบหัวข้อการเรียนรู้เช่นนี้ให้มีความสอดคล้องกับเป้าหมายของตลาดทุนไทยที่ต้องการผลักดันนักลงทุนรุ่นใหม่ให้มีความรู้ด้าน ESG ผ่านโครงการ SET ESG Academy (ตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย , 2566) โดยการเรียนการสอนวิชาการลงทุนในหลักทรัพย์สอดคล้องกับแนวคิดด้านความยั่งยืนในโลกยุคปัจจุบัน การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นการวิเคราะห์หุ้นจากมุมมอง ESG (Environmental, Social, Governance) จึงเป็นแนวทางที่มีประสิทธิภาพในการปลูกฝังทั้งทักษะทางการเงินและจริยธรรมเชิงสังคมให้กับผู้เรียน หนึ่งในกิจกรรมที่สามารถนำมาใช้ในห้องเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพคือ "กิจกรรมวิเคราะห์หุ้นในกลุ่ม SET50 ที่ผ่านเกณฑ์ ESG"

กิจกรรมนี้เริ่มต้นด้วยการให้นักศึกษาค้นหาข้อมูลรายชื่อหุ้นในกลุ่ม SET50 ที่ได้รับการจัดอันดับอยู่ในรายชื่อ หุ้นยั่งยืน (Thailand Sustainability Investment: THSI) ประจำปีล่าสุด ซึ่งประกาศโดยตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย จากนั้นนักศึกษาแต่ละกลุ่มจะเลือกหุ้น 1 บริษัทเพื่อนำมาวิเคราะห์ทั้งในเชิงการเงิน (เช่น กำไรสุทธิ อัตราผลตอบแทนผู้ถือหุ้น) และในเชิง ESG โดยใช้รายงานความยั่งยืน (Sustainability Report) ของบริษัทเป็นแหล่งข้อมูลหลัก รวมถึงการอ้างอิงจาก ESG Rating ที่เผยแพร่โดยหน่วยงานจัดอันดับ เช่น MSCI หรือ SET ESG Data (ตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย, 2566) กระบวนการเรียนรู้จะเน้นการใช้ Problem-Based Learning (PBL) โดยตั้งคำถามเชิงวิพากษ์ เช่น

1. บริษัทที่นักศึกษาศึกษามีความเสี่ยง ESG ใดที่อาจกระทบต่อมูลค่าหุ้นในระยะยาว
2. นโยบายสิ่งแวดล้อมของบริษัทมีความชัดเจนและวัดผลได้หรือไม่
3. บริษัทมีระบบธรรมาภิบาลที่สามารถตรวจสอบและโปร่งใสเพียงใด
4. หากต้องจัดพอร์ตการลงทุนโดยคำนึงถึง ESG บริษัทนี้ควรได้รับสัดส่วนการลงทุนมากน้อยเพียงใด?
5. นักศึกษาสามารถวิเคราะห์มูลค่าหุ้นโดยพิจารณาทั้งข้อมูลทางการเงินและข้อมูล ESG ของบริษัท พร้อมทั้งเสนอแนวทางการลงทุนอย่างรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อมและสังคม

ในตอนท้ายของกิจกรรม นักศึกษาจะจัดทำรายงานการวิเคราะห์และนำเสนอผลงานในชั้นเรียน โดยมีเกณฑ์ประเมินที่ประกอบด้วยความถูกต้องของข้อมูล ความเข้าใจในมิติ ESG และความสามารถในการให้เหตุผลเชิงจริยธรรม ซึ่งสะท้อนความสามารถของผู้เรียนในการใช้กรอบคิด ESG ประกอบการตัดสินใจด้านการลงทุน (สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา , 2562) กิจกรรมดังกล่าวนอกจากจะช่วยให้ผู้เรียนมีทักษะในการประเมินหลักทรัพย์อย่างรอบด้านแล้ว ยังส่งเสริมการคิดเชิงระบบ การทำงานเป็นทีม และความสามารถในการสื่อสารเชิงกลยุทธ์ ซึ่งเป็นทักษะสำคัญของนักลงทุนยุคใหม่ที่ต้องตัดสินใจอย่างมีความรับผิดชอบ

สำหรับการปรับ CLO ลักษณะนี้สะท้อนทักษะเชิงวิเคราะห์ที่ลึกขึ้น และครอบคลุมกรอบแนวคิดด้านความยั่งยืนซึ่งสอดคล้องกับกรอบ Education for Sustainable Development (ESD) ของ UNESCO ที่ระบุว่าการศึกษาต้องส่งเสริมการคิดเชิงระบบ การมีวิสัยทัศน์ระยะยาว และความสามารถในการตัดสินใจอย่างมีจริยธรรม (UNESCO, 2017) กล่าวโดยสรุป กิจกรรมการวิเคราะห์หุ้น SET50 ที่ผ่านเกณฑ์ ESG เป็นแนวทางการเรียนรู้ที่ไม่เพียงสร้างความเข้าใจในแนวคิดความยั่งยืนเท่านั้น แต่ยังฝึกฝนให้ผู้เรียนสามารถประยุกต์ใช้ข้อมูล ESG อย่างเป็นระบบในการตัดสินใจลงทุน ซึ่งเป็นคุณลักษณะสำคัญของพลเมืองที่มีบทบาทในการขับเคลื่อนเศรษฐกิจที่ยั่งยืนในอนาคต

ในประเทศไทย แนวทางนี้สอดคล้องกับเป้าหมายของตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทยที่ผลักดันให้ความรู้ด้าน ESG กระจายเข้าสู่สถาบันการศึกษา ผ่านโครงการ "SET ESG Academy" เพื่อผลิตบัณฑิตที่มีความรู้ด้านการเงิน ควบคู่กับความ

เข้าใจในบทบาทของตนต่อสังคมและสิ่งแวดล้อม (ตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย, 2566) กล่าวโดยสรุป การปรับ CLO ของรายวิชาการลงทุนในหลักทรัพย์ให้บูรณาการ ESG ไม่ใช่แค่การเพิ่มเติมเนื้อหาใหม่ แต่คือการปรับเปลี่ยนเป้าหมายของการเรียนรู้ เพื่อสร้างนักลงทุนที่มีทั้งความสามารถเชิงเทคนิคและจริยธรรมเชิงสังคม ซึ่งเป็นคุณลักษณะที่โลกการเงินยุคใหม่ต้องการอย่างแท้จริง

บทสรุป

รายวิชา "การลงทุนในหลักทรัพย์" เป็นรายวิชาสำคัญในหลักสูตรบริหารธุรกิจบัณฑิต สาขาการเงิน ที่มุ่งพัฒนาให้นักศึกษาเข้าใจหลักการ แนวคิด และทักษะพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับการลงทุนในตลาดหลักทรัพย์ทั้งในระดับประเทศและระดับสากล ผู้เรียนจะได้ศึกษาเนื้อหาเกี่ยวกับกระบวนการลงทุน การวิเคราะห์หลักทรัพย์ การจัดพอร์ต การประเมินความเสี่ยงและผลตอบแทน รวมถึงการประยุกต์ใช้กลยุทธ์เพื่อการสร้างความมั่งคั่งส่วนบุคคลอย่างมีระบบ เมื่อพิจารณาจากบริบทโลกปัจจุบันที่ให้ความสำคัญกับความยั่งยืนทางเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม รายวิชานี้จึงได้บูรณาการแนวคิด ESG (Environmental, Social, Governance) เข้าสู่กระบวนการเรียนการสอนอย่างเป็นรูปธรรม โดยเฉพาะในช่วงการเรียนรู้เกี่ยวกับการวิเคราะห์และประเมินมูลค่าหลักทรัพย์เบื้องต้น ซึ่งนักศึกษาจะได้รับมอบหมายให้วิเคราะห์หุ้นในกลุ่ม SET50 ที่ผ่านการจัดอันดับตามเกณฑ์ ESG ของตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย (THSI) โดยอาศัยแหล่งข้อมูลจาก ESG Rating รายงานความยั่งยืน และข้อมูลเชิงปริมาณ-คุณภาพจากบริษัทจดทะเบียน เพื่อประกอบการตัดสินใจเชิงวิเคราะห์

นอกจากนี้ นักศึกษายังได้ฝึกวางแผนจัดพอร์ตการลงทุนแบบยั่งยืน (Sustainable Portfolio) โดยเชื่อมโยงกับแนวคิดการกระจายความเสี่ยงด้วยสินทรัพย์ทางเลือก และการเลือกลงทุนในกิจการที่มีผลกระทบเชิงบวกต่อสังคมและสิ่งแวดล้อม กิจกรรมในชั้นเรียน เช่น การอภิปรายกรณีศึกษา การวิเคราะห์ข่าวเศรษฐกิจและธุรกิจที่เกี่ยวข้องกับ ESG รวมถึงการศึกษาดูงานนอกสถานที่ในองค์กรต้นแบบด้านความยั่งยืน ล้วนช่วยเปิดมุมมองใหม่ให้นักศึกษาเข้าใจว่าการลงทุนไม่ได้เป็นเพียงการแสวงหาผลตอบแทนทางการเงินในระยะสั้นเท่านั้น หากแต่ยังเกี่ยวพันกับบทบาทความรับผิดชอบของนักลงทุนต่อโลกและสังคมโดยรวม กล่าวได้ว่า รายวิชาการลงทุนในหลักทรัพย์ในปัจจุบันไม่ได้มุ่งสร้างเพียง "นักลงทุนที่เก่งการคำนวณ" แต่เป็นการสร้าง "นักลงทุนที่กล้าคิดไกล" ผู้ซึ่งสามารถตัดสินใจลงทุนด้วยข้อมูลที่ครบถ้วน ทั้งในเชิงการเงินและเชิงคุณค่า เข้าใจผลกระทบของการลงทุนต่อผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย และพร้อมจะเป็นพลังสำคัญในการขับเคลื่อนระบบเศรษฐกิจที่โปร่งใส เป็นธรรม และยั่งยืนในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

ตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย. (2566). หุ้นยั่งยืน (Thailand Sustainability Investment - THSI). สืบค้นจาก https://www.setsustainability.com

ตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย. (2566). โครงการ SET ESG Academy: ส่งเสริมการสอนด้าน ESG สู่มหาวิทยาลัย. สืบค้นจาก https://www.setsustainability.com/th/education

บริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน). (2566). รายงานความยั่งยืนประจำปี 2566. สืบค้นจาก https://www.pttplc.com

บริษัท ซีพี ออลล์ จำกัด (มหาชน). (2566). กิจกรรมด้านสิ่งแวดล้อมและความยั่งยืน. สืบค้นจาก https://www.cpall.co.th/sustainability

สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา. (2562). แนวทางการพัฒนาผลลัพธ์การเรียนรู้ของรายวิชา (CLOs). กรุงเทพฯ: สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา.

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (2561). คุณลักษณะของคนไทยในศตวรรษที่ 21. กรุงเทพฯ: สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา.

สำนักงานคณะกรรมการกำกับหลักทรัพย์และตลาดหลักทรัพย์. (2565). ESG: กุญแจสำคัญของการเติบโตอย่างยั่งยืน. กรุงเทพฯ: สำนักงานคณะกรรมการกำกับหลักทรัพย์และตลาดหลักทรัพย์.

CFA Institute. (2020). ESG investing: Practices, progress and challenges. https://www.cfainstitute.org/-/media/documents/survey/esg-investing.ashx

Global Sustainable Investment Alliance. (2021). Global sustainable investment review 2020. https://www.gsi-alliance.org/trends-report-2020/

MSCI Inc. (2022). Foundations of ESG investing. https://www.msci.com/documents/10199/c6219d62-64e6-25c4-9201-137b35b51b9f

Mezirow, J. (1997). Transformative learning: Theory to practice. New Directions for Adult and Continuing Education, 1997(74), 5–12. https://doi.org/10.1002/ace.7401

S&P Global. (2023). Dow Jones Sustainability Indices methodology. https://www.spglobal.com/esg/csa

Stock Exchange of Thailand. (2023). Thailand sustainability investment (THSI). https://www.set.or.th

Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). (2022). ESG investing: Practices, progress and challenges. https://doi.org/10.1787/

United Nations. (2020). The sustainable development goals report 2020. https://unstats.un.org/sdgs/report/2020/

World Economic Forum. (2023). The global risks report 2023 (18th ed.). https://www.weforum.org

World Economic Forum. (2020). Measuring stakeholder capitalism: Towards common metrics and consistent reporting of sustainable value creation. https://www.weforum.org/reports/measuring-stakeholder-capitalism

การพัฒนาสมรรถนะครู STEAM Education ด้วยกระบวนการนิเทศ 2(CAR)S Model ภายใต้แนวคิดโรงเรียนในฐานะชุมชนแห่งการเรียนรู้ (SLC)

Development of teachers' STEAM Education competencies through the 2(CAR)S Model supervision process based on the School as Learning Community (SLC) concept

ปัทมา ภู่สวาสดิ์[1*]
Pattama Pusawat[1*]

[1]สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาตาก จังหวัดตาก
[1]The Secondary Educational Service Area Office Tak, Tak
**Corresponding Author E-mail Address: ppusawat@gmail.comy*

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาสมรรถนะครูวิทยาศาสตร์ด้านการจัดการเรียนรู้ STEAM Education ด้วยกระบวนการนิเทศ 2(CAR)S Model 2) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการสอนของครูที่ได้รับการนิเทศ และ 3) ศึกษาผลกระทบเชิงระบบจากการพัฒนาสมรรถนะครู ซึ่งครอบคลุมการพัฒนาทักษะ 5Cs ของผู้เรียน การเปลี่ยนแปลงในสถานศึกษา และในเขตพื้นที่การศึกษา กลุ่มเป้าหมายคือ ครูผู้สอนวิทยาศาสตร์ จำนวน 25 คน จาก 21 โรงเรียน สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาตาก และกลุ่มผู้เรียนในห้องเรียนของครูผู้สอนที่เป็นกลุ่มเป้าหมาย จำนวน 578 คน ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2568 ระยะเวลา 16 สัปดาห์ 84 ชั่วโมง เครื่องมือวิจัย ได้แก่ แบบประเมินสมรรถนะครู 6 ด้าน 30 ข้อ แบบสังเกตพฤติกรรมการสอนแบบ Wide-angle และ Narrow-angle แบบประเมินความพึงพอใจ แบบประเมินทักษะ 5Cs ของผู้เรียน และแบบบันทึกผลกระทบ วิเคราะห์ข้อมูลด้วยค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ร้อยละ การทดสอบ t-test dependent คะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ GS(%) และค่าสหสัมพันธ์เพียร์สัน ผลการวิจัยพบว่า 1) สมรรถนะครูภายหลังศการนิเทศสูงกว่าก่อนการนิเทศอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ค่า GS(%) เฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 65.14 อยู่ในระดับสูง โดยด้านสมรรถนะที่มีอัตราพัฒนาการสูงสุด คือ ด้านการประยุกต์ใช้แนวคิดและหลักการ STEAM Education (GS% = 72.90) 2) ครูมีพัฒนาการพฤติกรรมการสอนต่อเนื่อง เปลี่ยนบทบาทเป็นผู้อำนวยการเรียนรู้ เพิ่มสัดส่วนคำถามระดับวิเคราะห์และสร้างสรรค์ตาม Bloom's Taxonomy จากร้อยละ 18.3 เป็น 62.7 และสามารถบูรณาการ BCG Economy Model กับบริบทพหุวัฒนธรรมชายแดน 3) เกิดผลกระทบเชิงระบบจากการพัฒนาสมรรถนะครู โดยในระดับผู้เรียนพบว่า นักเรียน 578 คน มีทักษะ 5Cs ระดับดีเยี่ยม สมรรถนะครูสัมพันธ์ทางบวกกับทักษะ 5Cs ระดับสูงมาก ($r = 0.928$, $p < .01$) และเกิดผลกระทบเชิงระบบ 4 ระดับ ได้แก่ ระดับผู้เรียน ระดับครู ระดับสถานศึกษา และระดับเขตพื้นที่การศึกษา

คำสำคัญ: การนิเทศแบบมีส่วนร่วม 2(CAR)S Model โรงเรียนในฐานะชุมชนแห่งการเรียนรู้ สมรรถนะครู STEAM Education BCG Economy Model

Abstract

This research aimed to: 1) develop science teachers' competencies in STEAM Education learning management through the 2(CAR)S Model supervision process; 2) examine changes in teachers' instructional behaviors; and 3) investigate the systemic impacts of teacher competency development, which encompass the development of students' 5Cs skills, organizational changes within schools, and transformations at the educational service area office level. The target group consisted of 25 science teachers from 21 schools under the Tak Secondary Educational Service Area Office, along with 578 students enrolled in the target teachers' classrooms, during the first semester of the 2025 academic year, with implementation spanning 16 weeks (84 hours). Research instruments included a 30-item STEAM Education teacher competency assessment covering six domains, wide-angle and narrow-angle observation forms, a teacher satisfaction questionnaire, a student 5Cs skills assessment, and a supervisory impact record. Data were analyzed using mean, standard deviation, percentage, dependent t-test, relative gain score (GS%), and Pearson's correlation. The findings revealed that: 1) post-supervision competencies were significantly higher than pre-supervision at the .01 level, with an average GS(%) of 65.14% at a high level. The competency domain with the highest improvement rate was the application of STEAM Education concepts and principles (GS% = 72.90%). 2) teachers demonstrated continuous behavioral improvement, shifting from knowledge transmitters to learning facilitators, with analytical and creative questions per Bloom's Taxonomy increasing from 18.3% to 62.7%, while integrating the BCG Economy Model with the multicultural border context; and 3) 578 students demonstrated excellent 5Cs skills, with teachers' post-supervision competencies showing a very high positive correlation with students' 5Cs skills ($r = 0.928$, $p < .01$). Systemic impacts emerged across four levels: students, teachers, schools, and the educational service area office.

Keywords: Participatory Supervision, 2(CAR)S Model, School as Learning Community, STEAM Education Teacher Competency, BCG Economy Model

บทนำ

การเปลี่ยนแปลงของสังคมโลกในศตวรรษที่ 21 และการขับเคลื่อนนโยบายประเทศด้วยโมเดลเศรษฐกิจแนวใหม่ (BCG Economy Model) ส่งผลให้การจัดการศึกษาต้องมุ่งเน้นการปฏิรูปกระบวนการเรียนรู้เพื่อสร้างกำลังคนที่มีทักษะขั้นสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งการจัดการเรียนรู้แบบ STEAM Education ซึ่งบูรณาการศาสตร์วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม ศิลปะ และคณิตศาสตร์ เป็นแนวทางสำคัญในการส่งเสริมการคิดวิเคราะห์ ความคิดสร้างสรรค์ และการแก้ปัญหาในชีวิตจริงของผู้เรียน (Yakman, 2008; Quigley et al., 2017) สอดคล้องกับเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน (SDGs) ข้อที่ 4 และนโยบาย BCG Economy Model ของรัฐบาลไทย ซึ่งมีความสำคัญต่อจังหวัดตากซึ่งเป็นพื้นที่พหุวัฒนธรรมชายแดนและเขตพัฒนาเศรษฐกิจพิเศษ

จากการนิเทศ ติดตาม และประเมินผลการจัดการเรียนรู้ STEAM Education ปีการศึกษา 2567 ของสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาตาก พบว่า ครูผู้สอนวิทยาศาสตร์มีสมรรถนะการจัดการเรียนรู้ STEAM Education อยู่ในระดับดีขึ้นไปเพียงร้อยละ 53.21 ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดร้อยละ 80 ครูผู้สอนวิทยาศาสตร์ส่วนใหญ่มีข้อจำกัดด้านสมรรถนะการจัดการเรียนรู้บูรณาการข้ามศาสตร์ โดยมักสอนแยกส่วนเนื้อหาสาระวิชา และขาดทักษะในการนำบริบทปัญหาในชีวิตจริงและนโยบายเศรษฐกิจ BCG มาเชื่อมโยงเข้าสู่ชั้นเรียน จากรายงานการนิเทศติดตามของสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาตาก สะท้อนให้เห็นว่า การจัดการเรียนรู้มีผลกระทบโดยตรงต่อคุณภาพของผู้เรียนในพื้นที่ห่างไกลและพหุวัฒนธรรมชายแดน ซึ่งส่วนใหญ่ยังขาดการพัฒนาทักษะการคิดขั้นสูง ทักษะการแก้ปัญหา และทักษะการทำงานเป็นทีม (5Cs) (สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาตาก, 2567) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Quigley and Herro (2016) ที่พบว่าครูส่วนใหญ่มีปัญหาในด้านการออกแบบกิจกรรม STEAM การบูรณาการข้ามศาสตร์ และการประเมินผลตามสภาพจริง

จากสภาพปัญหาข้างต้น พบว่า การนิเทศการศึกษาแบบดั้งเดิมเน้นการประเมินครูจากผู้นิเทศเพียงฝ่ายเดียว มีลักษณะการสื่อสารทางเดียวเชิงสั่งการและเน้นการตรวจสอบเอกสาร ซึ่งมักส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงได้บ้าง แต่ไม่ยั่งยืน (Darling-Hammond et al., 2017) ส่งผลให้ครูผู้สอนเกิดความวิตกกังวลและขาดแรงจูงใจในการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการสอนอย่างแท้จริง การพัฒนาสมรรถนะครูให้เกิดความยั่งยืนจึงต้องพัฒนากระบวนการพัฒนาวิชาชีพที่ฝังตัวในบริบทปฏิบัติงานจริง (Job-Embedded Professional Development) โดยใช้ชุมชนวิชาชีพร่วมกันสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียนแทนการประเมินเพื่อจับผิดวิธีสอนของครู ตามฐานคิดของแนวคิดโรงเรียนในฐานะชุมชนแห่งการเรียนรู้ (School as Learning Community: SLC) มีระยะเวลาต่อเนื่องและอาศัยการสะท้อนคิดร่วมกันโดยอิงหลักฐานเชิงประจักษ์

การปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้ของครูต้องอาศัยกระบวนการส่งเสริมที่เป็นระบบและต่อเนื่องในพื้นที่จริง ผู้วิจัยจึงได้สังเคราะห์แนวคิดการนิเทศ 3 รูปแบบ ได้แก่ การนิเทศแบบมีส่วนร่วม (Participatory Supervision) ของ Zepeda (2019) การนิเทศแบบคลินิก (Clinical Supervision) ของ Cogan (1973) และการนิเทศแบบฝังลึกในงาน (Job-Embedded Supervision) ของ Marzano (2011) เข้ากับแนวคิดโรงเรียนในฐานะชุมชนแห่งการเรียนรู้ (School as Learning Community: SLC) ของ Sato (2018) และเกณฑ์รางวัลคุณภาพแห่ง สพฐ. (OBECQA) ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะพัฒนาสมรรถนะครู STEAM Education ด้วยกระบวนการนิเทศ 2(CAR)S Model ที่บูรณาการบริบท BCG Economy Model และพหุวัฒนธรรมชายแดนของจังหวัดตาก เพื่อพัฒนาคุณภาพการศึกษาอย่างยั่งยืน

วัตถุประสงค์การวิจัย

โดยมีวัตถุประสงค์การวิจัย 3 ประการ ดังนี้

1. เพื่อพัฒนาสมรรถนะครูวิทยาศาสตร์ด้านการจัดการเรียนรู้ STEAM Education ด้วยกระบวนการนิเทศ 2(CAR)S Model
2. เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการสอนของครูที่ได้รับการนิเทศด้วยกระบวนการนิเทศ 2(CAR)S Model
3. เพื่อศึกษาผลกระทบเชิงระบบจากการพัฒนาสมรรถนะครู ซึ่งครอบคลุมการพัฒนาทักษะ 5Cs ของผู้เรียน การเปลี่ยนแปลงในสถานศึกษา และในเขตพื้นที่การศึกษา

สมมติฐานการวิจัย

1. ครูที่ได้รับการนิเทศด้วย 2(CAR)S Model มีสมรรถนะการจัดการเรียนรู้ STEAM Education สูงกว่าก่อนการนิเทศ
2. สมรรถนะครูหลังการนิเทศมีความสัมพันธ์ทางบวกกับทักษะ 5Cs ของผู้เรียน

กรอบแนวคิดเชิงทฤษฎี

การพัฒนากระบวนการนิเทศ 2(CAR)S Model ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการสังเคราะห์และบูรณาการทฤษฎีและแนวคิดพื้นฐาน 3 ประการ เพื่อใช้เป็นกรอบการดำเนินงาน ดังนี้

1. แนวคิดการนิเทศแบบบูรณาการ 3 รูปแบบ (Triple-Driven Supervision) ประกอบด้วย

1.1 การนิเทศแบบมีส่วนร่วม (Participatory Supervision) ตามแนวคิดของ Zepeda (2019) เน้นการสร้างปฏิสัมพันธ์แบบกัลยาณมิตรและการกระจายอำนาจในการตัดสินใจร่วมกันระหว่างผู้นิเทศและครูผู้สอน เพื่อสร้างความรู้สึกเป็นร่วมคิดร่วมพัฒนา รับผิดชอบต่อองค์กรและกระตุ้นแรงจูงใจภายในองค์กร

1.2 การนิเทศแบบคลินิก (Clinical Supervision) ตามแนวคิดของ Cogan (1973) ดำเนินการผ่านกระบวนการ 3 ระยะ ได้แก่ การประชุมก่อนการสังเกตการสอน การสังเกตการสอนในชั้นเรียน และการประชุมหลังการสังเกตการสอนเพื่อสะท้อนคิด โดยใช้เครื่องมือสังเกตพฤติกรรมทั้งในภาพกว้าง (Wide-angle) เพื่อดูบรรยากาศการเรียนรู้ และแบบเฉพาะเจาะจง (Narrow-angle) เพื่อวิเคราะห์เทคนิคการตั้งคำถามและเวลารอคอยคำตอบ

1.3 การนิเทศแบบฝังลึกในงาน (Job-Embedded Supervision) ตามแนวคิดของ Marzano (2011) มุ่งเน้นการปฏิบัติงานพัฒนาวิชาชีพที่เชื่อมโยงกับบริบทห้องเรียนจริงผ่านกิจกรรมการวางแผนร่วมกัน (Co-planning) การร่วมจัดการเรียนรู้ (Co-teaching) และระบบการโค้ชทางไกล (Online Coaching) สำหรับพื้นที่ห่างไกล

2. แนวคิดโรงเรียนในฐานะชุมชนแห่งการเรียนรู้ (School as Learning Community: SLC) ตามแนวคิดของ Sato (2018) ซึ่งมุ่งสร้างพื้นที่ปลอดภัยทางวิชาชีพ (Psychological Safety) ครูกล้าที่จะเปิดห้องเรียนเพื่อรับข้อมูลป้อนกลับ โดยใช้กลไกหลักคือ การเปิดชั้นเรียน (Open Class) ที่เปลี่ยนจุดเน้นจากการจับผิดวิธีสอนของครู ไปสู่การร่วมสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียน และนำมาสะท้อนคิดร่วมกันผ่านกระบวนการทบทวนหลังการปฏิบัติงาน (After Action Review: AAR)

3. เกณฑ์รางวัลคุณภาพแห่ง สพฐ. (OBECQA) และมาตรฐานการประกันคุณภาพภายในสถานศึกษา (IQA) นำมาบูรณาการในทุกขั้นตอนของการนิเทศเพื่อยกระดับระบบบริหารจัดการและมาตรฐานการจัดการเรียนรู้ของสถานศึกษาในภาพรวม ซึ่งเป็นบูรณาการภารกิจการนิเทศเข้ากับงานประกันคุณภาพเพื่อลดภาระเชิงเอกสารของครูผู้สอน

วิธีดำเนินการวิจัย

1. รูปแบบการวิจัย (Research Design)

การวิจัยครั้งนี้ใช้ระเบียบวิธีวิจัยและพัฒนา (Research and Development: R&D) ตามแนวคิดของ Borg and Gall (1989) ซึ่งจำแนกขั้นตอนการดำเนินงานเพื่อพัฒนาสมรรถนะครูวิทยาศาสตร์ด้านการจัดการเรียนรู้ STEAM Education ภายใต้แนวคิดโรงเรียนในฐานะชุมชนแห่งการเรียนรู้ (SLC) และการบูรณาการโมเดลเศรษฐกิจ BCG Economy ออกเป็น 4 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 การศึกษาสภาพปัจจุบัน ปัญหา และความต้องการจำเป็น (R1) เป็นการศึกษาบริบท ปัญหา และความต้องการจำเป็นในการจัดการเรียนรู้ STEAM Education ของครูผู้สอนวิทยาศาสตร์ในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาตาก โดยใช้เทคนิค PNI Modified ร่วมกับการวิเคราะห์ช่องว่างเชิงสมรรถนะ (Gap Analysis) ในด้านการออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้บูรณาการข้ามศาสตร์และการประยุกต์ใช้โมเดลเศรษฐกิจ BCG Economy เพื่อนำข้อมูลเชิงประจักษ์มาใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการกำหนดโครงสร้างนวัตกรรมการนิเทศ

ขั้นตอนที่ 2 การสร้างและการตรวจสอบคุณภาพนวัตกรรมการนิเทศ (D1) เป็นการยกร่างและสร้างนวัตกรรมกระบวนการนิเทศ 2(CAR)S Model 7 ขั้นตอน ที่บูรณการการนิเทศ 3 รูปแบบร่วมกับแนวคิด SLC และเกณฑ์คุณภาพ OBECQA จากนั้นนำนวัตกรรมที่พัฒนาขึ้นไปตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาและความเหมาะสมของร่างรูปแบบ โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 คน ซึ่งครอบคลุมเกณฑ์การประเมินด้านความเหมาะสม ความเป็นไปได้ และความเป็นประโยชน์ของรูปแบบ ผลการประเมินอยู่ในระดับมากที่สุด จากนั้นดำเนินการทดลองนำร่อง (Pilot Study) นวัตกรรมกระบวนการนิเทศที่ปรับปรุงแล้วกับครูผู้สอนวิทยาศาสตร์ที่ไม่ใช่กลุ่มเป้าหมายจำนวน 21 คน ในปีการศึกษา 2567 เพื่อตรวจสอบความเป็นไปได้ของเครื่องมือประเมินสมรรถนะครู STEAM Education ทั้ง 6 ด้าน และประเมินค่าดัชนีประสิทธิผล (Effectiveness Index: E.I.) ซึ่งผลการคำนวณระบุค่า E.I. เท่ากับ 0.7028 ผ่านเกณฑ์ที่กำหนด (ตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป) แสดงว่านวัตกรรมกระบวนการนิเทศมีประสิทธิผลตามเกณฑ์ที่กำหนด

ขั้นตอนที่ 3 การทดลองใช้จริงกับกลุ่มตัวอย่าง (R2) ผู้วิจัยเป็นการนำนวัตกรรมการนิเทศ 2(CAR)S Model ที่ผ่านการประเมินประสิทธิผลไปทดลองใช้จริงกับครูผู้สอนวิทยาศาสตร์ที่เป็นกลุ่มเป้าหมายจำนวน 25 คน จาก 21 โรงเรียน สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาตาก ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2568 เพื่อ 1) ทำการวัดระดับและพัฒนาการสมรรถนะครูวิทยาศาสตร์ทั้ง 6 ด้าน โดยการทดสอบ t-test dependent คำนวณคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ (Relative Gain Score: GS%) 2) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการสอนของครูผ่านแบบสังเกตชั้นเรียนเชิงคลินิก ทั้งมิติภาพกว้าง (Wide-angle) เพื่อดูบรรยากาศ Active Learning และมิติเฉพาะเจาะจง (Narrow-angle) เพื่อวิเคราะห์สัดส่วนคำถามระดับการคิดขั้นสูงตามพฤติกรรมการเรียนรู้ของบลูม (Bloom's Taxonomy) และเวลารอคอยคำตอบ

ขั้นตอนที่ 4 การศึกษาผลการใช้นวัตกรรมกระบวนการนิเทศและการประเมินผลกระทบเชิงระบบ (D2) ผู้วิจัยศึกษาผลกระทบเชิงระบบที่เกิดขึ้น โดยประเมินระดับทักษะในศตวรรษที่ 21 (5Cs) ของผู้เรียนจำนวน 578 คน วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรด้วยค่าสหสัมพันธ์เพียร์สัน (r) บันทึกการเปลี่ยนแปลงเชิงวัฒนธรรมองค์กรในสถานศึกษาและเขตพื้นที่การศึกษา พร้อมทั้งประเมินความพึงพอใจของครูผู้สอนที่มีต่อกระบวนการนิเทศ 2(CAR)S Model

2. กลุ่มเป้าหมาย

กลุ่มเป้าหมายในการวิจัยครั้งนี้คือ ครูผู้สอนวิทยาศาสตร์ จำนวน 25 คน จาก 21 โรงเรียน สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาตาก ที่สมัครใจเข้าร่วมโครงการในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2568 และนักเรียนระดับมัธยมศึกษา จำนวน 578 คน ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้จากครูกลุ่มเป้าหมาย

3. เครื่องมือวิจัย การหาคุณภาพ และเกณฑ์การประเมิน ประกอบด้วย

3.1 การประเมินสมรรถนะครูด้านการจัดการเรียนรู้ STEAM Education ผู้วิจัยใช้แบบประเมินสมรรถนะครูด้านการจัดการเรียนรู้ STEAM Education ครอบคลุม 6 ด้าน 30 ข้อ ค่า IOC เท่ากับ 0.80-1.00 ค่าความเชื่อมั่นด้วยวิธีสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's α) เท่ากับ 0.93 โดยกำหนดเกณฑ์มาตรฐานในการวิเคราะห์ระดับสมรรถนะตามแนวคิดการประเมินอิงเกณฑ์ แบ่งออกเป็น 5 ระดับ ได้แก่ ระดับดีเยี่ยม (4.21 – 5.00) ระดับดีมาก (3.41 – 4.20) ระดับดี (2.61 – 3.40) ระดับพอใช้ (1.81 – 2.60) และระดับต้องปรับปรุง (1.00 – 1.80) ผู้วิจัยมีการคำนวณพัฒนาการสัมพัทธ์ตามทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม (Classical Test Theory) ของศิริชัย กาญจนวาสี (2552) โดยกำหนดเกณฑ์ระดับพัฒนาการออกเป็น 4 ระดับ ได้แก่ พัฒนาการระดับสูงมาก (ร้อยละ 76-100) พัฒนาการระดับสูง (ร้อยละ 51-75) พัฒนาการระดับปานกลาง (ร้อยละ 26-50) และพัฒนาการระดับต้น (ร้อยละ 1-25)

3.2 การสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้เชิงลึก ผู้วิจัยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการสอนแบบ Wide-angle และ Narrow-angle จำนวน 20 ประเด็น ค่า IOC เท่ากับ 0.80-1.00 ค่าความเชื่อมั่นด้วยวิธีสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's α) เท่ากับ 0.89

3.3 แบบประเมินความพึงพอใจของครูต่อกระบวนการนิเทศ จำนวน 25 ข้อ ค่า IOC เท่ากับ 0.80-1.00 ค่าความเชื่อมั่นด้วยวิธีสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's α) เท่ากับ 0.92

3.4 แบบประเมินทักษะ 5Cs ของผู้เรียน ครอบคลุม 5 ด้าน 25 ข้อ ค่า IOC เท่ากับ 0.80-1.00 ค่าความเชื่อมั่นด้วยวิธีสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's α) เท่ากับ 0.91

3.5 แบบบันทึกผลกระทบจากกระบวนการนิเทศ ค่า IOC เท่ากับ 1.00

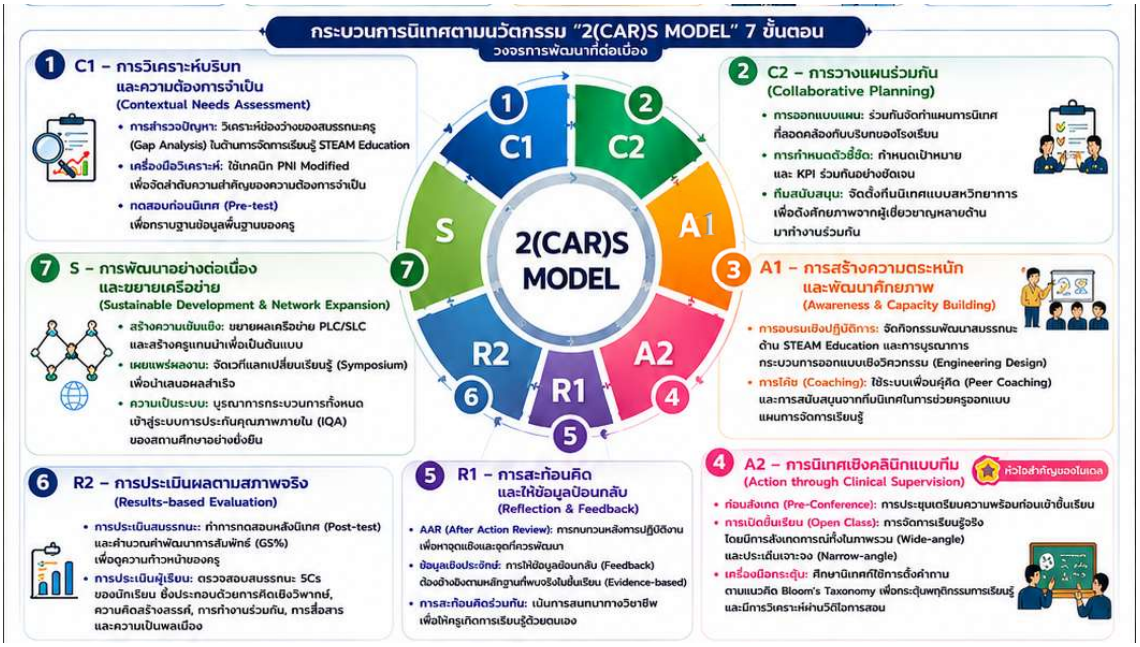
4. การพัฒนานวัตกรรมการนิเทศ 2(CAR)S Model

กระบวนการนิเทศ 2(CAR)S Model พัฒนาขึ้นตามกระบวนการ R&D ของ Borg and Gall (1989) 4 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ศึกษาสภาพปัจจุบัน ปัญหาและความต้องการ 2) สร้างและหาคุณภาพรูปแบบโดยผู้เชี่ยวชาญ 5 คน และทดลองนำร่อง (Pilot Study) กับครู 21 คน ปีการศึกษา 2567 3) ทดลองใช้จริงกับกลุ่มตัวอย่าง 25 คน ปีการศึกษา 2568 และ 4)ศึกษาผลการใช้นวัตกรรมกระบวนการนิเทศและการประเมินผลกระทบเชิงระบบ โดยอาศัยแนวคิด ทฤษฎีของกระบวนการนิเทศแบบมีส่วนร่วมประกอบด้วย 3 หลักการที่บูรณาการเข้าด้วยกันอย่างเป็นระบบ ดังนี้

หลักการที่ 1 การนิเทศแบบบูรณาการ 3 รูปแบบ ประกอบด้วย 1) การนิเทศแบบมีส่วนร่วม (Participatory Supervision) ตามแนวคิดของ Zepeda (2019) ซึ่งเปิดโอกาสให้ครูมีอำนาจร่วมตัดสินใจในทุกขั้นตอนของกระบวนการนิเทศ อันก่อให้เกิดความรู้สึกมีส่วนร่วมในการรับผิดชอบในองค์กรและแรงจูงใจภายใน 2) การนิเทศแบบคลินิก (Clinical Supervision) ตามแนวคิดของ Cogan (1973) ที่ดำเนินการเป็น 3 ระยะต่อเนื่อง ได้แก่ การประชุมก่อนการสังเกตการสอน การสังเกตการสอนในชั้นเรียน และการประชุมหลังการสังเกตการสอน โดยใช้เครื่องมือสังเกตแบบ Wide-angle สำหรับบรรยากาศการเรียนรู้ในชั้นเรียนโดยรวม และแบบ Narrow-angle สำหรับพฤติกรรมการสอนเฉพาะเจาะจง เช่น เทคนิคการตั้งคำถามของ Bloom (Bloom's Taxonomy) และ 3) การนิเทศแบบฝังลึกในงาน (Job-Embedded Supervision) ตามแนวคิดของ Marzano (2011) ที่ดำเนินการผ่านกระบวนการ Co-planning, Co-teaching, Peer Observation และ Online Coaching สำหรับสถานศึกษาในพื้นที่ห่างไกล

หลักการที่ 2 แนวคิดโรงเรียนในฐานะชุมชนแห่งการเรียนรู้ (SLC) ของ Sato (2018) ที่มองโรงเรียนเป็นพื้นที่ที่ทุกฝ่ายเรียนรู้ไปพร้อมกัน โดยใช้กลไกหลัก 3 ประการ ได้แก่ การเปิดชั้นเรียน (Open Class) ที่มุ่งสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียน กระบวนการสะท้อนคิดร่วมกัน (After Action Review: AAR) และชุมชนการเรียนรู้ทางวิชาชีพ (PLC) โดยบรรยากาศที่ปลอดภัยทางวิชาชีพ เป็นเงื่อนไขสำคัญที่ทำให้ครูกล้าเปิดห้องเรียนและรับข้อมูลป้อนกลับอย่างสร้างสรรค์

หลักการที่ 3 เกณฑ์รางวัลคุณภาพแห่ง สพฐ. (OBECQA) 7 หมวด และมาตรฐาน IQA 3 มาตรฐาน ซึ่งบูรณาการเข้าในทุกขั้นตอนของกระบวนการนิเทศ เพื่อให้การพัฒนาสมรรถนะครูส่งผลต่อคุณภาพสถานศึกษาในภาพรวม และสามารถนำผลไปจัดทำรายงานการประเมินตนเองของสถานศึกษา (SAR) โดยเป็นการลดภาระของครู ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 กระบวนการนิเทศ 2(CAR)S Model ที่อาศัยแนวคิดโรงเรียนในฐานะชุมชนแห่งการเรียนรู้ (School as Learning Community: SLC)

5. กระบวนการหรือขั้นตอนการนิเทศการจัดการเรียนรู้

นวัตกรรมการนิเทศแบบมีส่วนร่วม 2(CAR)S Model ประกอบด้วยกระบวนการนิเทศ 7 ขั้นตอน โดยมีการใช้ทีมนิเทศแบบสหวิทยาการ (Multidisciplinary Supervision Team) ประกอบด้วย ศึกษานิเทศก์ อาจารย์มหาวิทยาลัย อาจารย์จากสถาบันอาชีวศึกษาเป็นผู้เชี่ยวชาญด้าน Engineering and Technology Integration ครูแกนนำ STEAM Education ที่ผ่านการนิเทศในปีการศึกษา 2567 (ปีที่ผ่านมา) และครูต้นแบบ STEAM Education ของ สพม.ตาก ซึ่งแนวคิดทีมนิเทศสหวิทยาการสอดคล้องกับ OBECQA หมวด 6.1ค. ด้านการจัดการเครือข่ายอุปทาน (Supply-Network Management) ที่ให้ความสำคัญกับความร่วมมือกับพันธมิตรภายนอก และ Darling-Hammond et al. (2017) ที่กล่าวว่า การพัฒนาวิชาชีพครูที่มีประสิทธิผลต้องอาศัยผู้เชี่ยวชาญหลากหลายมิติ ไม่ใช่เพียงผู้นิเทศภายในระบบ แต่ละขั้นตอนบูรณาการกับเกณฑ์ OBECQA และมาตรฐาน IQA ที่สอดคล้องกัน ดำเนินการออกแบบแผนการนิเทศ 3 แผน รวม 84 ชั่วโมงใน 16 สัปดาห์ ครอบคลุมการพัฒนาสมรรถนะครู STEAM Education ทั้ง 6 ด้าน

กระบวนการนิเทศ 2(CAR)S Model ประกอบด้วย 7 ขั้นตอน ดังนี้ 1) การประเมินสภาพและความต้องการ (Contextual Needs Assessment) วิเคราะห์ PNI Modified รายบุคคลของครู 2) การวางแผนการนิเทศร่วมกัน (Collaborative Planning and Design) ครู ผู้บริหาร และทีมนิเทศสหวิทยาการออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้ตาม STEAM Design Process ผ่าน PLC/SLC 3) การสร้างความตระหนักและเสริมความรู้ (Awareness and Capacity Building) พัฒนากระบวนการจัดการเรียนรู้ครูสู่ผู้อำนวยการเรียนรู้ (Facilitator) โดยการจัดอบรมพัฒนาการจัดการเรียนรู้ STEAM Education ของครูผู้สอนวิทยาศาสตร์เชิงลึก และพัฒนาการสร้างคลังเครื่องมือวัดและประเมินผล 4) การปฏิบัติการนิเทศเชิงคลินิก (Active Clinical Supervision) กระบวนการเปิดชั้นเรียน (Open Class) การโค้ชในชั้นเรียน สังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียนและเทคนิคการตั้งคำถามของครู 5) การสะท้อนคิดและให้ข้อมูลป้อนกลับ (Reflective Dialogue and Feedback) ทำ AAR ในวง PLC ความเป็นกัลยาณมิตร ตามแนวคิดของ SLC **6) การ**

ประเมินผลการนิเทศ (Results-based Evaluation) ใช้การประเมินสภาพจริงผ่านการสังเกตและหลักฐานเชิงประจักษ์ เพื่อประเมินสมรรถนะของครูและทักษะ 5Cs ของนักเรียน 7) การพัฒนาอย่างต่อเนื่อง (Sustainable Development) สร้างวัฒนธรรมการเรียนรู้ที่ยั่งยืนและต่อยอดนวัตกรรมการจัดการเรียนรู้อย่างเป็นระบบด้วยการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ โดยนวัตกรรมการนิเทศ 2(CAR)S Model ผ่านการตรวจสอบคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญ 5 คน ได้รับการประเมินด้านความเหมาะสม ความเป็นไปได้ และความเป็นประโยชน์ ในภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด นอกจากนี้ดำเนินการทดลองนำร่อง (Pilot Study) กับครูวิทยาศาสตร์ 21 คน ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2567 เพื่อตรวจสอบคุณภาพของรูปแบบและหาค่าดัชนีประสิทธิผล (E.I.) พบว่า E.I. = 0.7028 ผ่านเกณฑ์ที่กำหนด (≥ 0.50) แสดงว่ารูปแบบมีความเหมาะสมที่จะนำไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างได้

6. การดำเนินการนิเทศ

ดำเนินการนิเทศกลุ่มเป้าหมายผ่านแผนการนิเทศ 3 แผน รวมระยะเวลา 16 สัปดาห์ 84 ชั่วโมง โดยใช้ทีมนิเทศแบบสหวิทยาการ (Multidisciplinary Supervision Team) ประกอบด้วย ศึกษานิเทศก์ อาจารย์มหาวิทยาลัย อาจารย์จากสถาบันอาชีวศึกษา ครูแกนนำ และครูต้นแบบ STEAM ของ สพม.ตาก กับโรงเรียนในสังกัดทั้ง 21 แห่ง สำหรับโรงเรียนพื้นที่ห่างไกล 8 โรงเรียน ใช้การนิเทศทางไกลผ่าน Online Coaching และ Video Analysis เพื่อช่วยในการพัฒนาครูผู้สอนวิทยาศาสตร์ด้วยกระบวนการนิเทศ 2(CAR)S Model

7. การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลด้วย ค่าเฉลี่ย (Mean) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ร้อยละ การทดสอบค่า t-test dependent ค่าคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ GS(%)ของสมรรถนะการจัดการเรียนรู้ STEAM Education ของครูวิทยาศาสตร์ ตามแนวคิดของศิริชัย กาญจนวาสี (2552) และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน (Pearson's correlation coefficient) เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสมรรถนะครูกับทักษะ 5Cs ของผู้เรียน โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปสำหรับวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ผลการวิจัย

ผลการทดลองใช้กระบวนการนิเทศ 2(CAR)S Model สามารถสรุปได้ 3 ประเด็น ตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย ดังนี้

1. ผลการพัฒนาสมรรถนะครูด้านการจัดการเรียนรู้ STEAM Education

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยมุ่งเน้นการพัฒนาสมรรถนะครูวิทยาศาสตร์ด้านการจัดการเรียนรู้ STEAM Education เป็นการประเมินการปฏิบัติงานตามสภาพจริง ครอบคลุมสมรรถนะ 6 ด้านหลัก ดังต่อไปนี้ 1) ด้านการประยุกต์ใช้แนวคิดและหลักการ STEAM Education เป็นความสามารถในการบูรณาการข้ามศาสตร์ร่วมกับกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (Engineering Design Process) และการเชื่อมโยงโมเดลเศรษฐกิจ BCG Economy 2) ด้านการออกแบบและพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ เป็นความสามารถในการสร้างสรรค์หน่วยการเรียนรู้บูรณาการกับสถานการณ์ปัญหาในชีวิตจริง 3) ด้านการจัดการเรียนรู้และอำนวยความสะดวก เป็นความสามารถเชิงพฤติกรรมในการปรับบทบาทเป็นผู้อำนวยการเรียนรู้ (Learning Facilitator) และการใช้เทคนิคการตั้งคำถามกระตุ้นการคิดขั้นสูงตามพฤติกรรมการเรียนรู้ของบลูม (Bloom's Taxonomy) 4) ด้านการประเมินผลการเรียนรู้ STEAM Education เป็นความสามารถในการออกแบบเครื่องมือและวิธีการวัดและการประเมินผลการเรียนรู้เชิงรุก (Active Learning) ตามสภาพจริง 5) ด้านการพัฒนาตนเองและ PLC เป็นความสามารถในการเปิดชั้นเรียน (Open Class) เพื่อการสะท้อนคิดร่วมกันในวงวิชาชีพภายใต้แนวคิดชุมชนแห่งการเรียนรู้ (SLC) 6) ด้านการบูรณาการบริบทท้องถิ่นและจริยธรรม เป็นความสามารถในการผสานภูมิปัญญาและสภาพแวดล้อมพหุวัฒนธรรมชายแดน

เข้ากับสาระการเรียนรู้ ผลการเปรียบเทียบสมรรถนะครูก่อนและหลังการนิเทศด้วยกระบวนการนิเทศ 2(CAR)S Model แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการเปรียบเทียบสมรรถนะครูก่อนและหลังการนิเทศด้วยกระบวนการนิเทศ 2(CAR)S Model

การทดสอบ	n	คะแนนเต็ม	$\bar{X}$	S.D.	t	p
ก่อนนิเทศ	25	150	84.60	2.67	63.69**	.00
หลังนิเทศ	25	150	127.28	1.79		

หมายเหตุ: **p < .01

จากตารางที่ 1 พบว่า สมรรถนะครูด้านการจัดการเรียนรู้ STEAM Education ภายหลังการนิเทศ ($\bar{X}$= 127.28, S.D. = 1.79) สูงกว่าก่อนการนิเทศ ($\bar{X}$= 84.60, S.D. = 2.67) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยมีค่าสถิติทดสอบที (t-test) เท่ากับ 63.69 สรุปได้ว่า ผลต่างของคะแนนสมรรถนะระหว่างก่อนและหลังการนิเทศมีนัยสำคัญทางสถิติในระดับ .01 สะท้อนว่ารูปแบบการนิเทศ 2(CAR)S Model ส่งผลในการพัฒนาสมรรถนะครูวิทยาศาสตร์ได้อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งมีลักษณะของรูปแบบที่ดำเนินการอย่างต่อเนื่อง 16 สัปดาห์ 84 ชั่วโมง ผ่านกระบวนการ 7 ขั้นตอนของ 2(CAR)S Model ภายใต้แนวคิดโรงเรียนในฐานะชุมชนแห่งการเรียนรู้ (SLC) เมื่อพิจารณาสมรรถนะรายด้านทั้ง 6 ด้าน ปรากฏผลดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการประเมินสมรรถนะครูด้านการจัดการเรียนรู้ STEAM Education รายด้าน (N = 25)

สมรรถนะครูด้านการจัดการเรียนรู้ STEAM Education 6 ด้าน	ผลประเมินก่อนนิเทศ	ระดับ	ผลประเมินหลังนิเทศ	ระดับ	GS(%)	ระดับ
1. การประยุกต์ใช้แนวคิดและหลักการ STEAM Education	14.30	ดี	22.10	ดีเยี่ยม	72.90	สูง
2. การออกแบบและพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้	13.65	ดี	21.50	ดีเยี่ยม	69.16	สูง
3. การจัดการเรียนรู้และอำนวยความสะดวก	15.40	ดี	22.35	ดีเยี่ยม	72.40	สูง
4. การประเมินผลการเรียนรู้ STEAM Education	14.25	ดี	20.85	ดีมาก	61.40	สูง
5. การพัฒนาตนเองและ PLC	13.50	ดี	20.25	ดีมาก	58.70	สูง
6. การบูรณาการบริบทท้องถิ่นและจริยธรรม	13.55	ดี	20.20	ดีมาก	58.08	สูง
ภาพรวม	84.60	ดี	127.28	ดีเยี่ยม	65.14	สูง

จากตารางที่ 2 พบว่า สมรรถนะครูโดยภาพรวมพัฒนาจากระดับดีเป็นระดับดีเยี่ยม ค่าคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ GS(%) เฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 65.14 อยู่ในระดับสูง โดยด้านที่มีค่าพัฒนาการสูงสุดคือ การประยุกต์ใช้แนวคิด STEAM และหลักการ STEAM Education (GS(%) = 72.90) โดยการประเมินสมรรถนะครูดำเนินการ 4 ระยะ ได้แก่ ระยะก่อนการนิเทศ (T1) ผลประเมินก่อนนิเทศในภาพรวมเฉลี่ยเท่ากับ 84.60 ระยะการออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้ (T2) ผลประเมินการนิเทศในภาพรวมเฉลี่ยเท่ากับ 101.28 ระยะการจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียนจริง (T3) ผลประเมินการนิเทศในภาพรวมเฉลี่ยเท่ากับ 116.44 และระยะสะท้อนคิดร่วมกันผ่านกระบวนการ PLC หลังการนิเทศ (T4) ผลประเมินหลังการนิเทศในภาพรวมเฉลี่ยเท่ากับ 127.28 นอกจากนี้ ผลการประเมินความพึงพอใจของครูที่มีต่อกระบวนการนิเทศ 2(CAR)S Model โดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.67, S.D. = 0.15)

2. ผลการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการสอนของครู

การสังเกตพฤติกรรมการสอนของครูด้วยเครื่องมือ Narrow-angle Observation พบว่า ครูเปลี่ยนบทบาทจากผู้ถ่ายทอดความรู้เป็นผู้อำนวยการเรียนรู้ (Facilitator) อย่างชัดเจน โดยเพิ่มสัดส่วนคำถามระดับวิเคราะห์และสร้างสรรค์ตาม Bloom's Taxonomy จากร้อยละ 18.3 เป็นร้อยละ 62.7 ลดการบรรยายเนื้อหาแบบทางเดียวจากร้อยละ 74.5 เหลือร้อยละ 28.3

นอกจากนี้ ครูสามารถออกแบบกิจกรรม STEAM Education ที่บูรณาการ BCG Economy Model ภูมิปัญญาพหุวัฒนธรรม บริบทพื้นที่สูง และกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (Engineering Design Process) เข้ากับเนื้อหาวิทยาศาสตร์ได้สอดคล้องกับบริบทท้องถิ่นของจังหวัดตาก ครูในโรงเรียนพื้นที่ห่างไกล 8 โรงเรียน ที่ได้รับการนิเทศผ่าน Online Coaching และ Video Analysis มีพัฒนาการสมรรถนะไม่แตกต่างจากกลุ่มที่ได้รับการนิเทศแบบ Onsite

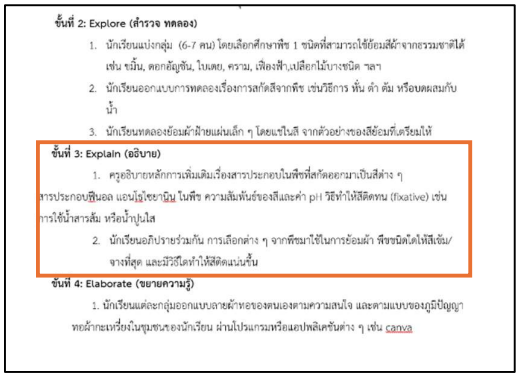
3. ผลกระทบเชิงระบบจากการพัฒนาสมรรถนะครู

ผลการพัฒนาทักษะ 5Cs ของนักเรียน 578 คน พบว่า มีทักษะ 5Cs โดยภาพรวมในระดับดีเยี่ยม ($\bar{X}$ = 3.56, S.D. = 0.15) โดยด้านความเป็นพลเมืองในศตวรรษที่ 21 มีค่าเฉลี่ยสูงสุด รองลงมาคือ ด้านความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ด้านการสื่อสาร ด้านการทำงานร่วมกัน และด้านการคิดเชิงวิพากษ์ ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สันพบว่า สมรรถนะครูภายหลังการนิเทศมีความสัมพันธ์ทางบวกกับทักษะ 5Cs ของผู้เรียนในระดับสูงมาก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 (r = 0.928)

ผลกระทบเชิงระบบเกิดขึ้นใน 4 ระดับ ได้แก่ 1) ระดับนักเรียน นักเรียนมีทักษะ 5Cs ระดับดีเยี่ยม 2) ระดับครู ครูร้อยละ 100 ได้รับการยกย่องเชิดชูเกียรติระดับเขตพื้นที่การศึกษา 3) ระดับสถานศึกษา เกิดวัฒนธรรม SLC ที่เข้มแข็ง ครอบคลุม 21 โรงเรียน โรงเรียนแม่ระมาดวิทยาคมได้รับรางวัล "หนึ่งโรงเรียน หนึ่งนวัตกรรม" ระดับประเทศ และ 4) ระดับเขตพื้นที่การศึกษา ขับเคลื่อนคุณภาพการศึกษาตามมาตรฐาน IQA 3 มาตรฐาน และเกณฑ์ OBECQA 7 หมวด สถานศึกษาในสังกัดได้รับรางวัล ScQA 20 แห่ง และ OBECQA 6 แห่ง ซึ่งสะท้อนว่ากระบวนการนิเทศที่พัฒนาขึ้นสามารถสร้างผลกระทบเชิงระบบได้ในระดับองค์กร รายละเอียดการดำเนินการนิเทศดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 การนิเทศการจัดการเรียนรู้ STEAM Education ภายใต้แนวคิดโรงเรียนในฐานะชุมชนแห่งการเรียนรู้ (School as Learning Community: SLC)



ขั้นที่ 2: Explore (สำรวจ ทดลอง)

1. นักเรียนแบ่งกลุ่ม (6-7 คน) โดยเลือกศึกษาพืช 1 ชนิดที่สามารถใช้ย้อมสีผ้าจากธรรมชาติได้ เช่น ขมิ้น, ดอกอัญชัน, ใบเตย, ครามฯลฯ
2. นักเรียนออกแบบการทดลองเรื่องการสกัดสีจากพืช เช่นวิธีการ ทุบ ตำ ต้ม หรือผสมกับน้ำ
3. นักเรียนทดลองย้อมผ้าฝ้ายแผ่นเล็ก ๆ โดยแช่ในสี จากตัวอย่างของสีย้อมที่เตรียมให้

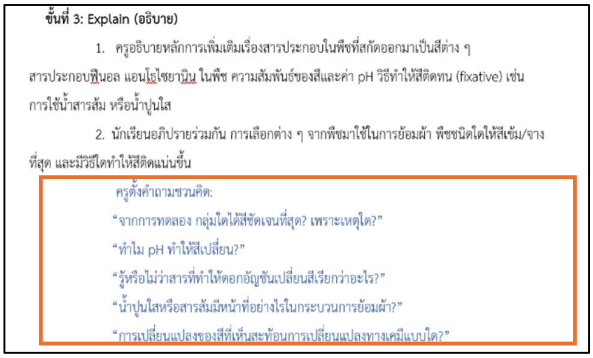
ขั้นที่ 3: Explain (อธิบาย)

1. ครูอธิบายหลักการเพิ่มเติมเรื่องสารประกอบในพืชที่สกัดออกมาเป็นสีต่าง ๆ สารประกอบฟีนอล แอนโธไซยานิน ในพืช ความสัมพันธ์ของสีและค่า pH วิธีทำให้สีติดทน (fixative) เช่น การใช้น้ำสารส้ม หรือน้ำปูนใส
2. นักเรียนอภิปรายร่วมกัน การเลือกต่าง ๆ จากพืชมาใช้ในการย้อมผ้า พืชชนิดใดให้สีเข้ม/จางที่สุด และมีวิธีใดทำให้สีติดแน่นขึ้น

ขั้นที่ 4: Elaborate (ขยายความรู้)

1. นักเรียนแต่ละกลุ่มออกแบบลายผ้าหรือของตนเองตามความสนใจ และตามแบบของภูมิปัญญาท้องถิ่นเหนือในชุมชนของนักเรียน ผ่านโปรแกรมหรือแอปพลิเคชันต่าง ๆ เช่น canva

รูปที่ 3 (ก) แผนการจัดการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ชีวภาพ เรื่อง การใช้ประโยชน์จากสารสีในพืช ก่อนการนิเทศ



ขั้นที่ 3: Explain (อธิบาย)

1. ครูอธิบายหลักการเพิ่มเติมเรื่องสารประกอบในพืชที่สกัดออกมาเป็นสีต่าง ๆ สารประกอบฟีนอล แอนโธไซยานิน ในพืช ความสัมพันธ์ของสีและค่า pH วิธีทำให้สีติดทน (fixative) เช่น การใช้น้ำสารส้ม หรือน้ำปูนใส
2. นักเรียนอภิปรายร่วมกัน การเลือกต่าง ๆ จากพืชมาใช้ในการย้อมผ้า พืชชนิดใดให้สีเข้ม/จางที่สุด และมีวิธีใดทำให้สีติดแน่นขึ้น

ครูตั้งคำถามชวนคิด:

"จากการทดลอง กลุ่มใดได้สีชัดเจนที่สุด? เพราะเหตุใด?"

"ทำไม pH ทำให้สีเปลี่ยน?"

"รู้หรือไม่ว่าสารที่ทำให้ดอกอัญชันเปลี่ยนสีเรียกว่าอะไร?"

"น้ำปูนใสหรือสารส้มมีหน้าที่อย่างไรในกระบวนการย้อมผ้า?"

"การเปลี่ยนแปลงของสีที่เห็นสะท้อนการเปลี่ยนแปลงทางเคมีแบบใด?"

รูปที่ 3 (ข) ภาพแผนการจัดการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ชีวภาพ เรื่อง การใช้ประโยชน์จากสารสีในพืช หลังการนิเทศ มีการใช้คำถามกระตุ้นความคิดขั้นสูงเพิ่มขึ้น



รูปที่ 4 กิจกรรมการเรียนรู้ STEAM Education บูรณการ BCG เรื่อง ออร์แกเนลล์ กิจกรรมกำยานไล่ยุงจากสมุนไพร เช่น ตะไคร้หอม กะเพรา สะเดา มะกรูด ชะพลู ส้ม ขมิ้น จันทน์ขาว จันทน์แดง กำยาน และจันทน์หอม

การอภิปรายผล

จากผลการวิจัยพบว่า สมรรถนะครูด้านการจัดการเรียนรู้ STEAM Education ภายหลังการนิเทศสูงกว่าก่อนการนิเทศอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ค่า GS(%) เฉลี่ยร้อยละ 65.14 อยู่ในระดับสูง แสดงให้เห็นว่ากระบวนการนิเทศ 2(CAR)S Model มีประสิทธิผลในการพัฒนาสมรรถนะครู อภิปรายได้ว่า รูปแบบการนิเทศที่บูรณาการการนิเทศแบบมีส่วนร่วม (Zepeda, 2019) การนิเทศแบบคลินิก (Cogan, 1973) และการนิเทศแบบฝังลึกในงาน (Marzano, 2011) เปิดโอกาสให้ครูมีอำนาจร่วมตัดสินใจในทุกขั้นตอน ก่อให้เกิดความรู้สึกเป็นเจ้าของและแรงจูงใจภายใน ซึ่งสอดคล้องกับ Darling-Hammond et al. (2017) ที่ระบุว่าการพัฒนาวิชาชีพครูที่มีประสิทธิผลต้องฝังตัวอยู่ในบริบทการสอนจริงและมีระยะเวลาต่อเนื่องเพียงพอ

การที่ครูเปลี่ยนบทบาทจากผู้ถ่ายทอดความรู้เป็นผู้อำนวยการเรียนรู้ พร้อมเพิ่มสัดส่วนคำถามกระตุ้นความคิดขั้นสูงตาม Bloom's Taxonomy จากร้อยละ 18.3 เป็น 62.7 สะท้อนให้เห็นการเปลี่ยนแปลงเชิงคุณภาพของการจัดการเรียนรู้ในห้องเรียน อภิปรายได้ว่า แนวคิดโรงเรียนในฐานะชุมชนแห่งการเรียนรู้ (SLC) ของ Sato (2018) ที่เน้นการสังเกตการเรียนรู้ของนักเรียนแทนการตัดสินครู สร้างบรรยากาศปลอดภัยทางวิชาชีพ (Psychological Safety) ทำให้ครูกล้าเปิดห้องเรียนและ

รับข้อมูลป้อนกลับอย่างสร้างสรรค์ สอดคล้องกับ Quigley and Herro (2016) ที่พบว่า การนำ STEAM Education ไปใช้ในชั้นเรียนต้องการการสนับสนุนเชิงระบบและการสะท้อนคิดร่วมกัน

ผลการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่พบว่าสมรรถนะครูสัมพันธ์ทางบวกกับทักษะ 5Cs ของผู้เรียนในระดับสูงมาก ($r = 0.928$, $p < .01$) แสดงว่า การพัฒนาครูส่งผลโดยตรงต่อคุณภาพการเรียนรู้ของผู้เรียน นอกจากนี้ การที่ครูในโรงเรียนพื้นที่ห่างไกลที่ได้รับการนิเทศผ่าน Online Coaching และ Video Analysis มีพัฒนาการไม่แตกต่างจากกลุ่ม Onsite แสดงให้เห็นถึงความเป็นไปได้ในการขยายผลรูปแบบการนิเทศไปยังพื้นที่ที่มีข้อจำกัดด้านระยะทาง สอดคล้องกับ Quigley et al. (2017) ที่ระบุว่าการพัฒนาวิชาชีพครู STEAM ต้องอาศัยรูปแบบที่ยืดหยุ่นและตอบสนองต่อบริบทที่หลากหลาย

จุดเด่นของสมรรถนะการสอน STEAM Education ของครูภายหลังการนิเทศ ผลการประเมินสมรรถนะการสอน STEAM Education ของครู 6 ด้าน ตามตารางที่ 2 บ่งชี้ว่าครูกลุ่มเป้าหมาย 25 คน พัฒนาสมรรถนะในทุกด้านจากระดับดีไประดับดีเยี่ยม และดีมาก โดยมีค่าพัฒนาการสัมพัทธ์เฉลี่ย (GS%) เท่ากับ 65.14 อยู่ในระดับสูง อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณารายด้าน พบว่ามีสมรรถนะ 3 ด้านที่โดดเด่น ดังนี้ 1) ด้านการประยุกต์ใช้แนวคิดและหลักการ STEAM Education (GS% = 72.90) พัฒนาจากระดับดีเป็นดีเยี่ยม สะท้อนว่าครูเข้าใจปรัชญาและหลักการของ STEAM Education ตามแนวคิดของ Yakman (2008) อย่างลึกซึ้ง และสามารถบูรณาการ 5 ศาสตร์ (วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม ศิลปะ และคณิตศาสตร์) เข้ากับบริบทเฉพาะของพื้นที่ ได้แก่ BCG Economy Model ภูมิปัญญาพหุวัฒนธรรมชายแดนตาก และเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน (SDGs) 2) ด้านการจัดการเรียนรู้และอำนวยความสะดวก (GS% = 72.40) พัฒนาจากระดับดีเป็นดีเยี่ยม สะท้อนถึงการเปลี่ยนแปลงเชิงพฤติกรรมการสอนของครูจากผู้ถ่ายทอดความรู้เป็นผู้อำนวยการเรียนรู้ ตามแนวคิด Constructivism ครูสามารถจัดกิจกรรมแบบ Active Learning, Inquiry-Based Learning และ Project-Based Learning ที่เป็นหัวใจของ STEAM Education 3) ด้านการออกแบบและพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ (GS% = 69.16) พัฒนาจากระดับดีเป็นดีเยี่ยม สะท้อนความสามารถของครูในการออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้ STEAM Education ที่บูรณาการกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (Engineering Design Process) เข้ากับเนื้อหาวิทยาศาสตร์และบริบทท้องถิ่น สมรรถนะที่โดดเด่นทั้ง 3 ด้านนี้สะท้อนคุณลักษณะของครูวิทยาศาสตร์ STEAM Education ในศตวรรษที่ 21 ที่มีความรู้และทักษะทั้งในมิติ Pedagogical Content Knowledge (ด้านการประยุกต์ใช้แนวคิด STEAM และการออกแบบแผน) และ Instructional Practice (ด้านการจัดการเรียนรู้) ตามกรอบของ Shulman (1986) ทำให้ผู้เรียนการบูรณาการบริบท BCG Economy Model ภูมิปัญญาพหุวัฒนธรรมชายแดน และเป้าหมาย SDGs เข้ากับการจัดการเรียนรู้ STEAM Education ทำให้ผู้เรียนเห็นความเชื่อมโยงระหว่างเนื้อหาวิทยาศาสตร์กับชีวิตจริง เกิดความเป็นพลเมืองในศตวรรษที่ 21 ซึ่งเป็นผลลัพธ์ที่ยั่งยืนกว่าการพัฒนาความรู้ทางวิชาการเพียงด้านเดียว

บทสรุป

กระบวนการนิเทศ 2(CAR)S Model ที่พัฒนาขึ้นเป็นนวัตกรรมเชิงกระบวนการที่บูรณาการแนวคิดการนิเทศ 3 รูปแบบ (Participatory, Clinical, และ Job-Embedded Supervision) เข้ากับแนวคิดโรงเรียนในฐานะชุมชนแห่งการเรียนรู้ (SLC) เกณฑ์ OBECQA และ IQA และนโยบาย BCG Economy Model อย่างเป็นระบบ ผลการนำไปใช้กับครูวิทยาศาสตร์ 25 คน จาก 21 โรงเรียน สังกัด สพม.ตาก พบว่า สมรรถนะครูภายหลังการนิเทศสูงกว่าก่อนการนิเทศอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ค่า GS(%) เฉลี่ยร้อยละ 65.14 อยู่ในระดับสูง ครูเปลี่ยนบทบาทเป็นผู้อำนวยการเรียนรู้

เพิ่มคำถามระดับสูงและบูรณาการ BCG Economy Model นักเรียน 578 คน มีทักษะ 5Cs ระดับดีเยี่ยม สมรรถนะครู สัมพันธ์ทางบวกกับทักษะ 5Cs ของผู้เรียนในระดับสูงมาก ($r = 0.928$, $p < .01$) และเกิดผลกระทบเชิงระบบใน 4 ระดับ

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะสำหรับการนำไปใช้

1.1 ผู้นิเทศควรมีความรู้ STEAM Education เพียงพอ มีทักษะการโค้ชและการสื่อสารเชิงบวก

1.2 ครูควรออกแบบกิจกรรม STEAM Education ที่เชื่อมโยงกับบริบทท้องถิ่นและใช้คำถามระดับวิเคราะห์ขึ้นไป

1.3 สามารถนำกระบวนการนิเทศ 2(CAR)S Model ไปประยุกต์ใช้ในเขตพื้นที่อื่นได้ โดยปรับองค์ประกอบทีมนิเทศสหวิทยาการตามทรัพยากรในพื้นที่ และใช้ Online Coaching ร่วมกับ Video Analysis สำหรับสถานศึกษาห่างไกล

2. ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยต่อไป

2.1 ควรศึกษาผลของกระบวนการนิเทศที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นในระยะยาว และศึกษากับกลุ่มสาระการเรียนรู้อื่น ๆ

2.2 การศึกษาในอนาคตควรดำเนินการตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้าง (Construct Validity) ของเครื่องมือวิจัยทั้ง 2 ชุด ได้แก่ แบบประเมินสมรรถนะครู STEAM Education 6 ด้าน 30 ข้อ และแบบประเมินทักษะ 5Cs ของผู้เรียน 25 ข้อ ด้วยการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ (Exploratory Factor Analysis: EFA) และการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (Confirmatory Factor Analysis: CFA) ในกลุ่มตัวอย่างอิสระที่มีขนาดเพียงพอ เพื่อยืนยันโครงสร้างองค์ประกอบของเครื่องมือ และพัฒนาเครื่องมือให้มีคุณภาพตามหลักวิชาการ

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาตาก ผู้บริหารและครูผู้สอนวิทยาศาสตร์ 21 โรงเรียน ทีมนิเทศสหวิทยาการ และนักเรียนทุกคนที่ร่วมโครงการ ที่ให้ความร่วมมือและสนับสนุนให้การวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี ขอขอบคุณสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) และหน่วยศึกษานิเทศก์ สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน (สพฐ.) ที่เป็นกำลังใจและให้คำแนะนำในการดำเนินการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

ศิริชัย กาญจนวาสี. (2552). ทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม. พิมพ์ครั้งที่ 6. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย: กรุงเทพฯ.

สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาตาก. (2567). รายงานการนิเทศ ติดตาม และประเมินผลการจัดการเรียนรู้ STEAM Education ประจำปีการศึกษา 2567. กลุ่มนิเทศ ติดตามและประเมินผลการจัดการศึกษา สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาตาก: ตาก.

Borg W.R. and Gall M.D. (1989). Educational Research: An Introduction. 5th Edition. Longman: New York.

Cogan M.L. (1973). Clinical Supervision. Houghton Mifflin: Boston.

Darling-Hammond L., Hyler M.E. and Gardner M. (2017). Effective Teacher Professional Development. Learning Policy Institute: Palo Alto.

Marzano R.J. (2011). What Works in Supervision. ASCD: Alexandria.

Quigley C.F. and Herro D. (2016). “Finding the joy in the unknown”: Implementation of STEAM teaching practices in middle school science and math classrooms. Journal of Science Education and Technology. 25(3): 410-426.

Quigley C.F., Herro D. and Jamil F.M. (2017). Developing a conceptual model of STEAM teaching practices. School Science and Mathematics. 117(1-2): 1-12.

Sato M. (2018). School as Learning Community: A Vision and Practice. 2nd Edition. Gakuji-sha: Tokyo.

Yakman G. (2008). STEAM education: An overview of creating a model of integrative education. In Proceedings of the PATT-17 & PATT-19 Conferences. Salt Lake City, Utah. 335-358.

Zepeda S.J. (2019). Instructional Supervision: Applying Tools and Concepts. 4th Edition. Eye on Education: New York.

การพัฒนาชุดกิจกรรมศิลปะสร้างสรรค์เพื่อส่งเสริมทักษะกล้ามเนื้อมัดเล็กของเด็กชั้นอนุบาลปีที่ 1 โรงเรียนสาธิตละอออุทิศ สุพรรณบุรี

Development of a creative art activity package to promote fine motor skills among kindergarten year 1 students at La-orutis Demonstration School, Suphan Buri

กฤษณะ สมเย็น[1] ชนม์ธิดา ยาแก้ว[1] และฉัตรชัย บุษบงค์[1*]
Kritsana Somyen[1], Chontida Yakew[1] and Chatchai Busabong[1*]

[1]คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต วิทยาเขตสพรรณบุรี จังหวัดสุพรรณบุรี
[1]Faculty of Education, Suan Dusit University, Suphan Buri
[*]Corresponding Author E-mail Address : Chatchai_bus@dusit.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาชุดกิจกรรมศิลปะสร้างสรรค์เพื่อส่งเสริมทักษะกล้ามเนื้อมัดเล็กของเด็กชั้นอนุบาลปีที่ 1 ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ E1/E2 = 80/80 และ 2) เปรียบเทียบทักษะกล้ามเนื้อมัดเล็กของเด็กก่อนและหลังการใช้ชุดกิจกรรม กลุ่มตัวอย่างเป็นเด็กชั้นอนุบาลปีที่ 1/1 โรงเรียนสาธิตละอออุทิศ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต วิทยาเขตสุพรรณบุรี ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2568 จำนวน 24 คน เลือกแบบเจาะจง รูปแบบการวิจัยเป็นเชิงทดลองเบื้องต้นแบบ One Group Pretest-Posttest Design เครื่องมือประกอบด้วย 1) ชุดกิจกรรมศิลปะสร้างสรรค์ 8 กิจกรรม ครอบคลุม 5 ประเภท ได้แก่ งานพิมพ์ภาพ งานปั้น งานกระดาษ งานสีน้ำ และงานร้อยเชือก ดำเนินการสัปดาห์ละ 1 กิจกรรม กิจกรรมละ 35–40 นาที รวม 8 สัปดาห์ และ 2) แบบประเมินทักษะกล้ามเนื้อมัดเล็ก 4 ด้าน 12 รายการ คะแนนเต็ม 36 คะแนน ตรวจสอบคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ได้ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) อยู่ในช่วง 0.67–1.00 และค่าความเชื่อมั่นระหว่างผู้ประเมิน (Cohen's Kappa) เท่ากับ 0.82 วิเคราะห์ข้อมูลด้วยค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าประสิทธิภาพ E1/E2 และการทดสอบค่าทีแบบกลุ่มสัมพันธ์ (Paired Samples t-test) ผลการวิจัยพบว่า ชุดกิจกรรมศิลปะสร้างสรรค์ที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพ E1/E2 = 82.42/83.68 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด และทักษะกล้ามเนื้อมัดเล็กของเด็กหลังการใช้ชุดกิจกรรม ($\bar{x}$ = 30.13, S.D. = 2.47) สูงกว่าก่อนการใช้ชุดกิจกรรม ($\bar{x}$ = 19.29, S.D. = 3.08) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (t = 25.53, df = 23, p < .001) ค่าขนาดอิทธิพล (Cohen's d) เท่ากับ 5.24 ซึ่งจัดเป็นขนาดอิทธิพลที่ใหญ่มาก พิจารณารายด้าน พบว่า ด้านที่มีคะแนนเฉลี่ยหลังการทดลองสูงสุดคือทักษะการหยิบจับ (ร้อยละ 88.89) รองลงมา คือ ทักษะการบีบ (ร้อยละ 83.33) ทักษะการขยำและปั้น (ร้อยละ 82.00) และทักษะการประสานมือ–ตา (ร้อยละ 80.56) ตามลำดับ

คำสำคัญ: ชุดกิจกรรมศิลปะสร้างสรรค์ ทักษะกล้ามเนื้อมัดเล็ก เด็กปฐมวัย ประสิทธิภาพ E1/E2 การศึกษาปฐมวัย

Abstract

This research aimed to: (1) develop a creative art activity package to promote fine motor skills among Kindergarten Year 1 students with an efficiency criterion of E1/E2 = 80/80, and (2) compare students' fine motor skills before and after using the package. The sample comprised 24 Kindergarten Year 1/1 students at La-orutis Demonstration School, Suan Dusit University, Suphan Buri Campus, in the second semester of the academic year, selected through purposive sampling. A pre-experimental one-group pretest-posttest design was employed. Research instruments included: (1) a creative art activity package consisting of 8 activities across 5 categories—printmaking, clay modeling, paper crafts, watercolor, and lacing—implemented once weekly for 8 consecutive weeks (35–40 minutes per session); and (2) a fine motor skills assessment covering 4 domains and 12 items (maximum score: 36 points). The instruments were validated by three experts, yielding an Index of Item-Objective Congruence (IOC) ranging from 0.67 to 1.00 and inter-rater reliability (Cohen's Kappa) of 0.82. Data were analyzed using mean, standard deviation, E1/E2 efficiency, and a paired samples t-test. The findings revealed that the developed package achieved an efficiency of E1/E2 = 82.42/83.68, exceeding the specified criterion. The students' fine motor skills after the intervention ($\bar{x}$ = 30.13, S.D. = 2.47) were significantly higher than those before the intervention ($\bar{x}$ = 19.29, S.D. = 3.08) at the .05 level (t = 25.53, df = 23, p < .001), with a very large effect size (Cohen's d = 5.24). Domain analysis showed that grasping skills demonstrated the highest post-test mean score (88.89%), followed by squeezing (83.33%), kneading and molding (82.00%), and eye-hand coordination skills (80.56%), respectively.

Keywords: Creative Art Activity Package, Fine Motor Skills, Early Childhood, E1/E2 Efficiency, Early Childhood Education

บทนำ

ช่วงปฐมวัย (อายุแรกเกิดถึง 6 ปี) ถือเป็นช่วงที่สำคัญที่สุดของพัฒนาการมนุษย์ เนื่องจากเป็นระยะที่สมอง และระบบประสาทเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วและมีความยืดหยุ่นสูงสุด ประสบการณ์การเรียนรู้ที่เด็กได้รับในช่วงนี้ จะวางรากฐานพัฒนาการในทุกด้าน ทั้งด้านร่างกาย อารมณ์ สังคม และสติปัญญา ส่งผลโดยตรงต่ออนาคตของเด็กในระยะยาว (สิริมา ภิญโญอนันตพงษ์, 2566) พรพิไล เลิศวิชา (2562) ยืนยันว่า สมองของเด็กในช่วงปฐมวัยมีอัตราการสร้างเครือข่ายเซลล์ประสาท (Synaptic Connections) สูงสุดเมื่อได้รับการกระตุ้นที่หลากหลายและสมดุล ขณะที่ สุภาวดี หาญเมธี (2561) เสนอว่า ประสบการณ์ที่ผ่านการเคลื่อนไหวและการสัมผัส (Sensorimotor Experiences) เป็นสิ่งจำเป็นต่อการพัฒนาสมองและทักษะการเรียนรู้ของเด็กปฐมวัย การส่งเสริมพัฒนาการในทุกมิติจึงเป็นภารกิจสำคัญของครูปฐมวัยและผู้ปกครอง โดยเฉพาะอย่างยิ่งพัฒนาการด้านร่างกายซึ่งครอบคลุมทั้งกล้ามเนื้อมัดใหญ่ และกล้ามเนื้อมัดเล็ก

ทักษะกล้ามเนื้อมัดเล็ก (Fine Motor Skills) หมายถึง ความสามารถในการเคลื่อนไหวและควบคุมกล้ามเนื้อขนาดเล็กในมือ นิ้วมือ และข้อมือ ที่ทำงานประสานกับระบบประสาทอย่างละเอียดประณีต รวมถึงการประสานสัมพันธ์ระหว่างมือกับตา (Hand-

eye Coordination) ทักษะนี้เป็นสมรรถนะพื้นฐานที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตประจำวัน การดูแลตนเอง และการเตรียมความพร้อมสำหรับการเรียนรู้ทักษะระดับสูงขึ้น โดยเฉพาะทักษะการเขียน (กุลยา ตันติผลาชีวะ, 2564; ยศวีร์ สายฟ้า, 2563) Case-Smith and O'Brien (2015) ระบุว่า ทักษะกล้ามเนื้อมัดเล็กในวัยก่อนเรียนเป็นตัวพยากรณ์ที่มีนัยสำคัญต่อความสำเร็จทางการเรียนในระดับสูงขึ้น เด็กที่ได้รับการพัฒนากล้ามเนื้อมัดเล็กอย่างดีจะมีความพร้อมในการเขียน การใช้อุปกรณ์และการทำกิจกรรมที่ต้องอาศัยความประณีตได้ดี สอดคล้องกับ Grissmer, Grimm, Aiyer, Murrah and Steele (2010) ที่ศึกษากลุ่มตัวอย่างเด็กก่อนวัยเรียนในสหรัฐอเมริกาจำนวน 17,217 คน พบว่า ทักษะกล้ามเนื้อมัดเล็กเป็นตัวพยากรณ์ที่แข็งแกร่งของผลการเรียน ทั้งด้านคณิตศาสตร์และการอ่าน และ Dinehart (2015) ที่รายงานจากการศึกษาระยะยาวว่า เด็กที่มีปัญหาพัฒนาการกล้ามเนื้อมัดเล็กในระดับปฐมวัยมักประสบความยากลำบากในการเรียนรู้ทักษะการอ่านและคณิตศาสตร์ในระดับประถมศึกษา

หลักสูตรการศึกษาปฐมวัย พุทธศักราช 2560 ของกระทรวงศึกษาธิการ (2560) ได้กำหนดมาตรฐานคุณลักษณะที่พึงประสงค์ด้านร่างกายในมาตรฐานที่ 1 ระบุว่า เด็กควรมีกล้ามเนื้อใหญ่และกล้ามเนื้อเล็กแข็งแรง ใช้มือ-ตาประสานสัมพันธ์กันได้ โดยตัวบ่งชี้สำหรับเด็กอายุ 3-4 ปี ระบุว่า เด็กควรสามารถใช้กล้ามเนื้อมัดเล็กในการทำกิจกรรมต่าง ๆ ได้ เช่น การตัด พับ ฉีก ปั้น และร้อย ซึ่งสอดคล้องกับมาตรฐานพัฒนาการเด็กปฐมวัยของกรมส่งเสริมการเรียนรู้ (2565) ที่ระบุพฤติกรรมบ่งชี้ในลักษณะเดียวกัน อย่างไรก็ตาม ในการปฏิบัติจริงพบว่า เด็กปฐมวัยจำนวนหนึ่งยังมีพัฒนาการกล้ามเนื้อมัดเล็กที่ไม่เป็นไปตามมาตรฐาน อันเนื่องมาจากการขาดโอกาสในการฝึกฝนผ่านกิจกรรมที่หลากหลายและมีระบบ

กิจกรรมศิลปะสร้างสรรค์ (Creative Art Activities) เป็นรูปแบบกิจกรรมที่เหมาะสมอย่างยิ่งสำหรับการส่งเสริมทักษะกล้ามเนื้อมัดเล็กของเด็กปฐมวัย เนื่องจากเปิดโอกาสให้เด็กได้ใช้มือ นิ้วมือ และข้อมืออย่างหลากหลายผ่านกระบวนการสำรวจ ทดลอง และสร้างสรรค์ผลงานอย่างอิสระ ไม่ว่าจะเป็นการพิมพ์ภาพ การปั้น การฉีก-ตัด-ปะกระดาษ การเล่นกับสีน้ำ และการร้อยเชือก (นิตยา ประพฤทธิกุล, 2561) อารี สัณหฉวี (2561) อธิบายว่า กิจกรรมศิลปะ และการเล่นที่หลากหลายเป็นเครื่องมือสำคัญในการพัฒนากล้ามเนื้อมัดเล็ก และความคิดสร้างสรรค์ของเด็กปฐมวัยควบคู่กัน ขณะที่ราศี ทองสวัสดิ์ (2562) ยืนยันว่า การพัฒนาเด็กปฐมวัยอย่างเป็นองค์รวมต้องอาศัยกิจกรรมที่บูรณาการพัฒนาการทั้งด้านร่างกาย อารมณ์ สังคม และสติปัญญาไปพร้อมกัน ซึ่งกิจกรรมศิลปะสร้างสรรค์เป็นรูปแบบกิจกรรมที่ตอบสนองต่อหลักการดังกล่าวได้ดีที่สุด สอดคล้องกับทิศนา แขมมณี (2563) ที่เน้นว่า การจัดประสบการณ์ที่ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง (Active Learning) เป็นกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพสูงสุดสำหรับเด็กปฐมวัย Lowenfeld and Brittain (1987) นักทฤษฎีศิลปศึกษาที่ได้รับการยอมรับในระดับนานาชาติ อธิบายว่า กิจกรรมศิลปะสร้างสรรค์ช่วยพัฒนาเด็กทั้งด้านกล้ามเนื้อและสติปัญญาควบคู่กันไปผ่านกระบวนการสำรวจวัสดุ คิดวางแผน และลงมือปฏิบัติ

งานวิจัยจำนวนมากยืนยันถึงประสิทธิผลของกิจกรรมศิลปะสร้างสรรค์ต่อการพัฒนาทักษะกล้ามเนื้อมัดเล็ก เช่น Pons, Bosch and Serrat (2019) ศึกษาเด็กก่อนวัยเรียน 120 คนในประเทศสเปน พบว่า กลุ่มทดลองที่ได้รับกิจกรรมศิลปะมีพัฒนาการกล้ามเนื้อมัดเล็กสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ Luo, Jose, Huntsinger and Pigott (2020) ศึกษาเด็กอเมริกัน 346 คน พบว่า ทักษะกล้ามเนื้อมัดเล็กในวัยก่อนเรียนสามารถทำนายผลสัมฤทธิ์ทางคณิตศาสตร์และการอ่านได้อย่างมีนัยสำคัญ ในประเทศไทย ศิริพร คำวงค์ (2565) และพัชรี วัชรกุล (2566) พบว่า ชุดกิจกรรมศิลปะสร้างสรรค์ที่ออกแบบอย่างเป็นระบบสามารถพัฒนาทักษะกล้ามเนื้อมัดเล็กของเด็กปฐมวัยได้อย่างมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ E1/E2 = 80/80 ซึ่งเป็นเกณฑ์มาตรฐานที่ Thiagarajan, Semmel and Semmel (1974) เสนอไว้สำหรับการประเมินคุณภาพชุดการสอน

อย่างไรก็ตาม แม้จะมีงานวิจัยจำนวนมากเกี่ยวกับการใช้กิจกรรมศิลปะสร้างสรรค์ในการพัฒนาทักษะกล้ามเนื้อมัดเล็กของเด็กปฐมวัย ผู้วิจัยพบช่องว่างของงานวิจัย (Research Gap) ที่สำคัญหลายประการ ประการแรก งานวิจัยส่วนใหญ่ในประเทศไทยมุ่งศึกษาในบริบทโรงเรียนอนุบาลทั่วไปหรือศูนย์พัฒนาเด็กเล็ก ในขณะที่งานวิจัยในบริบทโรงเรียนสาธิตของมหาวิทยาลัยซึ่งมีลักษณะเฉพาะด้านหลักสูตรและการจัดประสบการณ์ยังมีจำกัด ประการที่สอง ชุดกิจกรรมที่พัฒนาขึ้นในงานวิจัยที่ผ่านมามักครอบคลุมเพียง 1-3 ประเภทของกิจกรรมศิลปะ ขาดการบูรณาการประเภทกิจกรรมที่หลากหลายในชุดเดียว ประการที่สาม การวิเคราะห์ผลรายด้านของทักษะกล้ามเนื้อมัดเล็ก (การหยิบจับ การบีบ การขยำและปั้น และการประสานมือ-ตา) ยังไม่ได้รับการศึกษาอย่างละเอียด ทำให้ครูปฐมวัยขาดข้อมูลเชิงลึกในการเลือกใช้กิจกรรมให้ตรงกับทักษะที่ต้องการพัฒนา

จากการสังเกตพฤติกรรมและประเมินพัฒนาการของเด็กชั้นอนุบาลปีที่ 1/1 โรงเรียนสาธิตละอออุทิศ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต วิทยาเขตสุพรรณบุรี ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2568 ผู้วิจัยพบว่า เด็กจำนวนหนึ่งยังมีพัฒนาการกล้ามเนื้อมัดเล็กที่ต้องการการส่งเสริมเพิ่มเติม โดยเฉพาะการหยิบจับวัสดุขนาดเล็กยังไม่คล่องแคล่ว การใช้มือสองข้างประสานกันยังไม่สม่ำเสมอ และการบีบและควบคุมแรงในการจับวัตถุยังขาดความสมดุล สอดคล้องกับงานวิจัยของปภาวรินทร์ เจริญสุข (2567) ที่พบลักษณะปัญหาคล้ายคลึงกันในโรงเรียนสาธิตในประเทศไทย ด้วยเหตุผลดังกล่าว และเพื่อตอบสนองช่องว่างของงานวิจัยที่ระบุไว้ข้างต้น ผู้วิจัยจึงสนใจพัฒนาชุดกิจกรรมศิลปะสร้างสรรค์ที่บูรณาการกิจกรรม 5 ประเภทไว้ในชุดเดียว และมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ E1/E2 = 80/80 เพื่อใช้ส่งเสริมทักษะกล้ามเนื้อมัดเล็กของเด็กชั้นอนุบาลปีที่ 1 ผลที่ได้จะเป็นนวัตกรรมการเรียนรู้ที่มีคุณภาพ และเป็นประโยชน์ต่อการจัดประสบการณ์ในระดับปฐมวัยต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

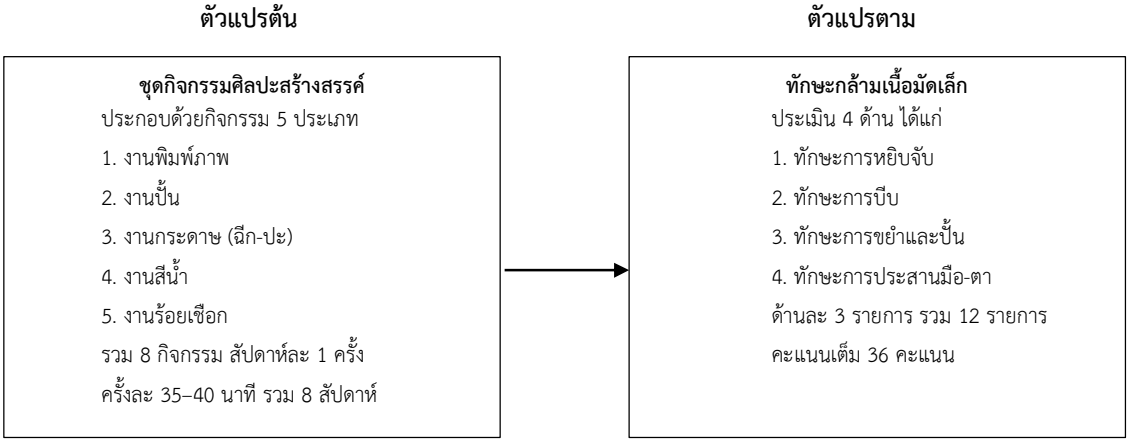
1. เพื่อพัฒนาชุดกิจกรรมศิลปะสร้างสรรค์เพื่อส่งเสริมทักษะกล้ามเนื้อมัดเล็กของเด็กชั้นอนุบาลปีที่ 1 โรงเรียนสาธิตละอออุทิศ สุพรรณบุรี ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ E1/E2 = 80/80
2. เพื่อเปรียบเทียบทักษะกล้ามเนื้อมัดเล็กของเด็กชั้นอนุบาลปีที่ 1 ก่อนและหลังการใช้ชุดกิจกรรมศิลปะสร้างสรรค์

สมมติฐานการวิจัย

1. ชุดกิจกรรมศิลปะสร้างสรรค์เพื่อส่งเสริมทักษะกล้ามเนื้อมัดเล็กของเด็กชั้นอนุบาลปีที่ 1 มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ E1/E2 = 80/80
2. เด็กชั้นอนุบาลปีที่ 1 มีทักษะกล้ามเนื้อมัดเล็กหลังการใช้ชุดกิจกรรมศิลปะสร้างสรรค์สูงกว่าก่อนการใช้ชุดกิจกรรมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

กรอบแนวคิดในการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้กำหนดกรอบแนวคิดในการวิจัยที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต้นและตัวแปรตาม โดยมีรายละเอียดดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ เด็กชั้นอนุบาลปีที่ 1 โรงเรียนสาธิตละอออุทิศ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต วิทยาเขตสุพรรณบุรี ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2568 จำนวน 4 ห้องเรียน รวม 96 คน

กลุ่มตัวอย่าง คือ เด็กชั้นอนุบาลปีที่ 1/1 จำนวน 24 คน ที่ได้มาโดยการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) โดยมีเหตุผลในการเลือกกลุ่มตัวอย่างดังนี้ ประการแรก เป็นห้องเรียนที่ผู้วิจัยรับผิดชอบการฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู ทำให้สามารถดำเนินการวิจัยได้อย่างต่อเนื่องและเป็นระบบตลอดช่วงเวลา 8 สัปดาห์ ประการที่สอง จากการประเมินเบื้องต้นพบว่าเด็กในห้องเรียนนี้มีลักษณะพัฒนาการกล้ามเนื้อมัดเล็กที่หลากหลาย เหมาะสมต่อการศึกษาผลของการแทรกแซง (Intervention) ประการที่สาม ครูประจำชั้นและผู้บริหารโรงเรียนให้ความร่วมมือในการเก็บข้อมูลและจัดตารางกิจกรรมให้สอดคล้องกับการดำเนินการวิจัย ประการที่สี่ ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 24 คน เป็นไปตามเกณฑ์ที่บุญชม ศรีสะอาด (2560) กำหนดว่าการวิจัยในชั้นเรียนควรใช้กลุ่มตัวอย่างไม่น้อยกว่า 15 คน เพื่อให้ผลการวิจัยมีความน่าเชื่อถือเพียงพอ

รูปแบบการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองเบื้องต้น (Pre-Experimental Research) แบบกลุ่มเดียววัดสองครั้ง (One Group Pretest-Posttest Design) ตามแนวทางของ Campbell and Stanley (1963) โดยมีแผนการวิจัยดังนี้ O1 X O2 เมื่อ O1 คือ การประเมินทักษะกล้ามเนื้อมัดเล็กก่อนการทดลอง X คือ การจัดกิจกรรมตามชุดกิจกรรมศิลปะสร้างสรรค์ 8 สัปดาห์ และ O2 คือ การประเมินทักษะกล้ามเนื้อมัดเล็กหลังการทดลอง

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย 2 ส่วน ดังนี้

1) ชุดกิจกรรมศิลปะสร้างสรรค์ จำนวน 8 แผนกิจกรรม ครอบคลุม 5 ประเภทกิจกรรม ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นตามแนวคิดการออกแบบกิจกรรมสำหรับเด็กปฐมวัยของ Lowenfeld and Brittain (1987) ผสมผสานกับหลักการจัดประสบการณ์ศิลปะสร้างสรรค์ของนิตยา ประพฤทธิกุล (2561) และเยาวพา เดชะคุปต์ (2560) แต่ละแผนกิจกรรมประกอบด้วย ชื่อกิจกรรม จุดประสงค์การเรียนรู้ สาระสำคัญ วัสดุอุปกรณ์ ขั้นตอนการจัดกิจกรรม และแบบประเมินผล รายละเอียดของชุดกิจกรรมศิลปะสร้างสรรค์ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 รายละเอียดชุดกิจกรรมศิลปะสร้างสรรค์เพื่อส่งเสริมทักษะกล้ามเนื้อมัดเล็ก

กิจกรรมที่	ชื่อกิจกรรม	ประเภทกิจกรรม	ทักษะกล้ามเนื้อมัดเล็กที่ส่งเสริม
1	การพิมพ์ภาพจากวัสดุธรรมชาติ	งานพิมพ์ภาพ	การหยิบจับวัสดุขนาดเล็ก, การประสานมือ-ตา
2	การพิมพ์ภาพจากอวัยวะร่างกาย	งานพิมพ์ภาพ	การหยิบจับและการบีบ, การประสานมือ-ตา
3	งานปั้นแป้งโด	งานปั้น	การบีบและนวด, การขยำและปั้น
4	งานฉีกปะกระดาษ (รูปแบบที่ 1)	งานกระดาษ	การหยิบจับและการฉีก, การประสานมือ-ตา
5	งานฉีกปะกระดาษ (รูปแบบที่ 2)	งานกระดาษ	การหยิบจับและการฉีก, การบีบกาวและการปะ
6	สีน้ำเทคนิคพับสีและรูดสี	งานสีน้ำ	การบีบและการรูด, การประสานมือ-ตา
7	สีน้ำเทคนิคเป่าสีและกลิ้งสี	งานสีน้ำ	การควบคุมแรงและทิศทาง, การประสานมือ-ตา
8	การร้อยเชือก	งานร้อย	การจับแบบ Pincer Grasp, การประสานมือ-ตาอย่างละเอียด

ผู้วิจัยจัดกิจกรรมสัปดาห์ละ 1 กิจกรรม กิจกรรมละ 35-40 นาที รวมระยะเวลา 8 สัปดาห์ การจัดเรียงลำดับกิจกรรมเป็นไปตามหลักการจัดประสบการณ์จากง่ายไปยาก สอดคล้องกับเขตพัฒนาการใกล้เคียง (Zone of Proximal Development) ของ Vygotsky (1978) ที่ระบุว่ากิจกรรมควรท้าทายเด็กในระดับที่เด็กสามารถทำได้เมื่อมีคำแนะนำเล็กน้อยจากครู

2) แบบประเมินทักษะกล้ามเนื้อมัดเล็ก ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ประกอบด้วย 4 ด้าน ได้แก่ (1) ทักษะการหยิบจับ (2) ทักษะการบีบ (3) ทักษะการขยำและปั้น และ (4) ทักษะการประสานมือ-ตา ด้านละ 3 รายการ รวม 12 รายการ คะแนนเต็ม 36 คะแนน เกณฑ์การให้คะแนนแบ่งเป็น 3 ระดับ คือ คะแนน 3 หมายถึง ปฏิบัติได้ด้วยตนเองอย่างคล่องแคล่วและถูกต้อง คะแนน 2 หมายถึง ปฏิบัติได้ด้วยตนเองแต่ไม่สม่ำเสมอ และคะแนน 1 หมายถึง ปฏิบัติได้โดยต้องมีผู้ชี้แนะหรือช่วยเหลือ ซึ่งสอดคล้องกับแนวทางการประเมินพัฒนาการแบบปฏิบัติตามความเป็นจริง (Authentic Assessment) ของ McAfee, Leong and Bodrova (2016) แบบประเมินใช้เพื่อเก็บคะแนนระหว่างกิจกรรม (สำหรับคำนวณ E1) และคะแนนหลังการทดลอง (สำหรับคำนวณ E2)

การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

1) ความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) ผู้วิจัยนำชุดกิจกรรมและแบบประเมินให้ผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ตรวจสอบ ประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญด้านการศึกษาปฐมวัย 1 ท่าน ด้านศิลปศึกษาและกิจกรรมสร้างสรรค์สำหรับเด็กปฐมวัย 1 ท่าน และด้านการวัดและประเมินผลทางการศึกษา 1 ท่าน คำนวณค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์ (Index of Item-Objective Congruence: IOC) ตามสูตรของ Rovinelli and Hambleton (1977) เกณฑ์การตัดสินคุณภาพ IOC ≥ 0.50 ถือว่ารายการนั้นผ่านการตรวจสอบ (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2538) ผลพบว่า ค่า IOC ของรายการประเมินทุกรายการอยู่ในช่วง 0.67-1.00 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด แสดงว่าเครื่องมือมีความตรงเชิงเนื้อหาในระดับที่ยอมรับได้

2) ความเชื่อมั่น (Reliability) ผู้วิจัยนำแบบประเมินทักษะกล้ามเนื้อมัดเล็กไปทดลองใช้กับเด็กชั้นอนุบาลปีที่ 1 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 10 คน โดยให้ผู้ประเมิน 2 คน ประเมินเด็กกลุ่มเดียวกันพร้อมกันแต่แยกบันทึก แล้วคำนวณค่าความเชื่อมั่นระหว่างผู้ประเมิน (Inter-rater Reliability) โดยใช้สัมประสิทธิ์แคปปาของ Cohen (1960) ผลการคำนวณได้ค่า **K** = 0.82 ซึ่งอยู่ในระดับดีมากตามเกณฑ์ของ Landis and Koch (1977) แสดงว่าแบบประเมินมีความเชื่อมั่นที่ยอมรับได้

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลตามขั้นตอน ดังนี้ ขั้นที่ 1 ขอหนังสือรับรองจากคณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต เพื่อขอความร่วมมือจากทางโรงเรียน ขั้นที่ 2 ประเมินทักษะกล้ามเนื้อมัดเล็กของเด็กกลุ่มตัวอย่างก่อนการทดลอง (Pretest) ในสัปดาห์ก่อนเริ่มกิจกรรม ขั้นที่ 3 ดำเนินการจัดกิจกรรมตามชุดกิจกรรมศิลปะสร้างสรรค์ทั้ง 8 กิจกรรม สัปดาห์ละ 1 ครั้ง รวม 8 สัปดาห์ ขั้นที่ 4 ประเมินทักษะกล้ามเนื้อมัดเล็กระหว่างการทำกิจกรรมแต่ละครั้ง เพื่อนำไปคำนวณค่า E1 และขั้นที่ 5 ประเมินทักษะกล้ามเนื้อมัดเล็กของเด็กหลังการทดลอง (Posttest) เมื่อเสร็จสิ้นกิจกรรมครบทั้ง 8 ครั้ง

การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยใช้สถิติในการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้ 1) สถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของคะแนนทักษะกล้ามเนื้อมัดเล็กก่อนและหลังการทดลอง ตามสูตรของบุญชม ศรีสะอาด (2560) 2) ประสิทธิภาพของชุดกิจกรรม (E1/E2) ตามแนวคิดของ Thiagarajan, Semmel and Semmel (1974) โดย

$$E1 = (\frac{\sum x}{n} \times A) \times 100 \qquad (1)$$

$$E2 = (\frac{\sum F}{n} \times B) \times 100 \qquad (2)$$

เมื่อ $\sum x$ คือ ผลรวมคะแนนระหว่างกิจกรรมของผู้เรียนทุกคน

$\sum F$ คือ ผลรวมคะแนนหลังการทดลองของผู้เรียนทุกคน

n คือ จำนวนผู้เรียน

A คือ คะแนนเต็มของกิจกรรมทั้งหมด และ

B คือ คะแนนเต็มของแบบประเมินหลังการทดลอง

3) การทดสอบความแตกต่างของคะแนนทักษะกล้ามเนื้อมัดเล็กก่อนและหลังการทดลอง โดยใช้การทดสอบค่าทีแบบกลุ่มสัมพันธ์ (Paired Samples t-test) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .05 วิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม IBM SPSS Statistics for Windows

ผลการวิจัย

ผู้วิจัยนำเสนอผลการวิจัยตามวัตถุประสงค์การวิจัย 2 ข้อ ดังนี้

1. ผลการพัฒนาประสิทธิภาพชุดกิจกรรมศิลปะสร้างสรรค์ตามเกณฑ์ E1/E2 = 80/80

ผู้วิจัยนำชุดกิจกรรมศิลปะสร้างสรรค์ที่พัฒนาขึ้นไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่าง 24 คน เป็นเวลา 8 สัปดาห์ บันทึกคะแนนระหว่างกิจกรรมและประเมินคะแนนหลังการทดลอง คำนวณประสิทธิภาพ E1 รายกิจกรรมและภาพรวม ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการคำนวณประสิทธิภาพ E1รายกิจกรรมและภาพรวม

กิจกรรมที่	ชื่อกิจกรรม	Σx	คะแนนเต็ม (N×36)	E1 (%)	ผ่านเกณฑ์
1	การพิมพ์ภาพจากวัสดุธรรมชาติ	656	864	75.93	ไม่ผ่าน
2	การพิมพ์ภาพจากอวัยวะร่างกาย	676	864	78.24	ไม่ผ่าน
3	งานปั้นแป้งโด	694	864	80.32	ผ่าน
4	งานฉีกปะกระดาษ (รูปแบบที่ 1)	712	864	82.41	ผ่าน
5	งานฉีกปะกระดาษ (รูปแบบที่ 2)	724	864	83.80	ผ่าน
6	สีน้ำเทคนิคพับสีและรูดสี	736	864	85.19	ผ่าน
7	สีน้ำเทคนิคเป่าสีและกลิ้งสี	748	864	86.57	ผ่าน
8	การร้อยเชือก	751	864	86.92	ผ่าน
รวม	ทั้ง 8 กิจกรรม	5,697	6,912	82.42	ผ่าน

จากตารางที่ 2 พบว่า ชุดกิจกรรมศิลปะสร้างสรรค์มีประสิทธิภาพของกระบวนการ (E1) โดยรวม เท่ากับ 82.42% ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ที่ 80% เมื่อพิจารณารายกิจกรรม พบว่า กิจกรรมที่ 1 และ 2 ในช่วงต้น มีค่า E1 ต่ำกว่าเกณฑ์เล็กน้อย เนื่องจากเป็นช่วงที่เด็กเริ่มทำความคุ้นเคยกับกิจกรรม จากกิจกรรมที่ 3 เป็นต้นไป ค่า E1 สูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง สูงสุดในกิจกรรมที่ 8 (E1 = 86.92%) ซึ่งแสดงให้เห็นถึงพัฒนาการที่สะสมและเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลา 8 สัปดาห์ของการจัดกิจกรรม

ตารางที่ 3 สรุปผลประสิทธิภาพ E1/ E1 และผลการทดสอบเปรียบเทียบทักษะกล้ามเนื้อมัดเล็กก่อนและหลังการทดลอง

ตัวชี้วัด / การประเมิน	n	$\bar{x}$	S.D.	ค่า / ผล
E1 (ประสิทธิภาพกระบวนการ)	24	-	-	82.42%
E2 (ประสิทธิภาพผลลัพธ์)	24	-	-	83.68%
E1/ E2 โดยรวม (เกณฑ์ 80/80)	24	-	-	82.42/83.68 (ผ่าน)
ก่อนการทดลอง (O_1)	24	19.29	3.08	t = 25.53*
หลังการทดลอง (O_2)	24	30.13	2.47	df = 23, p < .001

หมายเหตุ: * มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (One-Tailed Test, tcrit = 1.714)

จากตารางที่ 3 สรุปได้ว่า ชุดกิจกรรมศิลปะสร้างสรรค์ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น มีประสิทธิภาพ E1/E2 = 82.42/83.68 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ที่ 80/80 และอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ตามเกณฑ์ของล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ (2538) ที่ยอมให้ค่าคลาดเคลื่อนได้ ±2.5 แสดงว่าชุดกิจกรรมที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพในการส่งเสริมทักษะกล้ามเนื้อมัดเล็กของเด็กปฐมวัยทั้งระหว่างกระบวนการและหลังการทดลอง สมมติฐานการวิจัยข้อที่ 1 จึงได้รับการสนับสนุน

2. ผลการเปรียบเทียบทักษะกล้ามเนื้อมัดเล็กก่อนและหลังการใช้ชุดกิจกรรม

จากตารางที่ 3 พบว่า เด็กชั้นอนุบาลปีที่ 1 มีทักษะกล้ามเนื้อมัดเล็กหลังการใช้ชุดกิจกรรมศิลปะสร้างสรรค์ ($\bar{x}$ = 30.13, S.D. = 2.47) สูงกว่าก่อนการใช้ชุดกิจกรรม ($\bar{x}$ = 19.29, S.D. = 3.08) คิดเป็นพัฒนาการเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 10.84 คะแนน หรือร้อยละ 30.11 ของคะแนนเต็ม โดยผลการทดสอบ Paired Samples t-test ได้ค่า t = 25.53, df = 23, p < .001 ซึ่งมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สมมติฐานการวิจัยข้อที่ 2 จึงได้รับการสนับสนุน

เมื่อพิจารณาผลการพัฒนาทักษะกล้ามเนื้อมัดเล็กรายด้าน 4 ด้าน ก่อนและหลังการทดลอง ปรากฏผลดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของทักษะกล้ามเนื้อมัดเล็กรายด้านก่อนและหลังการทดลอง

ทักษะกล้ามเนื้อมัดเล็ก (คะแนนเต็มด้านละ 9)	ก่อนการทดลอง $\bar{x}$ (S.D.)	หลังการทดลอง $\bar{x}$ (S.D.)	คะแนนเพิ่มเฉลี่ย	ร้อยละหลังการทดลอง
1. ทักษะการหยิบจับ	4.88 (0.80)	8.00 (0.78)	3.12	88.89
2. ทักษะการบีบ	4.63 (0.71)	7.50 (0.83)	2.87	83.33
3. ทักษะการขยำและปั้น	4.75 (0.85)	7.38 (0.82)	2.63	82.00
4. ทักษะการประสานมือ-ตา	5.04 (0.86)	7.25 (0.87)	2.21	80.56
รวมทุกด้าน (คะแนนเต็ม 36)	19.29 (3.08)	30.13 (2.47)	10.84	83.68

จากตารางที่ 4 พบว่า ทักษะกล้ามเนื้อมัดเล็กของเด็กพัฒนาขึ้นในทุกด้านอย่างชัดเจน เมื่อพิจารณาคะแนนเฉลี่ยหลังการทดลองรายด้าน พบว่า ทักษะการหยิบจับมีคะแนนเฉลี่ยสูงที่สุด ($\bar{x}$ = 8.00, ร้อยละ 88.89) รองลงมาคือทักษะการบีบ ($\bar{x}$ = 7.50, ร้อยละ 83.33) ทักษะการขยำและปั้น ($\bar{x}$ = 7.38, ร้อยละ 82.00) และทักษะการประสานมือ-ตา ($\bar{x}$ = 7.25, ร้อยละ 80.56) ตามลำดับ ทุกด้านมีคะแนนเฉลี่ยหลังการทดลองสูงกว่าร้อยละ 80 ของคะแนนเต็ม สะท้อนให้เห็นว่าชุดกิจกรรมศิลปะสร้างสรรค์ส่งเสริมทักษะกล้ามเนื้อมัดเล็กของเด็กได้อย่างครอบคลุมและสมดุลทั้ง 4 ด้าน

การอภิปรายผล

1. การอภิปรายผลการพัฒนาประสิทธิภาพชุดกิจกรรม

ผลการวิจัยพบว่า ชุดกิจกรรมศิลปะสร้างสรรค์ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพ E1/E2 = 82.42/83.68 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน 80/80 ตามแนวคิดของ Thiagarajan, Semmel and Semmel (1974) ผลนี้สะท้อนว่ากระบวนการพัฒนาชุดกิจกรรมที่ดำเนินการอย่างเป็นระบบ ตั้งแต่การวิเคราะห์ผู้เรียน การออกแบบกิจกรรมที่หลากหลาย การตรวจสอบคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญ และการปรับปรุงก่อนนำไปใช้จริง ทำให้ได้นวัตกรรมที่มีคุณภาพ สอดคล้องกับผลการวิจัยของศิริพร คำวงค์

(2565) ที่ได้พัฒนาชุดกิจกรรมศิลปะสร้างสรรค์สำหรับเด็กปฐมวัยและพบว่ามีประสิทธิภาพ E1/E2 = 83.45/85.71 และสุนันท์ สุวรรณรัตน์ (2564) ที่พบประสิทธิภาพ 82.14/84.29 รวมถึงมณีรัตน์ ไชยพงษ์ (2567) ที่ยืนยันว่าชุดกิจกรรมศิลปะสร้างสรรค์ 8 กิจกรรม สามารถผ่านเกณฑ์ 80/80 ได้

ปัจจัยสำคัญที่ทำให้ชุดกิจกรรมผ่านเกณฑ์ประสิทธิภาพ ประการแรก คือ การออกแบบกิจกรรมที่สอดคล้องกับพัฒนาการของเด็กปฐมวัย ตามหลักการของ Lowenfeld and Brittain (1987) ที่เน้นความเหมาะสมกับวัย (Developmental Appropriateness) การให้เสรีภาพในการสร้างสรรค์ และการใช้วัสดุหลากหลาย ประการที่สอง คือ การจัดเรียงลำดับกิจกรรมจากง่ายไปยากตามแนวคิดเขตพัฒนาการใกล้เคียงของ Vygotsky (1978) ทำให้เด็กพัฒนาทักษะอย่างเป็นขั้นตอน ดังจะเห็นได้จากค่า E1 รายกิจกรรมที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจาก 75.93% ในกิจกรรมที่ 1 ไปจนถึง 86.92% ในกิจกรรมที่ 8 ประการที่สาม คือ การที่ครูทำหน้าที่เป็นผู้สนับสนุนการเรียนรู้ (Scaffolding) ตามแนวคิดของไวก็อทสกี้ โดยให้คำแนะนำเป็นรายบุคคลโดยไม่กำหนดผลลัพธ์ที่ตายตัว ซึ่งสอดคล้องกับเยาวพา เดชะคุปต์ (2560) ที่เน้นว่า บทบาทของครูปฐมวัยในกิจกรรมศิลปะคือการสร้างบรรยากาศที่อบอุ่นและสนับสนุนการเรียนรู้ มากกว่าการสอนแบบสาธิตให้ทำตาม การที่ค่า E1 (82.42%) มีค่าใกล้เคียงกับ E2 (83.68%) แสดงว่าชุดกิจกรรมมีความสม่ำเสมอในการส่งเสริมการเรียนรู้ทั้งระหว่างกระบวนการและหลังกระบวนการ ซึ่งสอดคล้องกับเกณฑ์ของล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ (2538) ที่ระบุว่าชุดการสอนที่มีประสิทธิภาพควรมีค่า E1 และ E2 ใกล้เคียงกัน โดยมีค่าคลาดเคลื่อนได้ ±2.5 ผลที่ได้บ่งชี้ว่ากิจกรรมไม่เพียงส่งเสริมการเรียนรู้ในระยะสั้น แต่ยังนำไปสู่การพัฒนาทักษะที่ยั่งยืน

2. การอภิปรายผลการเปรียบเทียบทักษะกล้ามเนื้อมัดเล็กก่อนและหลังการทดลอง

ผลการวิจัยพบว่า เด็กมีทักษะกล้ามเนื้อมัดเล็กหลังการใช้ชุดกิจกรรมสูงกว่าก่อนการใช้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($t = 25.53$, $p < .001$) โดยมีพัฒนาการเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 10.84 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 30.11 ของคะแนนเต็ม ผลนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของพัชรี วัชรกุล (2566) และรัตนา พัฒนาวิวัฒน์ (2566) ที่พบการพัฒนาทักษะกล้ามเนื้อมัดเล็กอย่างมีนัยสำคัญหลังการใช้กิจกรรมศิลปะสร้างสรรค์ในบริบทโรงเรียนสาธิต รวมถึงสอดคล้องกับการศึกษาของ Pons, Bosch and Serrat (2019, pp. 1-12) ในประเทศสเปน ที่พบว่ากิจกรรมศิลปะส่งผลต่อพัฒนาการกล้ามเนื้อมัดเล็กของเด็กอย่างชัดเจน และ Luo et al. (2020) ในสหรัฐอเมริกา ที่ยืนยันว่ากิจกรรมที่ส่งเสริมกล้ามเนื้อมัดเล็กอย่างต่อเนื่องในวัยก่อนเรียนมีผลโดยตรงต่อพัฒนาการที่สูงขึ้น

เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน ผลการวิจัยแสดงให้เห็นรูปแบบการพัฒนาที่น่าสนใจ ทักษะการหยิบจับมีคะแนนเฉลี่ยหลังการทดลองสูงสุด (ร้อยละ 88.89) อธิบายได้จากการที่กิจกรรมหลายรายการในชุดกิจกรรม เช่น การพิมพ์ภาพจากวัสดุธรรมชาติ การฉีกปะกระดาษ และการร้อยเชือก ต้องการทักษะการหยิบจับโดยตรงและฝึกซ้ำ ๆ ทำให้เด็กได้ฝึกฝนกล้ามเนื้อมัดเล็กในด้านนี้อย่างเข้มข้น สอดคล้องกับ Case-Smith and O'Brien (2015) ที่ระบุว่า การฝึกซ้ำที่มีรูปแบบชัดเจนช่วยพัฒนาการจับแบบ Pincer Grasp ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และสนับสนุนแนวคิดของกุลยา ตันติผลาชีวะ (2564) ที่อธิบายว่าพัฒนาการกล้ามเนื้อมัดเล็กดำเนินตามหลักการ Proximodistal คือ พัฒนาจากส่วนใกล้ลำตัวออกสู่ส่วนปลาย ทักษะการหยิบจับซึ่งใช้นิ้วหัวแม่มือและนิ้วชี้จึงพัฒนาได้รวดเร็วเมื่อได้ฝึกฝนสม่ำเสมอ

ทักษะการประสานมือ-ตา แม้มีคะแนนหลังการทดลองต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับด้านอื่น (ร้อยละ 80.56) แต่ก็ยังสูงกว่าเกณฑ์ 80% ทั้งนี้เพราะทักษะการประสานมือ-ตาเป็นทักษะที่ซับซ้อน ต้องใช้การประมวลผลร่วมกันระหว่างระบบประสาทตาและระบบประสาทสั่งการ จึงต้องการระยะเวลาในการพัฒนาที่ยาวนานกว่า สอดคล้องกับ Dinehart (2015) ที่กล่าวว่าทักษะนี้ต้องการการฝึกฝนที่ต่อเนื่องในระยะยาว และจีระพันธุ์ พูลพัฒน์ (2562) ที่ระบุว่าการประสานมือ-ตาเป็นทักษะที่พัฒนาช้าที่สุดในกลุ่มทักษะกล้ามเนื้อมัดเล็ก แต่เป็นทักษะที่สำคัญที่สุดต่อความพร้อมในการเขียน

ผลการพัฒนาที่เกิดขึ้นยังสอดคล้องกับทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของ Piaget (1952) ที่ระบุว่า เด็กในขั้นก่อนปฏิบัติการ (Preoperational Stage) เรียนรู้ได้ดีที่สุดผ่านการลงมือปฏิบัติและสัมผัสประสบการณ์ตรง กิจกรรมศิลปะสร้างสรรค์ที่เปิดโอกาสให้เด็กได้สัมผัสวัสดุหลากหลาย ปรับเปลี่ยนรูปร่าง และสร้างสรรค์ผลงานด้วยตนเอง จึงสอดรับกับกลไกการเรียนรู้ของเด็กในวัยนี้ นอกจากนี้ สภาพแวดล้อมการเรียนรู้ที่อบอุ่นและไม่ตัดสินผลงาน ตามแนวคิดเรื่องขั้นริเริ่มกับความรู้สึกผิด (Initiative vs. Guilt) ของ Erikson (1963) ยังช่วยสร้างแรงจูงใจให้เด็กกล้าลองและพัฒนาทักษะได้ต่อเนื่อง สอดคล้องกับสิริมา ภิญโญอนันตพงษ์ (2566) ที่ยืนยันว่า บรรยากาศการเรียนรู้ที่อบอุ่นและให้เกียรติผลงานเด็กเป็นปัจจัยสำคัญต่อพัฒนาการของเด็กปฐมวัย และจีระพันธุ์ พูลพัฒน์ (2562) ที่เน้นว่า ครูปฐมวัยควรจัดประสบการณ์ที่เด็กได้สำรวจ สร้างสรรค์ และแสดงออกอย่างอิสระ พร้อมทั้งให้กำลังใจในกระบวนการมากกว่าการตัดสินผลลัพธ์

อีกประเด็นที่น่าสนใจคือ ขนาดอิทธิพล (Effect Size) ของการทดลองที่สามารถคำนวณได้จากค่า Cohen's d = $\bar{D}$ / SD = 10.84 / 2.07 = 5.24 ซึ่งจัดเป็นขนาดอิทธิพลที่ใหญ่มาก (Very Large Effect) ตามเกณฑ์ของ Cohen (1988) ผลนี้บ่งชี้ว่าชุดกิจกรรมศิลปะสร้างสรรค์ไม่เพียงสร้างความแตกต่างที่มีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ยังสร้างความแตกต่างเชิงประจักษ์ที่สำคัญในเชิงการศึกษา (Educationally Significant) อีกด้วย ซึ่งสนับสนุนการนำชุดกิจกรรมไปใช้ในวงกว้างต่อไป สอดคล้องกับสุวิมล ว่องวาณิช (2562) ที่ระบุว่า การวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียนที่มีขนาดอิทธิพลสูงสะท้อนถึงความสำเร็จของนวัตกรรมการเรียนรู้ในการแก้ปัญหาเชิงปฏิบัติ

บทสรุป

การวิจัยครั้งนี้สรุปได้ว่า ชุดกิจกรรมศิลปะสร้างสรรค์เพื่อส่งเสริมทักษะกล้ามเนื้อมัดเล็กของเด็กชั้นอนุบาลปีที่ 1 ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น ประกอบด้วย 8 กิจกรรม ครอบคลุม 5 ประเภทกิจกรรม ได้แก่ งานพิมพ์ภาพ งานปั้น งานกระดาษ งานสีน้ำ และงานร้อยเชือก มีประสิทธิภาพ E1/E2 = 82.42/83.68 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ที่ E1/E2 = 80/80 และผลการเปรียบเทียบทักษะกล้ามเนื้อมัดเล็กของเด็กก่อนและหลังการใช้ชุดกิจกรรม พบว่าเด็กมีทักษะกล้ามเนื้อมัดเล็กหลังการใช้ชุดกิจกรรม ($\bar{x}$ = 30.13, S.D. = 2.47) สูงกว่าก่อนการใช้ชุดกิจกรรม ($\bar{x}$ = 19.29, S.D. = 3.08) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (t = 25.53, df = 23, p < .001) โดยมีพัฒนาการเพิ่มขึ้นในทุกด้านอย่างสมดุล ทักษะการหยิบจับมีคะแนนเฉลี่ยหลังการทดลองสูงสุด รองลงมาคือทักษะการบีบ ทักษะการขยำและปั้น และทักษะการประสานมือ-ตาตามลำดับ ผลการวิจัยจึงยืนยันได้ว่า ชุดกิจกรรมศิลปะสร้างสรรค์ที่พัฒนาขึ้นเป็นนวัตกรรมการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพและประสิทธิผลในการส่งเสริมทักษะกล้ามเนื้อมัดเล็กของเด็กปฐมวัย

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะเชิงปฏิบัติ

1.1 ครูปฐมวัยและบุคลากรทางการศึกษาสามารถนำชุดกิจกรรมศิลปะสร้างสรรค์ที่พัฒนาขึ้นไปประยุกต์ใช้ในการจัดประสบการณ์การเรียนรู้ในชั้นเรียน เพื่อพัฒนาความพร้อมของเด็กก่อนเข้าสู่ระดับการศึกษาที่สูงขึ้น

1.2 ในการนำชุดกิจกรรมไปใช้ ครูควรจัดเรียงลำดับกิจกรรมจากง่ายไปยาก เริ่มจากกิจกรรมที่เด็กคุ้นเคย เช่น การพิมพ์ภาพ ก่อนไปสู่กิจกรรมที่ต้องการทักษะซับซ้อน เช่น การร้อยเชือก เพื่อให้เด็กพัฒนาทักษะอย่างเป็นขั้นตอน

1.3 ครูควรทำหน้าที่เป็นผู้สนับสนุนการเรียนรู้ (Scaffolding) โดยให้คำแนะนำเป็นรายบุคคล ไม่กำหนดผลลัพธ์ที่ตายตัว และสร้างบรรยากาศการเรียนรู้ที่อบอุ่น เพื่อกระตุ้นแรงจูงใจในการเรียนรู้และความคิดสร้างสรรค์ของเด็ก

1.4 ผู้บริหารสถานศึกษาควรสนับสนุนการจัดหาวัสดุอุปกรณ์ที่จำเป็นสำหรับกิจกรรมศิลปะสร้างสรรค์ และจัดอบรมเชิงปฏิบัติการให้ครูปฐมวัยเพื่อพัฒนาทักษะการจัดกิจกรรมศิลปะอย่างเหมาะสม

2. ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ควรขยายกลุ่มตัวอย่างให้มีขนาดใหญ่ขึ้น และครอบคลุมโรงเรียนหลายแห่งในบริบทที่แตกต่างกัน เพื่อให้ผลการวิจัยมีความน่าเชื่อถือและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในวงกว้างได้

2.2 ควรใช้รูปแบบการวิจัยแบบมีกลุ่มควบคุม (Quasi-Experimental Design) หรือแบบ Randomized Controlled Trial เพื่อยืนยันผลของชุดกิจกรรมที่แท้จริงและตัดอิทธิพลของตัวแปรแทรกซ้อน

2.3 ควรศึกษาผลระยะยาวของชุดกิจกรรมที่มีต่อทักษะก่อนการเขียนและทักษะอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องในระดับชั้นที่สูงขึ้น เช่น ทักษะการอ่าน คณิตศาสตร์ และการเขียน เพื่อยืนยันผลพยากรณ์ระยะยาวของทักษะกล้ามเนื้อมัดเล็ก

2.4 ควรพัฒนาชุดกิจกรรมศิลปะสร้างสรรค์ที่บูรณาการเทคโนโลยีดิจิทัล เช่น การใช้แอปพลิเคชันวาดภาพหรือสื่อมัลติมีเดีย เพื่อตอบสนองต่อบริบทของการศึกษาในยุคปัญญาประดิษฐ์และสังคมอัจฉริยะ

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณอย่างสูงต่อ คุณครูนนทกานต์ คงเกิด ครูใหญ่โรงเรียนสาธิตละอออุทิศ สุพรรณบุรี ที่อนุเคราะห์สถานที่และอำนวยความสะดวกในการเก็บรวบรวมข้อมูล ขอบคุณคุณครูประจำชั้นและเด็กนักเรียนชั้นอนุบาลปีที่ 1/1 ทุกคน ที่ให้ความร่วมมือในการทำวิจัยครั้งนี้เป็นอย่างดี รวมถึงผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่กรุณาให้ข้อเสนอแนะอันเป็นประโยชน์ในการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัย และคณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต วิทยาเขตสุพรรณบุรี ที่สนับสนุนการดำเนินการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

กรมส่งเสริมการเรียนรู้. (2565). คู่มือการประเมินพัฒนาการเด็กตามหลักสูตรการศึกษาปฐมวัย พุทธศักราช 2560 สำหรับเด็กอายุ 3-6 ปี. กรุงเทพฯ: กรมส่งเสริมการเรียนรู้.

กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). หลักสูตรการศึกษาปฐมวัย พุทธศักราช 2560. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

กุลยา ตันติผลาชีวะ. (2564). การจัดกิจกรรมการเรียนรู้สำหรับเด็กปฐมวัย (พิมพ์ครั้งที่ 5). กรุงเทพฯ: เบรนเบสบุ๊คส์.

จีระพันธุ์ พูลพัฒน์. (2562). การจัดประสบการณ์สำหรับเด็กปฐมวัย (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ทิศนา แขมมณี. (2563). ศาสตร์การสอน: องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ (พิมพ์ครั้งที่ 24). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

นิตยา ประพฤทธิกุล. (2561). ศิลปะสร้างสรรค์สำหรับเด็กปฐมวัย (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.

บุญชม ศรีสะอาด. (2560). การวิจัยเบื้องต้น (พิมพ์ครั้งที่ 10). กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.

ปภาวรินทร์ เจริญสุข. (2567). การพัฒนาทักษะกล้ามเนื้อมัดเล็กของเด็กปฐมวัยในโรงเรียนสาธิตผ่านกิจกรรมศิลปะสร้างสรรค์ [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต]. มหาวิทยาลัยศิลปากร.

พรพิไล เลิศวิชา. (2562). สมองเด็กปฐมวัย: การเรียนรู้และพัฒนา (พิมพ์ครั้งที่ 4). กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมอัจฉริยภาพและนวัตกรรมการเรียนรู้.

พัชรี วัชรกุล. (2566). ผลของกิจกรรมศิลปะสร้างสรรค์ที่มีต่อทักษะกล้ามเนื้อมัดเล็กของเด็กชั้นอนุบาลปีที่ 1 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยเชียงใหม่. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 8(2): 112-128.

มณีรัตน์ ไชยพงษ์. (2567). ผลการใช้ชุดกิจกรรมศิลปะสร้างสรรค์ที่มีต่อความพร้อมทางการเรียนด้านกล้ามเนื้อมัดเล็กของเด็กชั้นอนุบาลปีที่ 1 [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต]. มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี.

ยศวีร์ สายฟ้า. (2563). ทักษะการเขียนของเด็กปฐมวัย: บทบาทของกล้ามเนื้อมัดเล็กและการประสานมือ-ตา. วารสารครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 48(3): 135-152.

เยาวพา เดชะคุปต์. (2560). การจัดประสบการณ์เพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ของเด็กปฐมวัย (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: แม็ค.

รัตนา พัฒนาวิวัฒน์. (2566). ผลของกิจกรรมศิลปะสร้างสรรค์ต่อทักษะกล้ามเนื้อมัดเล็กและทักษะก่อนการเขียนของเด็กปฐมวัยในโรงเรียนสาธิต. วารสารการศึกษาปฐมวัย. 7(2): 45-58.

ราศี ทองสวัสดิ์. (2562). การพัฒนาเด็กปฐมวัยอย่างเป็นองค์รวม (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: แสงแดด.

ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. (2538). เทคนิคการวัดผลการเรียนรู้ (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.

ศิริพร คำวงค์. (2565). การพัฒนาชุดกิจกรรมศิลปะสร้างสรรค์เพื่อส่งเสริมพัฒนาการกล้ามเนื้อมัดเล็กของเด็กปฐมวัยโรงเรียนอนุบาลอุดรธานี [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต]. มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี.

สิริมา ภิญโญอนันตพงษ์. (2566). พัฒนาการเด็กปฐมวัยองค์รวม (พิมพ์ครั้งที่ 4). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

สุนันท์ สุวรรณรัตน์. (2564). การพัฒนาชุดกิจกรรมสร้างสรรค์ด้วยงานประดิษฐ์เพื่อส่งเสริมกล้ามเนื้อมัดเล็กของเด็กปฐมวัย [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต]. มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร.

สุภาวดี หาญเมธี. (2561). การจัดประสบการณ์การเรียนรู้สำหรับเด็กปฐมวัยตามแนวคิดสมองกับการเรียนรู้ (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: รักลูกบุ๊คส์.

สุวิมล ว่องวาณิช. (2562). การวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน (พิมพ์ครั้งที่ 16). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อารี สัณหฉวี. (2561). กิจกรรมศิลปะและการเล่นสำหรับเด็กปฐมวัย (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

Campbell, D. T., & Stanley, J. C. (1963). Experimental and quasi-experimental designs for research. Rand McNally.

Case-Smith, J., & O'Brien, J. C. (2015). Occupational therapy for children and adolescents (7th ed.). Elsevier Mosby.

Cohen, J. (1960). A coefficient of agreement for nominal scales. Educational and Psychological Measurement, 20(1), 37-46. https://doi.org/10.1177/001316446002000104

_____. (1988). Statistical power analysis for the behavioral sciences (2nd ed.). Lawrence Erlbaum Associates.

Dinehart, L. H. (2015). Handwriting in early childhood education: Current research and future implications. Journal of Early Childhood Literacy, 15(1), 97-118. https://doi.org/10.1177/1468798414522825

Erikson, E. H. (1963). Childhood and society (2nd ed.). W. W. Norton.

Grissmer, D., Grimm, K. J., Aiyer, S. M., Murrah, W. M., & Steele, J. S. (2010). Fine motor skills and early comprehension of the world: Two new school readiness indicators. Developmental Psychology. 46(5): 762-773. https://doi.org/10.1037/a0020104

Landis, J. R., & Koch, G. G. (1977). The measurement of observer agreement for categorical data. Biometrics, 33(1), 159-174. https://doi.org/10.2307/2529310

Lowenfeld, V., & Brittain, W. L. (1987). Creative and mental growth (8th ed.). Macmillan.

Luo, Z., Jose, P. E., Huntsinger, C. S., & Pigott, T. D. (2020). Fine motor skills and mathematics achievement in East Asian American and European American kindergartners and first graders. British Journal of Developmental Psychology. 38(3): 312-328. https://doi.org/10.1111/bjdp.12321

McAfee, O., Leong, D. J., & Bodrova, E. (2016). Assessing and guiding young children's development and learning (6th ed.). Pearson.

Piaget, J. (1952). The origins of intelligence in children. International Universities Press.

Pons, G., Bosch, L., & Serrat, E. (2019). Fine motor skills and art activities in early childhood: A relationship with educational implications. Early Child Development and Care. 189(1): 1-12. https://doi.org/10.1080/03004430.2017.1311944

Rovinelli, R. J., & Hambleton, R. K. (1977). On the use of content specialists in the assessment of criterion-referenced test item validity. Dutch Journal of Educational Research. 2: 49-60.

Thiagarajan, S., Semmel, D. S., & Semmel, M. I. (1974). Instructional development for training teachers of exceptional children: A sourcebook. Indiana University.

Vygotsky, L. S. (1978). Mind in society: The development of higher psychological processes. Harvard University Press.

1

การจัดการเรียนรู้แบบ SSCS ที่มีผลต่อการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง อนุพันธ์อันดับสูงและการประยุกต์ของอนุพันธ์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

Learning management using the SSCS model for the development of mathematical problem-solving ability on higher order derivatives and applications of derivatives for Matthayom Suksa 6 students

ภาคินี รุ่งสว่าง[1*] และธีระพล สลีวงศ์[1]
Phakinee Rungsawang[1*] and Teerapol saleewong[1]

[1]*คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพมหานคร*
[1]*Department of Mathematics, Faculty of Science, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok 10140*
[*]*Corresponding Author E-mail Address : phakinee0341@gmail.com*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เรื่อง อนุพันธ์อันดับสูงและการประยุกต์ของอนุพันธ์ โดยจัดการเรียนรู้แบบ SSCS 2) เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เรื่อง อนุพันธ์อันดับสูงและการประยุกต์ของอนุพันธ์ หลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบ SSCS กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในงานวิจัย คือ นักเรียนโรงเรียนวัดพุทธบูชา ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2568 จำนวน 1 ห้องเรียน ทั้งหมด 31 คน ได้มาจากการสุ่มตัวอย่างแบบกลุ่ม เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้แบบ SSCS เรื่อง อนุพันธ์อันดับสูงและการประยุกต์ของอนุพันธ์ จำนวน 6 แผน แผนละ 100 นาที แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์หลังการจัดการเรียนรู้ จำนวน 2 ข้อ และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์หลังการจัดการเรียนรู้ จำนวน 10 ข้อ ผลการวิจัยพบว่า 1) ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์หลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบ SSCS มีคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 76.77 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 2) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์หลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบ SSCS มีคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 76.13 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

คำสำคัญ: การจัดการเรียนรู้แบบ SSCS ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์

Abstract

This research aimed to: 1) develop the mathematical problem-solving ability of matthayom suksa 6 students on the topic higher-order derivatives and applications of derivatives using the SSCS model 2) study the mathematics learning achievement of matthayom suksa 6 on the topic higher-order derivatives and applications of derivatives after receiving the SSCS model. The sample consisted of matthayom suksa 6 one classroom at Wat Putthabucha School, totaling 31 students in the second semester of the 2025 academic year, selected through cluster random sampling. The research instruments included six SSCS model lesson plans on higher order derivatives and applications of derivatives (each 100 minutes in length), a post-instruction mathematical problem-solving ability test (2 items), and a post-instruction mathematics achievement test (10 items). The results showed that: 1) the students' mathematical problem-solving ability after instruction using the SSCS model had a mean score of 76.77 percent, which was significantly higher than the 70 percent criterion at the .05 level; and 2) the students' mathematics achievement after instruction using the SSCS model had a mean score of 76.13 percent, also significantly higher than the 70 percent criterion at the .05 level

Keywords: Mathematical Problem-Solving Ability, Mathematics Learning Achievement, SSCS Model

บทนำ

ในยุคปัจจุบันที่โลกมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วทั้งทางด้านเทคโนโลยีและสังคม การพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ถือเป็นสิ่งสำคัญสำหรับนักเรียน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์จะต้องอาศัยกระบวนการคิดอย่างเป็นขั้นตอนและเป็นระบบ โดยเริ่มจากการระบุข้อมูลที่มี การกำหนดเป้าหมาย และวางแผนวิธีการแก้ปัญหา กระบวนการนี้จะช่วยฝึกให้เกิดการคิดอย่างมีเหตุผลในทุก ๆ สถานการณ์ ซึ่งการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ไม่ใช่แค่การหาคำตอบเพียงอย่างเดียวเท่านั้น แต่ยังรวมถึงการประเมินวิธีการแก้ปัญหาต่าง ๆ ว่ามีประสิทธิภาพหรือไม่ ความสามารถนี้ไม่เพียงแต่ช่วยให้นักเรียนเกิดความเข้าใจและประยุกต์ใช้แนวคิดทางคณิตศาสตร์ได้ดีขึ้นเท่านั้น แต่ยังเป็นพื้นฐานสำคัญสำหรับการศึกษาต่อในระดับอุดมศึกษาและการประกอบอาชีพในอนาคต

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ในรายวิชาคณิตศาสตร์เพิ่มเติม ซึ่งจัดทำขึ้นสำหรับผู้เรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ที่จำเป็นต้องเรียนเนื้อหาในสาระจำนวนและพีชคณิต การวัดและเรขาคณิต สถิติและความน่าจะเป็นรวมทั้งสาระแคลคูลัส ให้มีความลุ่มลึกขึ้น ซึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญสำหรับการศึกษาต่อในระดับอุดมศึกษาในด้านวิทยาศาสตร์ จึงได้จัดทำขึ้นให้มีเนื้อหาสาระที่ทัดเทียมกับนานาชาติที่เน้นการคิดวิเคราะห์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ การแก้ปัญหา การคิดสร้างสรรค์ การใช้เทคโนโลยี การสื่อสารและการร่วมมือ รวมทั้งการเชื่อมโยงความรู้สู่การนำไปใช้ในชีวิตจริง และหลักสูตรได้กำหนดคุณภาพผู้เรียนในระดับมัธยมศึกษาตอนปลายให้สามารถนำความรู้เกี่ยวกับแคลคูลัสเบื้องต้นไปใช้ต่อได้ในระดับที่สูงขึ้น (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560)

จากการจัดการเรียนการสอนในโรงเรียนที่ผ่านมายังพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีปัญหาเกี่ยวกับการแก้โจทย์ปัญหาในทุกระดับชั้น ซึ่งสาเหตุมาจากการที่นักเรียนไม่เข้าใจในเนื้อหา ขาดความรู้ทักษะขั้นพื้นฐานที่ควรมี และเมื่อเจอโจทย์ปัญหาไม่

สามารถตีความโจทย์ได้ว่าโจทย์ต้องการทราบอะไรและจะใช้ขั้นตอนวิธีใดในการแก้ปัญหาเพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบ และจากที่ผู้วิจัยได้สอนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ในเรื่องอนุพันธ์อันดับสูงและการประยุกต์ของอนุพันธ์ ซึ่งจะมีเนื้อหาที่มีการเชื่อมโยงความรู้ของการหาอนุพันธ์ของฟังก์ชันกับเรขาคณิตเบื้องต้น เมื่อนักเรียนเจอโจทย์ปัญหานักเรียนยังไม่สามารถวิเคราะห์โจทย์ได้ว่าโจทย์ต้องการทราบอะไรและจะใช้ความรู้เรื่องอนุพันธ์อันดับสูงและการประยุกต์ของอนุพันธ์ ไปใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาเพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบได้อย่างไร เนื่องจากนักเรียนไม่สามารถเชื่อมโยงความรู้ที่มีอยู่ได้ ซึ่งเรื่องอนุพันธ์ของฟังก์ชันเป็นหนึ่งในหัวข้อสำคัญในวิชาคณิตศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่มักสร้างความท้าทายให้กับนักเรียนจำนวนมาก เนื่องจากเป็นแนวคิดที่มีความซับซ้อนและต้องอาศัยความเข้าใจในหลักการพื้นฐานหลายประการ เช่น ลิมิต ความต่อเนื่องของฟังก์ชัน และการประยุกต์ใช้ในสถานการณ์จริง นอกจากนี้ อนุพันธ์ยังเป็นพื้นฐานสำคัญสำหรับการศึกษาคณิตศาสตร์ขั้นสูงและสาขาวิชาอื่น ๆ เช่น ฟิสิกส์ วิศวกรรมศาสตร์ และเศรษฐศาสตร์ ดังนั้น การพัฒนาวิธีการสอนที่มีประสิทธิภาพจึงเป็นสิ่งที่สำคัญที่สามารถช่วยให้นักเรียนเข้าใจและประยุกต์ใช้ความรู้ในเรื่องของอนุพันธ์ได้

จากปัญหาที่กล่าวข้างต้น จึงแสดงให้เห็นว่าการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนเป็นเรื่องที่พบปัญหาในการจัดการเรียนรู้เป็นอย่างมาก ผู้วิจัยจึงได้ศึกษาการจัดการเรียนรู้ในรายวิชาคณิตศาสตร์อยู่หลายรูปแบบ ไม่ว่าจะเป็นเทคนิคการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือ (STAD), เทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think-Pair-Share), การใช้โปรแกรม GeoGebra ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา, การเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิด (Open Approach), การจัดการเรียนรู้โดยการสอนแนะให้รู้คิด (CGI) และการจัดการเรียนรู้แบบ SSCS พบว่าการจัดการเรียนรู้แบบ SSCS เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนศูนย์กลางและฝึกทักษะการแก้ปัญหา ฝึกกระบวนการคิด ให้นักเรียนได้ค้นหาคำตอบด้วยตนเองเป็นกระบวนการทำงานที่เน้นให้ผู้เรียนได้เกิดกระบวนการคิดและการแก้ปัญหา เพื่อหาคำตอบที่ ต้องการและมีการทำงานอย่างเป็นระบบ จึงเป็นการเรียนรู้ที่เสริมสร้างทักษะทางการเรียนรู้ของผู้เรียนเพื่อให้สามารถสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง โดยมีขั้นตอนการดำเนินการแก้ปัญหา 4 ขั้นตอน ดังนี้ ขั้นที่ 1 ค้นหาข้อมูล (Search : S) เป็นการค้นหาข้อมูลและการแยกแยะประเด็นสำคัญของปัญหาเป็นขั้นตอนที่นักเรียนต้องระดมสมองในการค้นหาข้อมูลที่เกี่ยวข้อง ขั้นที่ 2 แก้ปัญหา (Solve : S) เป็นการวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหาด้วยวิธีการต่าง ๆ เพื่อหาคำตอบของปัญหาที่ต้องการ ซึ่งนักเรียนแต่ละคนอาจใช้วิธีการที่แตกต่างกันได้ ขั้นที่ 3 สร้างคำตอบ (Create : C) เป็นการสร้างคำตอบที่ได้จากการแก้ปัญหาที่สามารถอธิบายให้เข้าใจง่าย และขั้นที่ 4 แลกเปลี่ยนความคิดเห็น (Share : S) เป็นการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นเกี่ยวกับคำตอบที่ได้ระหว่างเพื่อนในชั้นเรียนว่าได้ใช้วิธีใดบ้างในการหาคำตอบ โดยในแต่ละขั้นตอนจะยึดนักเรียนเป็นศูนย์กลาง โดยนักเรียนเป็นผู้ดำเนินการตามขั้นตอนและลงมือทำด้วยตนเองโดยมีครูเป็นผู้ชี้แนะแนวทาง เมื่อนักเรียนได้ฝึกการคิดวิเคราะห์ด้วยตนเอง จะสามารถทำให้นักเรียนมีความคิดที่เป็นระบบระเบียบมีแบบแผนมีเหตุผลและกล้าที่จะตัดสินใจ (ณิชา พันธ์กนก, 2565) ซึ่งจากขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้แบบ SSCS จะเห็นได้ว่ามีกระบวนการที่เป็นขั้นตอนอย่างชัดเจน ซึ่งสอดคล้องกับขั้นตอนของการแก้ปัญหาที่เป็นความสามารถในการทำความเข้าใจปัญหา คิดวิเคราะห์ วางแผนแก้ปัญหา และเลือกใช้วิธีการที่เหมาะสม โดยคำนึงถึงความสมเหตุสมผลของคำตอบที่ได้ พร้อมทั้งตรวจสอบความถูกต้องของคำตอบ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560)

จากที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้แบบ SSCS ที่มีผลต่อการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง อนุพันธ์อันดับสูงและการประยุกต์ของอนุพันธ์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนและศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ในเรื่อง อนุพันธ์อันดับสูงและการประยุกต์ของอนุพันธ์ โดยคาดหวังว่าผลการวิจัยจะนำไปสู่แนวทางการจัดการเรียนการสอนที่มีประสิทธิภาพ สามารถช่วยพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนให้สูงขึ้นได้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เรื่อง อนุพันธ์อันดับสูงและการประยุกต์ของอนุพันธ์ โดยจัดการเรียนรู้แบบ SSCS
2. เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เรื่อง อนุพันธ์อันดับสูงและการประยุกต์ของอนุพันธ์ หลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบ SSCS

สมมติฐานการวิจัย

1. ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง อนุพันธ์อันดับสูงและการประยุกต์ของอนุพันธ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบ SSCS สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70
2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง อนุพันธ์อันดับสูงและการประยุกต์ของอนุพันธ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบ SSCS สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70

วิธีการดำเนินการวิจัย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนวัดพุทธบูชา แขวงบางมด เขตทุ่งครุ จังหวัดกรุงเทพมหานคร จำนวน 3 ห้องเรียน

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนวัดพุทธบูชา แขวงบางมด เขตทุ่งครุ จังหวัดกรุงเทพมหานคร จำนวน 1 ห้องเรียน ทั้งหมด 31 คน ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2568 ซึ่งได้มาจากการสุ่มตัวอย่างแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) ซึ่งเป็นห้องเรียนที่มีลักษณะคละความสามารถในการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ผู้วิจัยพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวิจัย ดังนี้

1. แผนการจัดการเรียนรู้แบบ SSCS เรื่อง อนุพันธ์อันดับสูงและการประยุกต์ของอนุพันธ์ จำนวน 6 แผน แผนละ 2 คาบ คาบละ 50 นาที รวมแผนละ 100 นาที สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยผ่านการตรวจสอบคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ซึ่งมีคุณภาพอยู่ในระดับมากที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.89 คะแนน
2. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล ประกอบด้วย

2.1 แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง อนุพันธ์อันดับสูงและการประยุกต์ของอนุพันธ์ แบบอัตนัยเขียนตอบ จำนวน 2 ข้อ ซึ่งครอบคลุมจุดประสงค์การเรียนรู้ ผ่านการตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ได้ค่าดัชนีความสอดคล้องเท่ากับ 1.00 ค่าความยากตั้งแต่ 0.43 – 0.47 ค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.54 – 0.60 และค่าความเชื่อมั่น (Cronbach's Alpha) เท่ากับ 0.78

2.2 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง อนุพันธ์อันดับสูงและการประยุกต์ของอนุพันธ์ แบบปรนัยเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 10 ข้อ ผ่านการตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน มีค่าดัชนีความสอดคล้องเท่ากับ 1.00 ค่าความยากตั้งแต่ 0.30 – 0.80 ค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20 – 0.60 และค่าความเชื่อมั่น (KR-20) เท่ากับ 0.68

การเก็บและรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลตามลำดับ ดังนี้

1. ปฐมนิเทศชี้แจงข้อตกลงในการจัดการเรียนรู้ โดยการจัดการเรียนรู้แบบ SSCS อธิบายถึงความสำคัญ ประโยชน์และข้อตกลงร่วมกันให้นักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างเข้าใจ

2. ดำเนินการสอนตามการจัดการเรียนรู้แบบ SSCS ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นจำนวน 6 แผน

3. ทดสอบหลังเรียน (Post-test) กับกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ซึ่งเป็นแบบทดสอบปรนัย จำนวน 10 ข้อ และทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ โดยใช้แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ซึ่งเป็นแบบทดสอบอัตนัย จำนวน 2 ข้อ

4. นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองกับนักเรียนกลุ่มตัวอย่างมาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ เพื่อสรุปผลการทดลองตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย

การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยแบ่งการวิเคราะห์ข้อมูลเป็น 2 ส่วน ตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย ดังนี้

1. วิเคราะห์ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบ SSCS เรื่อง อนุพันธ์อันดับสูงและการประยุกต์ของอนุพันธ์เทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70

2. วิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบแบบ SSCS เรื่อง อนุพันธ์อันดับสูงและการประยุกต์ของอนุพันธ์ เทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70

โดยการวิเคราะห์ข้อมูลทั้ง 2 ส่วน ใช้สถิติพื้นฐานในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและร้อยละ จากนั้นทดสอบสมมติฐานด้วยสถิติ One-sample t-test ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .05

ผลการวิจัย

1. ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เรื่อง อนุพันธ์อันดับสูงและการประยุกต์ของอนุพันธ์ หลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบ SSCS พบว่า มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 15.35 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 76.77 จากคะแนนเต็ม 20 คะแนน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 4.42 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ โดยมีรายละเอียดดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์หลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบ SSCS กับเกณฑ์ร้อยละ 70

การทดสอบ	จำนวน(คน)	คะแนนเต็ม	ค่าเฉลี่ย	ร้อยละ	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่า t-test	df	Sig.
หลังเรียน	31	20	15.35	76.77	4.42	1.708*	30	0.05

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. ผลการวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เรื่อง อนุพันธ์อันดับสูงและการประยุกต์ของอนุพันธ์ หลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบ SSCS พบว่า มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 7.61 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 76.13 จากคะแนนเต็ม 10 คะแนน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.70 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ โดยมีรายละเอียดดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์หลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบ SSCS กับเกณฑ์ร้อยละ 70

การทดสอบ	จำนวน(คน)	คะแนนเต็ม	ค่าเฉลี่ย	ร้อยละ	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่า t-test	df	Sig.
หลังเรียน	31	10	7.61	76.13	1.70	1.977*	30	0.03

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

อภิปรายผล

1. ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบ SSCS เรื่อง อนุพันธ์อันดับสูงและการประยุกต์ของอนุพันธ์ สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานที่วางไว้ เนื่องจากการจัดการเรียนรู้แบบ SSCS เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นกระบวนการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ โดยนักเรียนเป็นศูนย์กลางของการเรียนรู้ ครูเป็นผู้ทำหน้าที่สนับสนุนให้นักเรียนลงมือแก้ปัญหาด้วยตนเอง และเปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็นอย่างเต็มที่ ซึ่งการจัดการเรียนรู้แบบ SSCS มีขั้นตอนที่ช่วยส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนด้วยกัน 4 ขั้นตอน ดังนี้ ขั้นที่ 1 : Search เป็นขั้นแรกที่นักเรียนเริ่มต้นด้วยการทำความเข้าใจโจทย์ว่าโจทย์กำหนดอะไรมาให้บ้างและสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบคืออะไร ซึ่งในขั้นตอนนี้พบว่านักเรียนสามารถแยะแยะประเด็นของปัญหาได้ ทำให้นักเรียนสามารถเขียนสิ่งที่โจทย์กำหนดให้และสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบได้ถูกต้อง ขั้นที่ 2 : Solve เป็นขั้นเปิดโอกาสให้นักเรียนได้วางแผนการแก้ปัญหาจากข้อมูลที่ได้ในขั้นที่ 1 โดยใช้ความรู้และทักษะทางคณิตศาสตร์ ในขั้นนี้นักเรียนจะได้ฝึกคิดอย่างเป็นระบบ ได้ทดลองใช้วิธีการต่าง ๆ และเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมที่สุดมาใช้ ขั้นที่ 3 : Create เป็นขั้นที่นักเรียนจะต้องสร้างผลลัพธ์หรือคำตอบของปัญหาที่ได้เลือกไว้ในขั้นที่ 2 ในขั้นนี้จะเป็นขั้นที่ช่วยจัดระบบความคิดของนักเรียนผ่านวิธีการแก้ปัญหาที่นักเรียนได้วางแผนไว้จนได้คำตอบของสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ และขั้นที่ 4 : Share เป็นขั้นที่นักเรียนจะต้องนำเสนอและอธิบายวิธีการแก้ปัญหาของตนเองให้กับเพื่อนร่วมชั้นเรียน เพื่อแลกเปลี่ยนความคิดเห็นและวิธีการแก้ปัญหา ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนได้เกิดการเรียนรู้ร่วมกันและมีความกล้าแสดงออกมากขึ้น จากการตรวจแบบทดสอบหลังเรียนของนักเรียน พบว่า นักเรียนสามารถเขียนได้ว่าสิ่งที่โจทย์กำหนดให้และสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบคืออะไร และนักเรียนส่วนใหญ่สามารถนำข้อมูลนั้นมาวางแผนในการแก้ปัญหาต่อได้ หากนักเรียนสามารถวางแผนและเลือกวิธีการแก้ปัญหาได้ถูกต้อง นักเรียนจะสามารถเขียนแสดงวิธีการแก้ปัญหาได้เป็นลำดับขั้นตอนจนนำมาซึ่งคำตอบของปัญหานั้น และสามารถตอบคำถามของโจทย์ปัญหานั้นได้ ซึ่งสอดคล้องกับผลวิจัยของ ธันยพัฒน์ พันธุ์พำนัก (2562) ได้ศึกษาค้นคว้าเรื่อง การจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบ SSCS เพื่อส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ความน่าจะเป็น ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบ SSCS เรื่อง ความน่าจะเป็น ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สอดคล้องกับผลการวิจัยของ วรรณวรางค์ น้อยศรี (2562) ที่ได้พัฒนา

กิจกรรมการเรียนรู้แบบ SSCS เพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ภาคตัดกรวย สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผลการวิจัยพบว่า ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้แบบ SSCS เรื่อง ภาคตัดกรวย สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และสอดคล้องกับผลการวิจัยของ ณิชา พันธ์กนก (2565) ที่ได้จัดการเรียนรู้แบบ SSCS เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบ SSCS หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบ SSCS เรื่อง อนุพันธ์อันดับสูงและการประยุกต์ของอนุพันธ์ สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานที่วางไว้ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการจัดการเรียนรู้แบบ SSCS เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นกระบวนการคิดและการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ ทำให้นักเรียนได้เชื่อมโยงความรู้เดิมกับความรู้ใหม่และนำไปใช้แก้โจทย์ได้ โดยขั้น Search จะช่วยให้นักเรียนได้วิเคราะห์โจทย์ แยกแยะข้อมูล กำหนดสิ่งที่โจทย์ต้องการ และทำความเข้าใจเงื่อนไขของโจทย์อย่างรอบคอบ ส่งผลให้การเลือกแนวทางทำโจทย์ในขั้น Solve มีความถูกต้องมากขึ้น จากนั้นขั้น Create จะเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ลงมือดำเนินการตามแผนที่วางไว้อย่างเป็นขั้นตอน ทำให้ลดความผิดพลาดจากการคำนวณได้ และขั้น Share ที่นักเรียนได้นำเสนอ อธิบาย และแลกเปลี่ยนวิธีทำกับเพื่อนร่วมชั้น ช่วยให้นักเรียนได้ตรวจสอบความถูกต้อง ปรับแก้ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน และได้สรุปความรู้ร่วมกัน ทำให้นักเรียนได้เห็นวิธีการแก้ปัญหาที่หลากหลายจากโจทย์เดียวกัน จึงส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด ซึ่งสอดคล้องกับผลวิจัยของ ธันยพัฒน์ พันธุ์พำนัก (2562) ได้ศึกษาค้นคว้าเรื่อง การจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบ SSCS เพื่อส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ความน่าจะเป็น ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบ SSCS เรื่อง ความน่าจะเป็น ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และสอดคล้องกับผลวิจัยของ สุธาสินี นามนวล (2564) ที่ได้จัดการเรียนรู้แบบ SSCS เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง ค่ากลางของข้อมูล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง ค่ากลางของข้อมูล หลังการจัดการเรียนรู้แบบ SSCS สูงกว่าก่อนการจัดการเรียนรู้ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1. เนื่องจากเนื้อหาอนุพันธ์อันดับสูงและการประยุกต์ของอนุพันธ์ต้องอาศัยความรู้พื้นฐานหลายเรื่อง ครูผู้สอนควรทบทวนเนื้อหาที่เกี่ยวข้องและตรวจสอบความพร้อมของผู้เรียนก่อนเริ่มการจัดกิจกรรม เพื่อให้นักเรียนสามารถดำเนินการแก้ปัญหาในแต่ละขั้นได้อย่างต่อเนื่อง

2. เพื่อให้การจัดการเรียนรู้เป็นไปตามกระบวนการของรูปแบบ SSCS ครูควรวางแผนกิจกรรมให้ชัดเจนในแต่ละขั้น (Search, Solve, Create, Share) พร้อมเตรียมคำถามชี้นำเพื่อกระตุ้นการคิด วิเคราะห์ และตรวจสอบเหตุผลของผู้เรียน

3. ในขั้น Share ครูควรกำหนดเกณฑ์การนำเสนอที่ชัดเจน เพื่อให้เพื่อนร่วมชั้นในห้องเรียนได้ร่วมให้ข้อเสนอแนะและแลกเปลี่ยนวิธีการแก้ปัญหา และพัฒนาทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์

4. การจัดกิจกรรมเรียนรู้แบบ SSCS อาจมีข้อจำกัดด้านเวลา เนื่องจากนักเรียนต้องใช้เวลาในการค้นหาคำตอบและศึกษาเรียนรู้ด้วยตนเองเป็นหลัก จึงควรจัดการเรียนการสอนเป็นคาบคู่เพื่อรองรับกิจกรรมได้อย่างเหมาะสม

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรขยายกลุ่มตัวอย่างให้หลากหลายมากขึ้น เช่น หลายห้องเรียน หลายระดับความสามารถ หรือหลายสถานศึกษา เพื่อเปรียบเทียบผลลัพธ์ในบริบทที่แตกต่างกัน

2. ควรเพิ่มระยะเวลาการจัดการเรียนรู้แบบ SSCS อย่างต่อเนื่องหลายหน่วยการเรียนรู้ เพื่อศึกษาความคงทนของความรู้และพัฒนาการของนักเรียนในระยะยาว

3. ควรมีการศึกษาตัวแปรอื่น ๆ เพิ่มเติมนอกเหนือจากความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เช่น ความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์

เอกสารอ้างอิง

ณิชา พันธ์กนก. (2565). การจัดการเรียนรู้แบบ SSCS เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

ธันยพัฒน์ พันธุ์พำนัก. (2562). การจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบ SSCS เพื่อส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ความน่าจะเป็น ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาคณิตศาสตรศึกษา มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

วรรณวรางค์ น้อยศรี. (2562). การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้แบบ SSCS เพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ภาคตัดกรวย สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. การค้นคว้าอิสระ ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2560). คู่มือการใช้หลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย. สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี: กรุงเทพฯ.

สุธาสินี นามนวล. (2564). การจัดการเรียนรู้แบบ SSCS เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง ค่ากลางของข้อมูล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน วิทยาลัยครูสุริยเทพ มหาวิทยาลัยรังสิต.

การพัฒนาทักษะการอ่านคำพื้นฐานภาษาไทยโดยใช้เกมเป็นฐานร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค STAD สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5

Development of basic Thai word reading skills using game-based learning with the STAD cooperative learning technique for grade 5 students

กิ่งกมล ชมชื่น[1] ดาวรินทร์ แสงพันธุ์ตา[2] และพรพิมล นามวงศ์[1*]

Kingkamon Chomchuen[1], Radawarin Saengphantha[2] and Pornpimon Namwong[1*]

[1]คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต สุพรรณบุรี
[1]Faculty of Education, Suan Dusit University, Suphanburi
[2]โรงเรียนบ้านรางกะทุ่ม, สุพรรณบุรี
[2]Banrangkatum School, Suphanburi
[*]Corresponding Author E-mail Address: pornpimon_nam@dusit.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) พัฒนาและหาประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ภาษาไทยโดยใช้เกมเป็นฐานร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค STAD ตามเกณฑ์ 80/80 (2) เปรียบเทียบทักษะการอ่านคำพื้นฐานภาษาไทยของนักเรียนก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ และ (3) ศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ที่ออกแบบขึ้น กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนบ้านรางกะทุ่ม อำเภอกระทุ่มแบน จังหวัดสุพรรณบุรี ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2568 จำนวน 28 คน ซึ่งได้มาโดยการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) โดยใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยการสุ่ม เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ภาษาไทยโดยใช้เกมเป็นฐานร่วมกับเทคนิค STAD จำนวน 8 แผน รวม 8 ชั่วโมง สื่อเกมสำหรับการเรียนรู้คำพื้นฐานภาษาไทย จำนวน 8 เกม แบบทดสอบวัดทักษะการอ่านคำพื้นฐานภาษาไทย จำนวน 40 ข้อ 12 คะแนน และแบบวัดความพึงพอใจ

ผลการวิจัยพบว่า (1) ประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้มีค่าเท่ากับ 82.59/84.17 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด (2) ทักษะการอ่านคำพื้นฐานภาษาไทยของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($t = 11.07$, $df = 27$, $p < .001$) โดยมีคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน 6.46 (S.D. = 1.71, ร้อยละ 53.85) และหลังเรียน 8.71 (S.D. = 2.25, ร้อยละ 72.59) และ (3) นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x} = 4.72$, S.D. = 0.31) ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐานร่วมกับเทคนิค STAD เป็นนวัตกรรมที่มีประสิทธิผลในการพัฒนาทักษะการอ่านคำพื้นฐานภาษาไทยของนักเรียนระดับประถมศึกษา

คำสำคัญ: ทักษะการอ่านคำพื้นฐานภาษาไทย การเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน การเรียนรู้แบบร่วมมือ เทคนิค STAD ประถมศึกษาปีที่ 5

Abstract

This research aimed to (1) develop and evaluate the efficiency of Thai language lesson plans using game-based learning (GBL) integrated with the Student Teams Achievement Divisions (STAD) cooperative learning technique based on the 80/80 criterion, (2) compare students' basic Thai word reading skills before and after the intervention, and (3) examine students' satisfaction with the designed learning management. The sample consisted of 28 Grade 5 students from Ban Rangkathum School, Krathum Baen District, Suphanburi Province, in the second semester of the 2025 academic year. Participants were selected through cluster random sampling using the classroom as the sampling unit. Research instruments comprised eight Thai language lesson plans employing GBL with the STAD technique (totaling 8 hours), eight educational games for basic Thai word learning, a 40-item basic Thai word reading skills test (12 points) assessed using a rubric, and a satisfaction questionnaire.

The research employed a One-Group Pretest-Posttest Design. Data were analyzed using descriptive statistics (percentage, mean, standard deviation) and dependent samples t-test. The results revealed that (1) the lesson plan efficiency was 82.59/84.17, exceeding the established criterion; (2) students' post-test scores ($\bar{x}$ = 8.71, S.D. = 2.25, 72.59%) were significantly higher than pre-test scores ($\bar{x}$ = 6.46, S.D. = 1.71, 53.85%) at the .05 significance level (t = 11.07, df = 27, p < .001); and (3) students' satisfaction was at the highest level ($\bar{x}$ = 4.72, S.D. = 0.31). These findings demonstrate that GBL integrated with the STAD technique is an effective innovation for developing basic Thai word reading skills at the elementary school level.

Keywords: Basic Thai Word Reading Skills, Game-Based Learning, Cooperative Learning, STAD Technique, Grade 5

บทนำ

ทักษะการอ่านเป็นทักษะพื้นฐานที่มีความสำคัญยิ่งต่อการเรียนรู้ในทุกกลุ่มสาระวิชา และเป็นเครื่องมือสำคัญในการพัฒนาคุณภาพชีวิตของผู้เรียน การที่นักเรียนสามารถอ่านออกเสียงคำได้อย่างถูกต้อง เข้าใจความหมาย และสามารถนำไปใช้ในการเรียนรู้เรื่องราวต่างๆ ได้ ถือเป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยให้การเรียนมีประสิทธิภาพ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551) หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 กำหนดมาตรฐาน ท 1.1 ให้ผู้เรียนใช้กระบวนการอ่านสร้างความรู้และความคิดเพื่อนำไปใช้ตัดสินใจ แก้ปัญหาในการดำเนินชีวิต และมีนิสัยรักการอ่าน โดยตัวชี้วัด ป.5/1 กำหนดให้นักเรียนสามารถอ่านออกเสียงบทร้อยแก้วและบทร้อยกรองได้ถูกต้อง

อย่างไรก็ตาม ผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O-NET) วิชาภาษาไทยของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ปีการศึกษา 2565 มีคะแนนเฉลี่ยเพียงร้อยละ 47.41 ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์ร้อยละ 50 (สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ, 2566) สะท้อนให้เห็นว่าปัญหาด้านทักษะภาษาไทยยังคงเป็นช่องว่างที่ต้องการแก้ไขอย่างเร่งด่วน จากการสังเกตและประเมินผลนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนบ้านรางกะทุ่ม พบว่านักเรียนจำนวนไม่น้อยประสบปัญหาการอ่านคำพื้นฐาน ไม่สามารถอ่าน

ได้อย่างถูกต้อง อ่านติดขัด หรือขาดความเข้าใจความหมายของคำ ส่งผลต่อการเรียนรู้ในวิชาอื่นๆ ที่ต้องอาศัยทักษะการอ่านเป็นพื้นฐาน นอกจากนี้ยังพบปัญหาสำคัญ คือนักเรียน "ขาดแรงจูงใจในการเรียนรู้" และปัญหาความแตกต่างด้านพื้นฐานภายในชั้นเรียน ซึ่งทำให้ช่องว่างระหว่างนักเรียนเก่งและนักเรียนอ่อนยิ่งกว้างมากขึ้น

แนวทางหนึ่งที่จะแก้ไขปัญหาดังกล่าวคือการนำเกมมาใช้เป็นฐานในการจัดการเรียนรู้ (Game-Based Learning: GBL) เพราะเกมสามารถดึงดูดความสนใจของผู้เรียน เสริมสร้างแรงจูงใจ และสร้างบรรยากาศการเรียนรู้ที่สนุกสนาน (Prensky, 2001) การใช้เกมในการส่งเสริมการเรียนรู้ช่วยให้นักเรียนเกิดแรงจูงใจในการอ่านและเข้าใจคำศัพท์ได้ดีขึ้น สอดคล้องกับแนวคิดของ Plass et al. (2015) ที่กล่าวว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐานเน้นให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมที่มีเป้าหมายการเรียนรู้ชัดเจน

นอกจากนี้ เทคนิคการเรียนรู้แบบร่วมมือ STAD (Student Teams Achievement Divisions) เป็นวิธีการที่มีประสิทธิผลในการพัฒนาทักษะการอ่าน โดยส่งเสริมให้นักเรียนทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม แลกเปลี่ยนความรู้ผ่านการอ่านและอภิปราย เด็กเก่งช่วยเหลือเพื่อนที่อ่านได้ช้ากว่า ส่งผลให้เกิดการเรียนรู้ที่เอื้อต่อกัน (Slavin, 1995) ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงสนใจบูรณาการ GBL เข้ากับเทคนิค STAD เพื่อแก้ไขปัญหาช่องว่างในการจัดการเรียนรู้ภาษาไทย ซึ่งยังขาดงานวิจัยที่ผสมผสานนวัตกรรมทั้งสองรูปแบบนี้อย่างเป็นระบบสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โดยเฉพาะในบริบทโรงเรียนขนาดเล็กในจังหวัดสุพรรณบุรี

วัตถุประสงค์การวิจัย

1) เพื่อพัฒนาและหาประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ภาษาไทยโดยใช้เกมเป็นฐานร่วมกับเทคนิค STAD ตามเกณฑ์ 80/80

2) เพื่อเปรียบเทียบทักษะการอ่านคำพื้นฐานภาษาไทยของนักเรียนก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้

3) เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้

สมมติฐานการวิจัย

ทักษะการอ่านคำพื้นฐานภาษาไทยของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐานร่วมกับเทคนิค STAD สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

การทบทวนวรรณกรรม

1. แนวคิดเกี่ยวกับทักษะการอ่านคำพื้นฐานภาษาไทย

การอ่านเป็นกระบวนการที่ซับซ้อน ประกอบด้วยองค์ประกอบทางจิตวิทยา สภาพร่างกาย และสภาพทางสังคม สุริยา ตอพล (2564) กล่าวว่า การอ่านเป็นกระบวนการทางสมองในการแปลสัญลักษณ์และถอดความหมายออกมาเป็นความรู้ ความเข้าใจ และความคิดอย่างมีเหตุผล ซึ่งสอดคล้องกับ Adams (1990) ที่อธิบายว่าการอ่านเป็นกระบวนการเชื่อมโยงระหว่างการถอดรหัสตัวอักษร (decoding) กับการสร้างความเข้าใจ (comprehension) จรัญ สุขเกษม (2566) นิยามว่าการอ่านคือ กระบวนการแปลความหมายจากตัวอักษรและสัญลักษณ์ออกมาเป็นความคิดอย่างมีเหตุผล โดยอาศัยความสามารถในการแปล ตีความ จับใจความสำคัญ และสรุปความ

คำพื้นฐานภาษาไทยสำหรับชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 160 คำ ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย คำสมาส คำสนธิ คำควบกล้ำแท้ คำควบกล้ำไม่แท้ คำยืมภาษาต่างประเทศ คำที่มีการันต์ คำที่มี รร และคำที่มี ฤ หมวดหมู่ละ 20 คำ ตามมาตรฐานการเรียนรู้ ท 1.1 ตัวชี้วัด ป.5/1 ของหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

(กระทรวงศึกษาธิการ, 2551) Chall (1996) ได้เสนอทฤษฎีพัฒนาการการอ่าน 6 ระดับ ซึ่งนักเรียนชั้น ป.5 อยู่ในระดับที่ 3 คือระดับการอ่านเพื่อการเรียนรู้ (Reading to Learn) ซึ่งการเรียนรู้คำพื้นฐานอย่างมั่นคงเป็นรากฐานสำคัญในระดับนี้

ทัศนีย์ ศุภเมธี (2567) ได้แบ่งประเภทของการอ่านออกเป็น 2 ประเภท คือ การอ่านในใจ และการอ่านออกเสียง โดยการอ่านออกเสียงมีคุณค่าทางการเรียนสูง ช่วยให้เด็กมีทักษะมากขึ้น อ่านได้คล่องแคล่วถูกต้อง กระบวนการอ่านที่มีประสิทธิภาพประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ได้แก่ การรู้จักคำ การเข้าใจความหมาย การมีปฏิกิริยาต่อสาร และการรวบรวมความคิด (ถนอมวงศ์ ล้ำยอดมรรคผล, 2565) สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน (2565) ยืนยันว่าการอ่านเป็นพื้นฐานที่สำคัญของการเรียนรู้และพัฒนาสติปัญญาของบุคคลในสังคม

2. การจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน (Game-Based Learning: GBL)

การจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน หมายถึง การจัดการเรียนรู้ที่สอดแทรกเนื้อหาบทเรียนลงในเกม ให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมเพื่อสร้างแรงจูงใจและความคิดรวบยอดผ่านสถานการณ์ที่ออกแบบขึ้น (ฉัตรกมล ประจวบลาภ, 2565) Plass et al. (2015) กล่าวว่า GBL มีพื้นฐานจากทฤษฎีการเรียนรู้หลายประการ ได้แก่ ทฤษฎีการเรียนรู้ผ่านประสบการณ์ของ Vygotsky ทฤษฎีการเรียนรู้แบบสร้างนิยม และทฤษฎีแรงจูงใจของ Maslow (1943) ซึ่งอธิบายว่าเกมตอบสนองความต้องการขั้นพื้นฐานของมนุษย์ในด้านความสำเร็จและการยอมรับจากสังคม Kapp (2012) ยืนยันว่า GBL ที่ออกแบบอย่างดีสามารถกระตุ้นการเรียนรู้เชิงลึก (deep learning) ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะเมื่อเกมมีเป้าหมายการเรียนรู้ที่ชัดเจน

กระบวนการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐานตามแนวคิดของ Guido (2026) มี 5 ขั้นตอน ได้แก่ (1) กำหนดวัตถุประสงค์การเรียนรู้ (2) ทดลองการใช้เกม (3) ศึกษาความพึงพอใจของผู้เรียน (4) ปรับปรุงและพัฒนาเกม และ (5) ประเมินรูปแบบการสอน ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้วางแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ขั้นตอนการสอน 3 ขั้นตอน คือ ขั้นนำ ขั้นสอน (การชี้แจงกติกา การเล่นเกม การอภิปรายและประเมินผล) และขั้นสรุป (ภาสกร ใหลสกุล, 2568; ทิศนา แขมมณี, 2564) Mayer (2019) รายงานว่าเกมเพื่อการเรียนรู้ที่มีการป้อนกลับ (feedback) ทันทีสามารถส่งเสริมการเรียนรู้ได้ดีกว่าการสอนแบบบรรยายทั่วไป

ประเภทของเกมที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ออกแบบให้สอดคล้องกับหมวดหมู่คำพื้นฐานภาษาไทยทั้ง 8 หมวด ได้แก่ เกมช่างตัดผม (คำสมาส) เกมแยกขยะ (คำสนธิ) เกมสวนสัตว์ (คำควบกล้ำแท้) เกมแต่งตัวอาชีพ (คำควบกล้ำไม่แท้) เกมโดนัท (คำยืมภาษาต่างประเทศ) เกมสมูทตี้ (คำที่มีการันต์) เกมอาหารตามสั่ง (คำที่มี รร) และเกมคลินิก (คำที่มี ฤ) การออกแบบเกมให้มีบริบทชีวิตประจำวันที่คุ้นเคยช่วยให้ผู้เรียนเชื่อมโยงการเรียนรู้ได้อย่างมีความหมาย (Gee, 2003)

3. การจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค STAD (Student Teams Achievement Divisions)

STAD เป็นตัวย่อของ "Student Teams Achievement Divisions" หมายถึง เทคนิคการเรียนรู้แบบร่วมมือเพื่อประสบผลสำเร็จเป็นทีม พัฒนาโดย Robert Slavin ซึ่งมีรากฐานจากทฤษฎีการพึ่งพาซึ่งกันและกันในเชิงบวก (Positive Interdependence Theory) ของ Johnson and Johnson (2009) และทฤษฎีพัฒนาการเชิงสังคมของ Vygotsky (1978) ที่เน้นบทบาทของปฏิสัมพันธ์ทางสังคมในการพัฒนาการเรียนรู้ STAD ประกอบด้วย 5 ขั้นตอนหลัก ได้แก่ (1) การเสนอบทเรียนต่อชั้นเรียน (Class Presentation) (2) การเรียนเป็นกลุ่ม (Teams) (3) การทดสอบย่อย (Quizzes) (4) คะแนนพัฒนาการรายบุคคล (Individual Improvement Scores) และ (5) การยกย่องกลุ่มที่ประสบผลสำเร็จ (Team Recognition) (Slavin, 1995)

หลักการพื้นฐานของ STAD ประกอบด้วย 5 ประการ ได้แก่ (1) การพึ่งพาอาศัยซึ่งกันและกันเชิงบวก (Positive Interdependence) (2) การติดต่อปฏิสัมพันธ์โดยตรง (Face-to-Face Interaction) (3) ความรับผิดชอบรายบุคคล (Individual Accountability) (4) ทักษะระหว่างบุคคลและกลุ่มย่อย (Social Skills) และ (5) กระบวนการกลุ่ม (Group

Processing) (Kagan, 2009; Johnson & Johnson, 2009) การจัดกลุ่มแบบ STAD ใช้กลุ่มละ 4-5 คน โดยคละความสามารถในอัตราส่วน 1:2:1 (เก่ง:ปานกลาง:อ่อน) เพื่อให้เกิดการช่วยเหลือกันภายในกลุ่มอย่างได้ผล

4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ศรีใจ และแป้นศรี (2564) วิจัยเรื่องการพัฒนาทักษะการอ่านคำพื้นฐานภาษาไทยโดยใช้บทเรียนการ์ตูนร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค STAD สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 พบว่านักเรียนมีทักษะการอ่านคำพื้นฐานภาษาไทยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ณฑาทิพย์ จวงแย้ม และกฤธยากาญจน์ โตพิทักษ์ (2566) พบว่าการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค STAD ร่วมกับเกมการศึกษาสามารถพัฒนาทักษะการเขียนสะกดคำของนักเรียนได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

วุฒิชัย คำภิระยศ (2565) พบว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมร่วมกับเทคนิคผังกราฟิกสามารถพัฒนาความสามารถด้านการอ่านออกเสียงและการเขียนสะกดคำของนักเรียนชั้น ป.4 ได้ดียิ่งขึ้น สอดคล้องกับ Hussein et al. (2021) ที่พบว่าเกมคอมพิวเตอร์ช่วยพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณอย่างมีนัยสำคัญ และ Azhar and Jalil (2024) ที่พบว่า GBL แบบร่วมมือมีค่าเฉลี่ยการทดลองและอัตราความสำเร็จสูงสุด นอกจากนี้ นาถมทอง และคณะ (2568) รายงานว่าการพัฒนาความสามารถด้านการอ่านและการเขียนคำพื้นฐานภาษาไทยโดยใช้กิจกรรมสมองเป็นฐานประกอบเกมสำหรับนักเรียนชั้น ป.3 ให้ผลดีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงให้เห็นถึงแนวโน้มที่ชัดเจนว่านวัตกรรม GBL ร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือมีประสิทธิผลในการพัฒนาทักษะภาษาของนักเรียนระดับประถมศึกษา

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย คือ นักเรียนโรงเรียนบ้านรางกะทุ่ม อำเภอกระทุ่มแบน จังหวัดสุพรรณบุรี ปีการศึกษา 2568 จำนวน 133 คน กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนบ้านรางกะทุ่ม ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2568 จำนวน 28 คน ได้มาโดยการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) โดยใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยสุ่ม เหตุผลในการเลือกใช้วิธีสุ่มแบบกลุ่มเนื่องจากนักเรียนถูกจัดอยู่ในห้องเรียนที่กำหนดแล้วตามระเบียบของโรงเรียน การแยกนักเรียนรายบุคคลจะส่งผลกระทบต่อการจัดการเรียนการสอนปกติ การใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยสุ่มจึงมีความเหมาะสมและเป็นปฏิบัติได้จริงในบริบทโรงเรียน ซึ่งสอดคล้องกับแนวทางของบุญชม ศรีสะอาด (2560)

รูปแบบการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ใช้รูปแบบการวิจัยแบบกลุ่มเดียว วัดผลก่อน-หลัง (One-Group Pretest-Posttest Design) ซึ่งเหมาะสมสำหรับการศึกษาผลของนวัตกรรมในชั้นเรียนที่ไม่สามารถจัดกลุ่มควบคุมได้ในบริบทจริง แสดงได้ดังสูตร

$$E \quad O_1 \quad X \quad O_2$$

เมื่อ

E หมายถึง กลุ่มเป้าหมาย

O_1 หมายถึง การวัดผลก่อนการจัดการเรียนรู้ (pre-test)

X หมายถึง การจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐานร่วมกับเทคนิค STAD

O_2 หมายถึง การวัดผลหลังการจัดการเรียนรู้ (post-test)

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย 3 ประเภท ได้แก่

1) สื่อการเรียนรู้เกม จำนวน 8 เกม ออกแบบให้สอดคล้องกับหมวดหมู่คำพื้นฐานภาษาไทยทั้ง 8 หมวด ได้แก่ เกมช่างตัดผม (คำสมาส) เกมแยกขยะ (คำสนธิ) เกมสวนสัตว์ (คำควบกล้ำแท้) เกมแต่งตัวอาชีพ (คำควบกล้ำไม่แท้) เกมโดนัท (คำยืมภาษาต่างประเทศ) เกมสมูทตี้ (คำที่มีการันต์) เกมอาหารตามสั่ง (คำที่มี รร) และเกมคลินิก (คำที่มี ฤ)

2) แผนการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้ภาษาไทย โดยใช้เกมเป็นฐานร่วมกับเทคนิค STAD จำนวน 8 แผน รวม 8 ชั่วโมง สร้างตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 มาตรฐาน ท 1.1 ตัวชี้วัด ป.5/1 ผ่านการตรวจสอบความถูกต้องจากผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน และหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างแบบทดสอบกับจุดประสงค์การเรียนรู้ โดยทุกข้อมีค่า IOC ≥ 0.67 แสดงว่ามีความสอดคล้องในระดับดี

3) แบบทดสอบวัดทักษะการอ่านคำพื้นฐานภาษาไทย จำนวน 40 ข้อ 12 คะแนน เป็นแบบทดสอบการอ่านออกเสียงคำ ประเมินด้วยเกณฑ์ Rubrics 3 ด้าน ได้แก่ น้ำเสียงและความชัดเจน ความถูกต้อง และความคล่องแคล่ว แต่ละด้านมีระดับคะแนน 1-4 คะแนน รวม 12 คะแนน ผ่านการตรวจสอบค่า IOC จากผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน

เกณฑ์การวัดและประเมินผล

การประเมินทักษะการอ่านคำพื้นฐานภาษาไทยใช้เกณฑ์ Rubrics ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เกณฑ์การวัดผลและประเมินทักษะอ่านคำพื้นฐานภาษาไทย (รูปแบบ Rubrics)

รายการประเมิน	ระดับ 1 (ต่ำกว่าเกณฑ์)	ระดับ 2 (พอใช้)	ระดับ 3 (ดี)	ระดับ 4 (ดีมาก)
น้ำเสียงและความชัดเจน	น้ำเสียงไม่สม่ำเสมอ เสียงไม่ชัดเจน	น้ำเสียงไม่สม่ำเสมอ เสียงชัดเจนบ้าง	น้ำเสียงสม่ำเสมอ เสียงชัดเจนเล็กน้อย	น้ำเสียงสม่ำเสมอ เสียงชัดเจนมาก
ความถูกต้อง	อ่านถูกต้องน้อยกว่า 10 คำ	อ่านถูกต้อง 10-20 คำ	อ่านถูกต้อง 20-30 คำ	อ่านถูกต้องมากกว่า 30 คำ
ความคล่องแคล่ว	อ่านติดขัด ไม่ต่อเนื่อง	อ่านติดขัดบางช่วง	อ่านค่อนข้างคล่องแคล่ว	อ่านคล่องแคล่ว

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

การวิจัยดำเนินการเป็น 4 ขั้นตอนตามลำดับ ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การเตรียมการ: ผู้วิจัยศึกษาหลักสูตร วิเคราะห์ผู้เรียน ออกแบบและสร้างเครื่องมือวิจัย ตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือโดยผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน และทดลองใช้เครื่องมือ

ขั้นตอนที่ 2 การดำเนินการวิจัย: ทดสอบก่อนเรียน (Pre-test) จัดการเรียนรู้โดยใช้ GBL ร่วมกับเทคนิค STAD จำนวน 8 แผน รวม 8 ชั่วโมง แล้วทดสอบหลังเรียน (Post-test) และวัดความพึงพอใจ

ขั้นตอนที่ 3 การวิเคราะห์ข้อมูล: วิเคราะห์ด้วยสถิติพื้นฐานและสถิติทดสอบ t-test dependent

ขั้นตอนที่ 4 การสรุปและรายงานผล

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติพื้นฐาน ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และสถิติทดสอบค่าที (t-test dependent) เพื่อเปรียบเทียบคะแนนก่อนและหลังเรียน โดยใช้เกณฑ์นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ตามแนวทางของบุญชม ศรีสะอาด (2560)

ผลการวิจัย

ตารางที่ 2 ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนทักษะการอ่านคำพื้นฐานภาษาไทยก่อนและหลังเรียน

ตัวแปรตาม	เวลาทดสอบ	n	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$)	S.D.	ร้อยละ
คะแนนการทดสอบ	ก่อนเรียน	28	3	9	6.46	1.71	53.85
คะแนนการทดสอบ	หลังเรียน	28	3	12	8.71	2.25	72.59

จากตารางที่ 2 พบว่าคะแนนทักษะการอ่านคำพื้นฐานภาษาไทยก่อนเรียนมีค่าเฉลี่ย 6.46 (S.D. = 1.71) คิดเป็นร้อยละ 53.85 และหลังเรียนมีค่าเฉลี่ย 8.71 (S.D. = 2.25) คิดเป็นร้อยละ 72.59 แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน โดยมีพัฒนาการเพิ่มขึ้นร้อยละ 18.74

ตารางที่ 3 ผลการเปรียบเทียบคะแนนทักษะการอ่านคำพื้นฐานภาษาไทยก่อนและหลังเรียน (t-test dependent)

ตัวแปรตาม	เวลาทดสอบ	ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$)	S.D.	ค่าที (t)	df	P-value	นัยสำคัญ
คะแนนการทดสอบ	ก่อนเรียน	6.46	1.71	11.07*	27	<.001	*
คะแนนการทดสอบ	หลังเรียน	8.71	2.25				

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 3 พบว่าคะแนนทักษะการอ่านคำพื้นฐานภาษาไทยหลังเรียนและก่อนเรียนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($t = 11.07$, $df = 27$, $p < .001$) โดยนักเรียนที่มีคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนจำนวน 25 คน (ร้อยละ 89.29) และนักเรียนที่มีคะแนนเท่าเดิมจำนวน 3 คน (ร้อยละ 10.71) ซึ่งสรุปได้ว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐานร่วมกับเทคนิค STAD ส่งผลให้ทักษะการอ่านคำพื้นฐานภาษาไทยของนักเรียนพัฒนาขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ

การอภิปรายผล

ผลการวิจัยพบว่านักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนบ้านรางกะทุ่ม มีทักษะการอ่านคำพื้นฐานภาษาไทยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($t = 11.07$, $df = 27$, $p < .001$) ซึ่งสามารถอภิปรายผลได้ดังนี้

ประการที่ 1 การจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐานช่วยสร้างแรงจูงใจและความกระตือรือร้นในการเรียนรู้ ทั้งนี้เนื่องจากเกมที่ออกแบบขึ้นอย่างมีเป้าหมายมีคุณสมบัติตามทฤษฎี Flow ของ Csikszentmihalyi (1990) ที่กล่าวว่ากิจกรรมที่ท้าทายในระดับที่เหมาะสมกับความสามารถของผู้เรียนจะสร้างประสบการณ์ "การลื่นไหล" ที่ส่งเสริมการมีส่วนร่วมและการจดจำ

ผลนี้สอดคล้องกับแนวคิดของ ฉัตรกมล ประจวบลาภ (2565) และ Mayer (2019) ที่ยืนยันว่าการเรียนรู้ผ่านเกมช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ทั้งในระดับความจำและความเข้าใจได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ประการที่ 2 เทคนิค STAD ส่งเสริมให้นักเรียนที่มีความสามารถแตกต่างกันช่วยเหลือและสนับสนุนกัน ส่งผลให้เกิดการเรียนรู้แบบ Scaffolding ตามแนวคิดของ Vygotsky (1978) ที่อธิบายว่าการเรียนรู้ในเขตพัฒนาที่ใกล้เคียง (Zone of Proximal Development) จะเกิดขึ้นได้เมื่อมีผู้ที่มีความสามารถสูงกว่าช่วยเหลือ ผลนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ ศรีใจ และแป้นศรี (2564) และ ณฑาทิพย์ จวงแย้ม และกฤธยากาญจน์ โตพิทักษ์ (2566) และยืนยันโดย Azhar and Jalil (2024) ที่พบว่า GBL แบบร่วมมือส่งผลต่อการพัฒนาทักษะภาษาและการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

อย่างไรก็ตาม ผลการวิจัยพบข้อจำกัดสำคัญ คือนักเรียนบางส่วนที่มีภาวะบกพร่องทางการเรียนรู้ (LD) ยังไม่ได้รับการพัฒนาทักษะการอ่านเท่าที่ควร และนักเรียนบางคนยังต้องการการฝึกฝนเพิ่มเติม ซึ่งชี้ให้เห็นว่าแนวทางการสอนเสริมเฉพาะบุคคลควรได้รับการพัฒนาเพิ่มเติมในการวิจัยครั้งต่อไป

บทสรุป

การวิจัยครั้งนี้พัฒนาทักษะการอ่านคำพื้นฐานภาษาไทยของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนบ้านรางกะทุ่ม โดยบูรณาการการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐานกับเทคนิค STAD ผลการวิจัยสรุปได้ว่า

1) แผนการจัดการเรียนรู้มีประสิทธิภาพ 82.59/84.17 สูงกว่าเกณฑ์ 80/80

2) นักเรียนมีทักษะการอ่านคำพื้นฐานภาษาไทยหลังเรียน ($\bar{x}$ = 8.71, S.D. = 2.25, ร้อยละ 72.59) สูงกว่าก่อนเรียน ($\bar{x}$ = 6.46, S.D. = 1.71, ร้อยละ 53.85) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($t = 11.07$, $df = 27$, $p < .001$)

3) นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.72, S.D. = 0.31) แสดงให้เห็นว่าการบูรณาการ GBL กับเทคนิค STAD เป็นนวัตกรรมที่มีประสิทธิผลในการพัฒนาทักษะการอ่านคำพื้นฐานภาษาไทยระดับประถมศึกษา

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะเชิงปฏิบัติ

1. ครูผู้สอนวิชาภาษาไทยควรนำเกมการเรียนรู้มาบูรณาการในการจัดการเรียนการสอนอย่างต่อเนื่อง โดยออกแบบเกมให้สอดคล้องกับเนื้อหาและระดับความสามารถของผู้เรียนในแต่ละหน่วยการเรียน

2. ควรพัฒนาเนื้อหาของบทเรียนโดยใช้เกมเป็นฐานให้ครอบคลุมคำพื้นฐานและคำศัพท์ที่มีความซับซ้อนมากขึ้นตามลำดับขั้น เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการอ่านและการทำความเข้าใจภาษาไทย

3. ควรนำเทคนิค STAD ไปใช้กับวิชาอื่นๆ ที่ต้องการพัฒนาทักษะการอ่านและการทำงานร่วมกันในระดับประถมศึกษา

4. สำหรับนักเรียนที่มีภาวะบกพร่องทางการเรียนรู้ (LD) ควรจัดทำแผนการสอนเสริมเฉพาะบุคคลร่วมด้วย เพื่อให้นักเรียนกลุ่มนี้ได้รับการพัฒนาอย่างทั่วถึง

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรวิจัยโดยมีกลุ่มควบคุมเพื่อเพิ่มความเชื่อมั่นในการสรุปผลเชิงเหตุผล (Causal Inference) ว่านวัตกรรมเป็นสาเหตุที่แท้จริงของการพัฒนา

2. ควรขยายระยะเวลาการทดลองและติดตามผลระยะยาว เพื่อวัดความคงทนของทักษะการอ่านที่พัฒนาขึ้น

3. ควรศึกษาผลของการประยุกต์ใช้ GBL ร่วมกับ STAD กับนักเรียนในบริบทอื่น เช่น โรงเรียนขนาดใหญ่ หรือระดับชั้นอื่นๆ เพื่อตรวจสอบความสามารถในการขยายผล

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ อาจารย์พรพิมล นามวงศ์ ที่ปรึกษางานวิจัย ที่กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำแนวทางวิธีการและขั้นตอนการศึกษา ตลอดจนตรวจทาน แก้ไขงานวิจัยให้มีความถูกต้องสมบูรณ์ ขอขอบพระคุณครูรดาวรินทร์ แสงพันธุ์ตา คุณครูโรงเรียนบ้านรางกะทุ่ม และผู้อำนวยการโรงเรียนบ้านรางกะทุ่ม นายวิวัฒน์ อนุมาตย์ ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้สถานที่และสิ่งอำนวยความสะดวกต่างๆ ในการทำวิจัย รวมถึงคุณครูและเจ้าหน้าที่โรงเรียนบ้านรางกะทุ่มทุกท่านที่คอยให้คำแนะนำตลอดระยะเวลาในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงศึกษาธิการ. (2551ก). บัญชีคำพื้นฐานภาษาไทย ชั้นประถมศึกษาปีที่ 1–6. สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา.

_____. (2551ข). หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

จรัญ สุขเกษม. (2566). ทักษะการอ่านภาษาไทย: ทฤษฎีและการประยุกต์ใช้. สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

จักรพันธ์ แก้วทองหลาง. (2567). ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค STAD ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการทำงานกลุ่มวิชาภาษาไทยของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร, 26(1), 45–60.

จุฑาพร แสนพันตรี. (2564). การพัฒนาเกมการศึกษาเพื่อส่งเสริมทักษะการอ่านออกเสียงภาษาไทยสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษา. วารสารครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 49(3): 72–89.

ชัยยงค์ พรหมวงศ์. (2556). การทดสอบประสิทธิภาพสื่อหรือชุดการสอน. วารสารศิลปากรศึกษาศาสตร์วิจัย 5(1): 5–20.

ณฑาทิพย์ จวงแย้ม และกฤธยากาญจน์ โตพิทักษ์. (2566). ผลการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค STAD ร่วมกับเกมการศึกษาต่อทักษะการเขียนสะกดคำของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3. วารสารการศึกษาไทย. 20(1): 55–70.

ณัฐนันท์ ศิริเจริญ. (2565). ผลการใช้เกมการศึกษาในการสอนภาษาไทยระดับประถมศึกษาต่อทักษะการอ่านและแรงจูงใจในการเรียน. วารสารวิจัยทางการศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ 17(1): 112–128.

ถนอมวงศ์ ล้ำยอดมรรคผล. (2565). การพัฒนากระบวนการอ่านอย่างมีประสิทธิภาพ. วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยการศึกษา. 12(2): 1–15.

ทัศนีย์ ศุภเมธี. (2567). ผลการใช้การเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค STAD ต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนภาษาไทยและทักษะทางสังคมของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5. วารสารการศึกษาไทย. 19(2): 88–105.

ทิศนา แขมมณี. (2564). ศาสตร์การสอน: องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ (พิมพ์ครั้งที่ 24). สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

นวลจันทร์ ใจอารีย์. (2564). การพัฒนาทักษะการอ่านคำพื้นฐานภาษาไทยของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้การ์ดเกมภาษาไทย. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 44(4): 65–81.

บุญชม ศรีสะอาด. (2560). การวิจัยเบื้องต้น (พิมพ์ครั้งที่ 10). สุวีริยาสาส์น.

ภัทราวดี มากมี. (2566). ผลการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือด้วยเทคนิค STAD ร่วมกับเกมการศึกษาต่อทักษะทางภาษาของนักเรียนชั้นประถมศึกษา. วารสารวิจัยและพัฒนาหลักสูตร. 13(2): 34–52.

ภาสกร ใหลสกุล. (2568). นวัตกรรมการจัดการเรียนรู้ภาษาไทยในศตวรรษที่ 21. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยสวนดุสิต.

มนตรี แย้มกสิกร. (2566). การสอนภาษาไทยโดยใช้เกมเป็นฐาน: แนวคิดและแนวปฏิบัติ. วารสารภาษาไทยและวัฒนธรรมไทย. 10(1): 1–18.

วิชัย วงษ์ใหญ่ และมารุต พัฒผล. (2565). การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 (พิมพ์ครั้งที่ 3). ศูนย์ผู้นำนวัตกรรมหลักสูตรและการเรียนรู้.

วุฒิชัย คำภิระยศ. (2565). การพัฒนาความสามารถด้านการอ่านออกเสียงและการเขียนสะกดคำโดยใช้เกมร่วมกับผังกราฟิก. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. 16(3): 211–225.

ศรีใจ ปันใจ และแป้นศรี สงวนศักดิ์. (2564). การพัฒนาทักษะการอ่านคำพื้นฐานภาษาไทยโดยใช้บทเรียนการ์ตูนร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค STAD สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4. วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา. 9(2): 78–93.

สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (องค์การมหาชน). (2566). รายงานผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O-NET) ปีการศึกษา 2565. สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ.

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. (2565). แนวทางการพัฒนาทักษะการอ่านของนักเรียนระดับประถมศึกษา. สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน.

สิริพร อินทร์สวาท. (2566). ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมร่วมกับเทคนิค STAD ต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติต่อการเรียนภาษาไทยของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ].

สุภาพร ลิ้มสุวรรณ. (2565). การพัฒนาทักษะการอ่านออกเสียงภาษาไทยของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้เกมภาษาไทย. วารสารการศึกษาและการพัฒนาสังคม. 18(1): 143–158.

สุริยา ตอพล. (2564). จิตวิทยาการอ่าน. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง.

อุษา คงทอง. (2563). ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่หลากหลายต่อทักษะการอ่านภาษาไทยของนักเรียนชั้นประถมศึกษา. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี. 31(2): 80–95.

Adams, M. J. (1990). Beginning to read: Thinking and learning about print. MIT Press.

Azhar, M., & Jalil, N. A. (2024). Collaborative game-based learning and its effects on language achievement and critical thinking skills. International Journal of Educational Technology. 19(2): 45–62. https://doi.org/10.1007/s10639-023-00123-4

Chall, J. S. (1996). Stages of reading development (2nd ed.). Harcourt Brace.

Cojocariua, V. M., & Boghian, I. (2014). Teaching the relevance of game-based learning to preschool and primary teachers. Procedia - Social and Behavioral Sciences. 142: 640–646.

Csikszentmihalyi, M. (1990). Flow: The psychology of optimal experience. Harper & Row.

Dalton, E. M. (2016). Game-based learning in language arts. TESOL Journal. 7(4): 896–910.

Gee, J. P. (2003). What video games have to teach us about learning and literacy. Palgrave Macmillan.

Hussein, M. H., Ow, S. H., Cheong, L. S., & Thong, M. K. (2021). A digital game-based learning method to improve students' critical thinking skills in elementary science. IEEE Access. 9: 96280–96295.

Johnson, D. W., & Johnson, R. T. (2009). An educational psychology success story: Social interdependence theory and cooperative learning. Educational Researcher. 38(5): 365–379.

Kagan, S. (2009). Cooperative learning. Kagan Publishing.

Kapp, K. M. (2012). The gamification of learning and instruction: Game-based methods and strategies for training and education. Pfeiffer.

Maslow, A. H. (1943). A theory of human motivation. Psychological Review. 50(4): 370–396.

Mayer, R. E. (2019). Computer games in education. Annual Review of Psychology. 70: 531–549.

Plass, J. L., Homer, B. D., & Kinzer, C. K. (2015). Foundations of game-based learning. Educational Psychologist. 50(4): 258–283.

Prensky, M. (2001). Digital game-based learning. McGraw-Hill.

Slavin, R. E. (1995). Cooperative learning: Theory, research, and practice (2nd ed.). Allyn & Bacon.

Vygotsky, L. S. (1978). Mind in society: The development of higher psychological processes. Harvard University Press.

การพัฒนาการจัดการเรียนรู้ภาษาไทยตามแนววิธีการสอนแบบโฟนิกส์ควบคู่กับการใช้กิจกรรมเกมมิฟิเคชันเพื่อส่งเสริมความสามารถในการอ่านและการเขียนของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนบ้านดอนโพ

Developing Thai language learning management based on the phonics method, coupled with the use of gamification activities to promote reading and writing abilities of first-grade students at Ban Don Pho School

ศิริขวัญ บุญเกตุ[1] นวลศรี สงสม[1*] และชุติวรรณ บุญเรืองรอด[2]
Sirikhawn Boonket[1], Nualsri Songsom[1*] and Chutiwan Boonruangrod[2]

1 คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต วิทยาเขตสุพรรณบุรี จังหวัดสุพรรณบุรี*
1 Faculty of Education, Suan Dusit University, Suphanburi Campus, Suphanburi, Thailand*
2 โรงเรียนบ้านดอนโพ จังหวัดสุพรรณบุรี
2 Ban Don Pho School, Suphanburi, Thailand
Corresponding Author E-mail Address : nuasri_son@dusit.ac.th

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยในครั้งนี้ คือ 1) เพื่อศึกษาการจัดการเรียนรู้ภาษาไทยตามแนวโฟนิกส์ควบคู่กับการใช้กิจกรรมเกมมิฟิเคชันต่อความสามารถในการอ่านและเขียนคำพื้นฐานของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 2) เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการอ่านและเขียนคำพื้นฐานของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ระหว่างก่อนและหลังเรียนโดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวโฟนิกส์ควบคู่กับการใช้กิจกรรมเกมมิฟิเคชัน ประชากร คือ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนบ้านดอนโพสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาสุพรรณบุรี เขต 1 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2568 กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนบ้านดอนโพ สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาสุพรรณบุรี เขต 1 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2568 จำนวน 1 ห้องเรียน จำนวนนักเรียน 23 คน โดยวิธีการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling) เครื่องมือวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนววิธีสอนแบบโฟนิกส์ควบคู่กับการใช้กิจกรรมเกมมิฟิเคชัน และ แบบทดสอบเรื่องการอ่านและการเขียนคำที่ประสมด้วยสระประสม สถิติวิจัยที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ค่าเฉลี่ย $(\bar{x})$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และ เปรียบเทียบคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนโดยใช้ t-test แบบ dependent จากผลการวิจัย พบว่า คะแนนความสามารถการอ่านและการเขียนคำพื้นฐานของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 โดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวโฟนิกส์ควบคู่กับการใช้กิจกรรมเกมมิฟิเคชัน หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ .05 ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานการวิจัยที่ตั้งไว้

คำสำคัญ: โฟนิกส์ เกมมิฟิเคชัน ภาษาไทย ความสามารถในการอ่านและการเขียน ประถมศึกษา

Abstract

The objectives of this research are: 1) to study of Thai language learning management based on the phonics approach combined with the use of gamification activities on the ability to read and write basic words of first-grade students. 2) To compare the reading and writing abilities of first-grade students in basic words before and after learning with phonics-based instruction combined with gamification activities. The population consisted of first-grade students at Ban Don Pho School, under the Suphan Buri Primary Educational Service Area Office 1, during the second semester of the 2025 academic year. The sample group consisted of 23 first-grade students from one classroom at Ban Don Pho School, under the Suphan Buri Primary Educational Service Area Office 1, during the second semester of the 2025 academic year. The sample was obtained using purposive sampling. The research tools included A lesson plan based on the phonics method, combined with gamification activities and tests on reading and writing words with diphthongs. tests. Relevant statistical methods included the mean ($\overline{x}$), standard deviation (S.D.), and a dependent t-test comparing pre-test and post-test scores. The research findings showed that the scores on basic reading and writing abilities of first-grade students, after learning using the phonics approach combined with gamification activities, were significantly higher than before learning ($p < .05$), which is consistent with the research hypothesis.

Keywords: Phonics, Gamification, Thai Language, Reading and Writing Abilities, Elementary Educatio

บทนำ

ภาษาไทยเป็นเครื่องมือในการติดต่อสื่อสารเพื่อสร้างความเข้าใจและความสัมพันธ์ที่ดีต่อ กัน ทำให้คนในชาติสามารถดำรงชีวิตร่วมกันในสังคมประชาธิปไตยได้อย่างสันติสุข เป็นเครื่องมือในการแสวงหาความรู้ ประสบการณ์จากแหล่งข้อมูลสารสนเทศต่าง ๆ เพื่อพัฒนาความรู้ กระบวนการคิดวิเคราะห์ วิจารณ์ และสร้างสรรค์ ให้ทันต่อการเปลี่ยนแปลงทางสังคมและความก้าวหน้าของวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี รวมถึงนำไปใช้ในการพัฒนาอาชีพให้มีความมั่นคงทางเศรษฐกิจ ซึ่งภาษาไทยเป็นทักษะที่ต้องฝึกฝนจนเกิดความชำนาญในการใช้ภาษาเพื่อการสื่อสาร การเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพและเพื่อนำไปใช้ในชีวิตจริง (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551, หน้า 37)

การอ่านเป็นหนึ่งในทักษะพื้นฐานทางภาษาไทยที่สำคัญที่ผู้เรียนทุกคนต้องได้รับการพัฒนา และฝึกฝน (เทียมใจ พิมพ์วงค์, 2561, หน้า 1) ได้พูดถึงความสำคัญของการอ่านว่าเป็นทักษะที่สำคัญอย่างยิ่ง ในการสื่อสารเพื่อสร้างความเข้าใจ การแสวงหาข้อมูลต่าง ๆ เป็นเครื่องมือในการศึกษาหาความรู้ เพื่อพัฒนาผู้เรียนให้ได้เรียนรู้อย่างยั่งยืน ทั้งนี้ปัญหาการอ่านและการเขียนภาษาไทยของนักเรียนไทยและนักเรียนต่างด้าว โดยพบว่าข้อผิดพลาดในการอ่านและเขียนพยัญชนะไทยนั้น นักเรียนมีการสับสนเสียงอักษรสูง-อักษรต่ำ การสับสนพยัญชนะเสียงเดียวกันแต่ต่างรูปกัน การสับสนพยัญชนะที่มีรูปคล้ายกัน ไม่มีความแม่นยำในการออกเสียงหรือเคยชินกับการออกเสียงผิด ๆ ส่วนข้อผิดพลาดในการอ่านและเขียนสระไทยนั้น มักพบการสับสนระหว่างเสียงสั้น-เสียงยาว ความสับสนเสียงที่มีรูปคล้ายกัน และสระที่เป็นปัญหาในการเขียนซึ่งส่งผลต่อการ

อ่าน คือสระประสม เนื่องจากรูปสระประสม มีส่วนประกอบของรูปสระหลายส่วน (รุ่งอรุณ โรจน์รัตนาดำรง ไชยศรี, 2561, หน้า 113)

วิธีการจัดการเรียนการสอนที่สามารถแก้ปัญหาหรือพัฒนาทักษะการอ่านคำภาษาไทย ตั้งแต่ระดับพื้นฐานนั้นมีหลากหลายวิธี ซึ่งวิธีการสอนแบบโฟนิกส์เป็นเทคนิคที่ช่วยพัฒนาทักษะการอ่านและการเขียนของนักเรียน โดยการเรียนรู้เสียงของภาษาและนำความรู้เรื่องนี้ไปใช้ในการถอดรหัส (Jones & Deterding, 2007, p. 1-4) เป็นวิธีสำคัญในการฝึกฝนกลไกการอ่านให้เชี่ยวชาญ (William, 2006, p. 1) และเป็นการแสดงความสัมพันธ์ในการถอดรหัสการเรียนรู้เพื่อนำไปสู่การอ่านและเขียนสะกดคำเข้าใจความหมายของคำ และสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับเนื้อหาการอ่านได้หลากหลาย อันเป็นพื้นฐานการเรียนภาษาที่สำคัญและนำไปสู่การพัฒนาในการอ่านขั้นสูง (รุ่งอรุณ โรจน์รัตนาดำรง ไชยศรี, 2561, หน้า 9) วิธีการสอนแบบโฟนิกส์จึงเป็นวิธีการหนึ่งที่เหมาะสมสำหรับการสอนเพื่อพัฒนาทักษะ การอ่านออกเสียงและการเขียนสะกดคำของนักเรียนในระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 เพราะเป็นการสอนอ่านคำ ตั้งแต่ระดับพื้นฐานที่สุด คือ การทำความรู้จักเสียงตัวอักษรแล้วจึงต่อยอดเป็นการประสมเป็นคำต่าง ๆ

กลไกของเกมมิฟิเคชัน ไม่ว่าจะเป็น การให้คะแนน , การมอบเหรียญตรา , หรือการจัดอันดับ ล้วนมีจุดมุ่งหมายเชิงจิตวิทยาที่ลึกซึ้ง คือ การใช้ประโยชน์จากความปรารถนาโดยธรรมชาติของมนุษย์ในการเล่น การแข่งขัน และการได้รับรางวัลเพื่อเปลี่ยนกิจกรรมการฝึกซ้ำ ๆ ที่น่าเบื่อให้กลายเป็นความท้าทายที่น่าสนุกสนานและมีเป้าหมายที่ชัดเจนดังที่ Kapp (2012) ได้อธิบายไว้ว่า องค์ประกอบของเกมช่วยสร้างแรงจูงใจภายใน โดยที่ผู้เรียนรู้สึกเป็นเจ้าของการเรียนรู้ของตนเอง เมื่อนักเรียนเข้าร่วมกิจกรรมเกมมิฟิเคชัน พวกเขาจะได้รับคำติชมที่รวดเร็ว เกี่ยวกับความถูกต้องในการอ่านและการประสมคำ ทำให้พวกเขาสามารถแก้ไขข้อผิดพลาดได้ทันทีและรับรู้ถึงความก้าวหน้าของตนเองอย่างต่อเนื่อง ความตื่นเต้นในการได้รับคะแนนหรือการเลื่อนระดับจะกระตุ้นให้เด็ก ๆ เต็มใจที่จะฝึกฝนทักษะการถอดรหัสตามแนวโฟนิกส์ซ้ำ ๆ โดยไม่รู้สึกว่าถูกบังคับ ซึ่งเป็นการเร่งให้เกิดความคล่องแคล่วในการอ่านได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด การผสานสององค์ประกอบนี้จึงเป็นนวัตกรรมการสอนที่ครบถ้วนรอบด้าน ตอบโจทย์ทั้งหลักการสอนที่ถูกต้อง และ การกระตุ้นพฤติกรรมที่จำเป็นต่อการเรียนรู้ของเด็กชั้นประถมศึกษาอย่างลงตัว

จากปัญหาดังกล่าว จึงสนใจจะพัฒนาความสามารถในการอ่านและเขียนคำพื้นฐานของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 โดยการจัดการเรียนรู้ตามแนววิธีการสอนแบบโฟนิกส์ควบคู่กับการใช้กิจกรรมเกมมิฟิเคชัน

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ภาษาไทยตามแนวโฟนิกส์ควบคู่กับการใช้กิจกรรมเกมมิฟิเคชันต่อความสามารถในการอ่านและเขียนคำพื้นฐานของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1
2. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการอ่านและเขียนคำพื้นฐานของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ระหว่างก่อนและหลังเรียนโดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวโฟนิกส์ควบคู่กับการใช้กิจกรรมเกมมิฟิเคชัน

สมมุติฐานของการวิจัย

การพัฒนาความสามารถในการอ่านและเขียนคำของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 โดยการจัดการเรียนรู้ตามแนววิธีการสอนแบบโฟนิกส์ควบคู่กับการใช้กิจกรรมเกมแบบมิฟิเคชัน หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

วิธีดำเนินการวิจัย

กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนบ้านดอนโพ สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา เขต 1 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2568 จำนวน 1 ห้องเรียน จำนวนนักเรียน 23 คน ได้มาโดยวิธีการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) โดยมี ตัวแปรต้น คือ การจัดการเรียนรู้ภาษาไทยตามแนววิธีการสอนแบบโฟนิกส์ควบคู่กับการใช้กิจกรรมเกมมิฟิเคชัน และ ตัวแปรตาม คือ ความสามารถในการอ่านคำ และ เขียนคำพื้นฐานของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยและการหาคุณภาพ

1. แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนววิธีสอนแบบโฟนิกส์ควบคู่กับการใช้กิจกรรมเกมมิฟิเคชัน เรื่อง การอ่านและการเขียน สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 4 แผน ดังนี้ แผนที่ 1 คำที่ผสมด้วยสระ "เอะ", แผนที่ 2 คำที่ผสมด้วยสระ "แอะ", แผนที่ 3 คำที่ผสมด้วยสระ "เอีย" และ แผนที่ 4 คำที่ผสมด้วยสระ "อัว"

2. แบบทดสอบ เรื่อง การอ่านและการเขียนคำที่ประสมด้วยสระประสม เป็นแบบปรนัยจำนวน 10 ข้อ และแบบอัตนัย จำนวน 10 ข้อ ใช้ทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน ผ่านการผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ที่มีความเชี่ยวชาญด้านการสอนภาษาไทย ด้านการวัดและประเมินผลการศึกษา ตรวจสอบความตรงตาม เนื้อหาความสอดคล้องของ แบบทดสอบกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้ เพื่อหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC)

การดำเนินการวิจัย

1. ขั้นก่อนการจัดการเรียนรู้ ก่อนการจัดการเรียนรู้ ได้ทดสอบความรู้ของกลุ่ม ตัวอย่างก่อนการจัดการเรียนรู้ (Pretest) โดยการใช้แบบทดสอบความสามารถการอ่านและการเขียน เรื่อง การอ่านและเขียน จำนวน 20 ข้อ

2. ขั้นจัดการเรียนรู้ ดำเนินการจัดการเรียนรู้ด้วยตนเองควบคู่กับการใช้แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนววิธีสอนแบบโฟนิกส์ควบคู่กับการใช้กิจกรรมเกมมิฟิเคชัน เรื่อง การอ่านและการเขียน เริ่มทดลองในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2568 ทดลองสัปดาห์ละ 4 ชั่วโมง เป็นระยะเวลา 2 สัปดาห์ โดยมีขั้นตอนดังนี้

2.1 ขั้นเตรียม ชี้แจงจุดประสงค์การเรียนรู้ และอธิบายรูปแบบการเรียนรู้ ตามแนววิธีสอนแบบโฟนิกส์ควบคู่กับการใช้กิจกรรมเกมมิฟิเคชันเรื่อง การอ่านและการเขียนสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1

2.2 ขั้นจัดการเรียนรู้ จัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนววิธีสอนแบบโฟนิกส์ควบคู่กับการใช้กิจกรรมเกมมิฟิเคชั่น สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1

3. ขั้นหลังการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยดำเนินการทดสอบหลังเรียนโดยใช้แบบทดสอบความสามารถการอ่านและการเขียน เรื่อง การอ่านและการเขียน จำนวน 20 ข้อ แล้วจึงตรวจให้คะแนน นำคะแนนที่รวบรวมได้ไปหาค่าทางสถิติ โดยนำคะแนนที่ได้จากการทดสอบก่อนเรียนมาเปรียบเทียบความแตกต่างกับคะแนนทดสอบหลังเรียน โดยหาค่าเฉลี่ย $(\bar{x})$ และ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน **(S.D.)** รวมถึงการเปรียบเทียบคะแนนก่อนเรียนกับคะแนนทดสอบหลังเรียน โดยใช้สถิติ t-test แบบ dependent

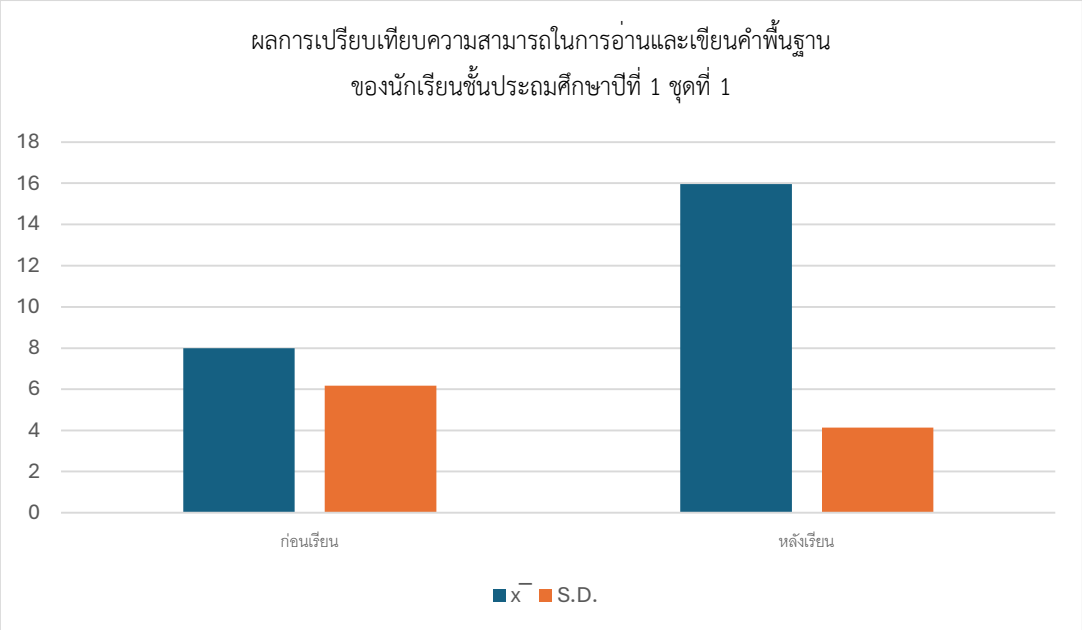
ผลการวิจัย

ตอนที่ 1 ผลการศึกษาการจัดการเรียนรู้ภาษาไทยตามแนวโฟนิกส์ควบคู่กับการใช้กิจกรรมเกมมิฟิเคชันต่อความสามารถในการอ่านและเขียนคำพื้นฐานของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ก่อนและหลังเรียน ชุดที่ 1 ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงผลการเปรียบเทียบความสามารถในการอ่านและเขียนคำพื้นฐานของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ชุดที่ 1 ระหว่างก่อนและหลังเรียน โดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวโฟนิกส์ควบคู่กับการใช้กิจกรรมเกมมิฟิเคชั่น

การทดสอบ	N	คะแนนเต็ม	$\bar{x}$	S.D.	t	df	Sig
ก่อนเรียน	23	20	8.00	6.17	10.22	22	0.00
หลังเรียน	23	20	15.96	4.14			

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05



รูปที่ 1 แสดงผลการเปรียบเทียบความสามารถในการอ่านและเขียนคำพื้นฐานของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ชุดที่ 1

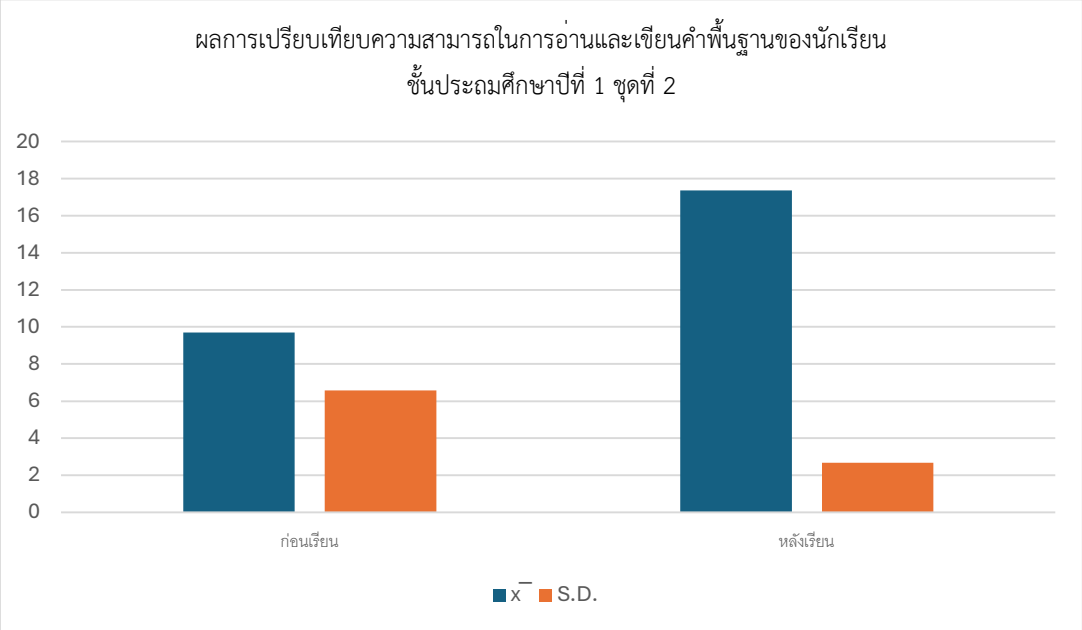
จากตารางที่ 1 พบว่า คะแนนความสามารถการอ่านและการเขียนคำพื้นฐานของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 โดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวโฟนิกส์ควบคู่กับการใช้กิจกรรมเกมมิฟิเคชัน หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ .05 ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานการวิจัยที่ตั้งไว้ โดยค่าเฉลี่ยนของคะแนนความสามารถการอ่านและการเขียนคำพื้นฐานของนักเรียนหลังเรียนมีค่าเฉลี่ย $(\bar{x})$ เท่ากับ 15.96 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 4.14 ซึ่งสูงกว่าค่าเฉลี่ยของคะแนนความสามารถการอ่านคำของนักเรียนก่อนเรียน ซึ่งมีค่าเฉลี่ย $(\bar{x})$ เท่ากับ 8.00 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 6.17

ตอนที่ 2 ผลการศึกษาการจัดการเรียนรู้ภาษาไทยตามแนวโฟนิกส์ควบคู่กับการใช้กิจกรรมเกมมิฟิเคชันต่อความสามารถในการอ่านและเขียนคำพื้นฐานของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ก่อนและหลังเรียน ชุดที่ 2 ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงผลการเปรียบเทียบความสามารถในการอ่านและเขียนคำพื้นฐานของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ชุดที่ 2 ระหว่างก่อนและหลังเรียนโดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวโฟนิกส์ควบคู่กับการใช้กิจกรรมเกมมิฟิเคชัน

การทดสอบ	N	คะแนนเต็ม	$\bar{x}$	S.D.	t	df	Sig
ก่อนเรียน	23	20	9.69	6.58	8.18	22	0.00
หลังเรียน	23	20	17.35	2.66			

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05



รูปที่ 2 แสดงผลการเปรียบเทียบความสามารถในการอ่านและเขียนคำพื้นฐานของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ชุดที่ 2

จากตารางที่ 2 พบว่า คะแนนความสามารถการอ่านและการเขียนคำพื้นฐานของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 โดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวโฟนิกส์ควบคู่กับการใช้กิจกรรมเกมมิฟิเคชั่น หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ .05 ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานการวิจัยที่ตั้งไว้ โดยค่าเฉลี่ยนของคะแนนความสามารถการอ่านและการเขียนคำพื้นฐานของนักเรียนหลังเรียนมีค่าเฉลี่ย $(\bar{x})$ เท่ากับ 17.35 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน **(S.D.)** เท่ากับ 2.66 ซึ่งสูงกว่าค่าเฉลี่ยของคะแนนความสามารถการอ่านและการเขียนคำพื้นฐานของนักเรียนก่อนเรียน ซึ่งมีค่าเฉลี่ย $(\bar{x})$ เท่ากับ 9.69 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน **(S.D.)** เท่ากับ 6.58

การอภิปรายผล

จากการวิจัย เรื่อง การพัฒนาการจัดการเรียนรู้ภาษาไทยตามแนวโฟนิกส์ควบคู่กับการใช้กิจกรรมเกมมิฟิเคชั่นเพื่อส่งเสริมความสามารถในการอ่านและการเขียนของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 สามารถอภิปรายผลตามประเด็นสำคัญ ได้ดังนี้

1. พัฒนาการความสามารถในการอ่านและเขียนคำพื้นฐาน ผลการวิจัย พบว่า คะแนนเฉลี่ยหลังเรียนของนักเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทั้งในชุดที่ 1 คะแนนเพิ่มจาก 8.00 เป็น 15.96 และชุดที่ 2 คะแนนเพิ่มจาก 9.69 เป็น 17.35 แสดงให้เห็นว่ารูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นสามารถแก้ปัญหาการอ่านไม่ออกและเขียนไม่ได้อย่างเป็นรูปธรรมเหตุผลสำคัญคือการจัดการเรียนรู้ตามแนวโฟนิกส์ช่วยให้นักเรียน ป.1 ก้าวข้ามข้อจำกัดของการเรียนแบบเดิมที่เน้นการท่องจำรูปคำ (Whole Word) มาเป็นการเข้าใจ "ถอดรหัสเสียง" (Decoding) โดยเริ่มจากการรู้จักเสียงพยัญชนะและสระ เอะ แอะ เอีย อัว อย่างแม่นยำ เมื่อนักเรียนเข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างสัญลักษณ์ตัวอักษรและเสียง ทำให้นักเรียนสามารถประสมคำได้ด้วยตนเองอย่างเป็นระบบ สอดคล้องกับงานวิจัยของปรียาพร พนาผดุงธรรม (2565) ที่พบว่า การใช้แนวการสอนโฟนิกส์ร่วมกับแบบฝึกที่มีการจัดลำดับเนื้อหาจากง่ายไปยาก ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนมีพื้นฐานการอ่านที่เข้มแข็งและยั่งยืน

2. บทบาทของขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน ความสำเร็จของงานวิจัยนี้เกิดจากการวางขั้นตอนการสอนอย่างมีกลวิธี โดยเฉพาะในขั้นที่ 1 และ 2 ที่เน้นการเรียนรู้เสียงและการฝึกประสมเสียง ทำให้นักเรียนเห็นโครงสร้างของคำชัดเจนขึ้น และใน ขั้นที่ 3 และ 4 ที่เน้นการอ่านและเขียนควบคู่ไปกับการฝึกทบทวนซ้ำช่วยเปลี่ยนทักษะจากความจำระยะสั้นเป็นความจำระยะยาวซึ่งจุดนี้สอดคล้องกับธรรมชาติของนักเรียนชั้น ป.1 ที่ต้องการการย้ำเตือนและการฝึกฝนสม่ำเสมอ การที่คัดเลือกคำพื้นฐานจากบัญชีคำของกระทรวงศึกษาธิการและหนังสือเรียนภาษาพาทีมาใช้ ทำให้นักเรียนรู้สึกว่าสิ่งที่เรียนมีความใกล้ตัวและสามารถนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้จริง ส่งผลให้คะแนนในชุดที่ 2 สูงกว่าชุดที่ 1 เนื่องจากนักเรียนเริ่มมีความชำนาญในการประสมเสียงมากขึ้น ตามลำดับ สอดคล้องกับงานวิจัยของวัทนพร บุญชู (2567) ที่พบว่า กิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้แนวคิดเพลินร่วมกับเกมมิฟิเคชันเพื่อส่งเสริมมโนทัศน์เรื่องการอ่านสะกดคำและแรงจูงใจในการเรียนสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 มีขั้นตอนที่ใช้การเล่นเพื่อค้นหาความรู้และความเข้าใจแล้วสรุปเป็นองค์ความรู้

3. การเสริมสร้างแรงจูงใจด้วยกิจกรรมเกมมิฟิเคชัน ประเด็นที่น่าสนใจ คือ การนำกิจกรรมเกมมิฟิเคชัน มาใช้ในขั้นที่ 5 ของการสอน ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้งานวิจัยนี้มีความโดดเด่น การจัดการเรียนรู้สำหรับนักเรียน ป.1 หากเน้นเฉพาะการสะกดคำในแบบฝึกหัดอาจทำให้นักเรียนเกิดความเบื่อหน่าย แต่การนำองค์ประกอบของเกม เช่น การสะสมแต้ม การแข่งขัน หรือการพิชิตภารกิจมาใช้ ช่วยสร้างบรรยากาศการเรียนรู้ที่สนุกสนาน ทำให้นักเรียนไม่รู้สึกว่ากำลังถูกทดสอบ แต่เป็นการ "ท้าทาย" ความสามารถของตนเอง ส่งผลให้นักเรียนมีความกล้าในการออกเสียงและเขียนคำมากขึ้น ลดความกลัวในการสะกดผิด นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับหลักจิตวิทยาการเรียนรู้ที่ว่า ความพึงพอใจและอารมณ์เชิงบวกมีส่วนช่วยให้สมองเปิดรับการเรียนรู้ได้ดีที่สุด คะแนนหลังเรียนที่พุ่งสูงขึ้นจึงไม่ใช่เพียงผลจากการฝึกทักษะ แต่เป็นผลจากการที่นักเรียนมีส่วนร่วมกับบทเรียนอย่างเต็มที่ผ่านกระบวนการเกมที่ผู้วิจัยออกแบบไว้ สอดคล้องกับงานวิจัยของสุภัทรา ลดเอี่ยม (2565) ในการศึกษาแรงจูงใจในการอ่านของนักเรียนชั้นประถมศึกษาตอนปลายหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการสอนแบบแจกลูกสะกดคำร่วมกับเกมมิฟิเคชัน พบว่า นักเรียนมีแรงจูงใจภาพรวมอยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ย 3.78 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.43 มีแรงจูงใจภายในต่อกิจกรรมการสอนแบบแจกลูกสะกดคำ ร่วมกับเกมมิฟิเคชันอยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ย 3.75 ส่วนเบี่ยงเบน

มาตรฐาน 0.47 และแรงจูงใจภายนอกอยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ย 3.81 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.61 สรุปคือ นักเรียนได้รับแรงจูงใจในระดับมาก โดยได้รับแรงจูงใจภายนอกมากกว่าแรงจูงใจภายใน

โดยภาพรวม มีข้อเสนอแนะการนำไปใช้ ดังนี้ 1) ให้ความสำคัญกับขั้นเรียนรู้เสียงพยัญชนะและสระให้แม่นยำก่อนเริ่มการประสมคำ เพราะเป็นรากฐานสำคัญของวิธีสอนแบบโฟนิกส์ 2) การนำกิจกรรมเกมมิฟิเคชั่นมาใช้ในการทบทวนบทเรียนเป็นระยะ เพื่อรักษาระดับความสนใจและความคงทนในการเรียนรู้ของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 1

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณอาจารย์นิเทศ ได้แก่ ดร.นวลศรี สงสม ที่ให้คำแนะนำและสนับสนุนการดำเนินงานวิจัยเป็นอย่างดีตลอดจนขอขอบพระคุณครูพี่เลี้ยง ผู้บริหาร คณะครู และบุคลากรโรงเรียนบ้านบ้านดอนโพ รวมถึงนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ที่ให้ความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลและเป็นกลุ่มตัวอย่างในการทำวิจัย และขอขอบคุณทุกภาคส่วนที่มีส่วนสนับสนุนให้งานวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551. กรุงเทพฯ: กระทรวงศึกษาธิการ.

ปรียาพร พนาผดุงธรรม. (2565). การพัฒนาความสามารถการอ่านออกเสียงคำของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 โดยการจัดการเรียนรู้ตามแนววิธีสอนแบบโฟนิกส์ร่วมกับการใช้แบบฝึกการอ่าน. [วิทยานิพนธ์ปริญญา มหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยนเรศวร].

เทียมใจ พิมพ์วงค์ และสุกฤษฎ์ วงแวงน้อย. (2561). แบบฝึกทักษะ อ่าน เขียน เรียนเร็ว เล่มที่ 1. นนทบุรี: บริษัท สามดี ออลล์ จำกัด.

รุ่งอรุณ โรจน์รัตนาดำรง ไชยศรี. (2561). การศึกษาปัญหาการเรียนอ่านเขียนของนักเรียนไทยและ นักเรียนต่างด้าว และการแก้ปัญหาด้วยแบบเรียนที่พัฒนาตามแนววิธีสอนแบบโฟนิกส์,รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.

วัทนพร บุญชู .(2567). การพัฒนากิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้แนวคิดเพลินร่วมกับเกมมิฟิเคชันเพื่อส่งเสริมมโนทัศน์เรื่องการอ่านสะกดคำและแรงจูงใจในการเรียนสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1. [วิทยานิพนธ์ ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยศิลปากร]. คลังปัญญา มหาวิทยาลัยศิลปากร.

สุภัทรา สดเอี่ยม. (2565). การพัฒนาทักษะการอ่านและแรงจูงใจในการอ่านของนักเรียนชั้นประถมศึกษาตอนปลายด้วยวิธีการสอนแบบแจกลูกสะกดคำร่วมกับเกมมิฟิเคชัน. [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์]. คลังปัญญา มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์.

Jones, S.A. & Deterding, D. (2007). Phonics and Beginning Reading A Practical Guide for Teachers in Southeast Asia. (1 st ed) .Singapore: The McGraw-Hill Companies.

Kapp, K. M. (2012). The gamification of learning and instruction: Game-based methods and strategies for training and education. John Wiley & Sons.

ผลของการจัดกิจกรรมการเสริมแรงทางบวกที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง โจทย์ปัญหาการคูณ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

Effects of positive reinforcement activities on mathematics learning achievement regarding multiplication word problems among grade 6 students

สุดารัตน์ ตันเส้ง[1] วราภรณ์ วัฒนเขจร[1*] และมณชัย เดชสังกรานนท์[2]

Sudarat Tanseng[1], Waraporn Wattanakhachon[1*] and Monchai Dechsangkranont[2]

[1]คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต วิทยาเขตสุพรรณบุรี
Education Program in Elementary Education, faculty of Education, Suan dusit University, Suphanburi campus
[2]หลักสูตรอุสาหกรรมชีวภาพเพื่อธุรกิจ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต กรุงเทพมหานคร
Bioindustry for Business Program Faculty of Science and Technology Suan Dusit University, Bangkok
[*]Corresponding Author E-mail Address : wwattana89@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) หาค่าประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การเสริมแรงทางบวกเรื่องโจทย์ปัญหาการคูณ ตามเกณฑ์มาตรฐาน E1/E2 ที่ระดับ 80/80 2) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยการจัดกิจกรรมการเสริมแรงทางบวก และ 3) ศึกษาค่าดัชนีประสิทธิผลหรือขนาดอิทธิพล (Effect Size) ของการจัดกิจกรรมการเสริมแรงทางบวกที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ด้านทักษะการแก้ปัญหา ในการวิเคราะห์โจทย์และความถูกต้องในการคำนวณ เรื่องโจทย์ปัญหาการคูณ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 เพื่อตรวจสอบนัยสำคัญเชิงปฏิบัติ (Practical Significance) ขอบเขตการวิจัยดำเนินการในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2568 กลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้คือนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนบ้านดอนโพ จังหวัดสุพรรณบุรี ซึ่งเป็นการวิจัยเชิงสำมะโน (Census) จากประชากรทั้งหมดจำนวน 23 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องโจทย์ปัญหาการคูณร่วมกับการเสริมแรงทางบวก และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ด้านทักษะการแก้ปัญหา สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลประกอบด้วย สถิติพารามิเตอร์เชิงบรรยาย (ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของประชากร) สถิติตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นเรื่องการแจกแจงแบบปกติด้วย Shapiro-Wilk test สถิติทดสอบสมมติฐานเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย ของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ด้วย Dependent Samples t-test และการวิเคราะห์ดัชนีประสิทธิผลหรือขนาดอิทธิพลของโคเฮน (Cohen's d)

ผลการวิจัยพบว่า

1. ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องโจทย์ปัญหาการคูณร่วมกับการเสริมแรงทางบวก มีค่าประสิทธิภาพเท่ากับ 81.50/83.20 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน 80/80 ที่กำหนดไว้เป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 1

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง โจทย์ปัญหาการคูณ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (p = .000)

3. ค่าดัชนีประสิทธิผลหรือขนาดอิทธิพล (Cohen's d) ของการจัดกิจกรรมการเสริมแรงทางบวกมีขนาดอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ด้านทักษะการแก้ปัญหา เรื่อง โจทย์ปัญหาการคูณ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 มีภาพรวมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอยู่ในระดับมาก (d > 0.80) ซึ่งยืนยันนัยสำคัญเชิงปฏิบัติ (Practical Significance) และยอมรับสมมติฐานข้อที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญ

คำสำคัญ: การเสริมแรงทางบวก ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ โจทย์ปัญหาการคูณ ขนาดอิทธิพล นัยสำคัญเชิงปฏิบัติ

Abstract

The objectives of this research were threefold: 1) to determine the efficiency of a learning activity set on multiplication word problems integrated with positive reinforcement based on the standardized criterion (E1/E2) of 80/80; 2) to compare students' mathematical learning achievement before and after the implementation of positive reinforcement activities; and 3) to investigate the effect size of positive reinforcement activities on students' mathematical problem-solving skills—specifically in word problem analysis and calculation accuracy—to verify practical significance. Bounded within the second semester of the 2025 academic year, the scope of this study targeted Grade 6 students at Ban Don Pho School. A census method was utilized, encompassing the entire population of 23 students. The research instruments consisted of mathematical lesson plans, the learning activity set on multiplication word problems with positive reinforcement, and a mathematical learning achievement test. Data were analyzed using descriptive parametric statistics (population mean and population standard deviation), the Shapiro-Wilk test for the normality assumption, the Dependent Samples t-test for mean difference hypothesis testing, and Cohen's d index for effect size analysis.

The research findings revealed that:

1. The developed learning activity set integrated with positive reinforcement yielded an overall efficiency of 81.50/83.20, which surpassed the specified 80/80 standard threshold, thereby validating the first research hypothesis.

2. The mathematical learning achievement regarding multiplication word problems among the Grade 6 students after the intervention was significantly higher than that before the intervention at the .05 statistical significance level (p = .000).

3. The Cohen's d effect size index of the positive reinforcement activities on Grade 6 students' mathematical problem-solving skills regarding multiplication word problems revealed a large effect level (d > 0.80) on their overall learning achievement. This explicitly confirms the practical significance of the pedagogical innovation, supporting the second research hypothesis."

Keywords: Positive Reinforcement, Mathematical Learning Achievement, Multiplication Word Problems, Effect Size, Practical Significance

บทนำ

คณิตศาสตร์เป็นเครื่องมือสำคัญในการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ ความคิดอย่างมีเหตุผล และทักษะการแก้ปัญหาอันเป็นสมรรถนะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 อย่างไรก็ตาม จากหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) มุ่งเน้นให้นักเรียนสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตจริง แต่จากการจัดการเรียนรู้ที่ผ่านมาพบว่าเนื้อหาเรื่อง "โจทย์ปัญหาการคูณ" ในระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 เป็นจุดที่นักเรียนประสบความยากลำบากมากที่สุด สอดคล้องกับแนวคิดของ สิริพร ทิพย์คง (2545) ที่ระบุว่า การแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ไม่ได้อาศัยเพียงทักษะการคำนวณขั้นพื้นฐานเท่านั้น แต่ยังต้องอาศัยทักษะความเข้าใจทางภาษา การคิดวิเคราะห์พฤติกรรมของโจทย์ และการแปลงภาษาโจทย์ให้อยู่ในรูปของประโยคสัญลักษณ์ ความซับซ้อนในขั้นตอนนี้มักส่งผลให้นักเรียนเกิดความวิตกกังวล มีเจตคติเชิงลบต่อวิชาคณิตศาสตร์ และส่งผลกระทบต่อเนื่องทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (Learning achievement) ของผู้เรียนต่ำกว่าเกณฑ์ที่คาดหวัง (อัมพร ม้าคะนอง, 2554)

จากการศึกษาสภาพปัญหาในชั้นเรียนของโรงเรียนบ้านดอนโพ พบว่า นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 มักขาดความมั่นใจเมื่อเผชิญกับโจทย์ปัญหาการคูณที่มีหลายขั้นตอน ปัญหานี้ส่วนหนึ่งเกิดจากการที่ผู้เรียนขาดแรงจูงใจและมักจะล้มเลิกความพยายามเมื่อคำนวณผิดพลาด ในทางจิตวิทยาการศึกษา แนวคิดการจัดการเรียนรู้โดยใช้การเสริมแรงทางบวก (Positive reinforcement) ตามทฤษฎีการวางเงื่อนไขแบบผลกรรม (Operant conditioning theory) ของ สกินเนอร์ (Skinner, 1953) ถือเป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพสูงในการปรับเปลี่ยนและคงพฤติกรรมเรียนรู้ของผู้เรียน โดยการให้ตัวเสริมแรงที่เหมาะสม เช่น การเสริมแรงทางสังคม (Social reinforcement) ผ่านคำชมเชยชื่นชม หรือการให้แรงเสริมที่เป็นสัญลักษณ์ผ่านระบบเศรษฐกิจแบบใช้เบี้ยตราสาร (Token economy) เช่น การสะสมคะแนนพฤติกรรมเชิงบวก เมื่อผู้เรียนแสดงพฤติกรรมพึงประสงค์ในขั้นการวิเคราะห์โจทย์ จะช่วยลดความวิตกกังวล กระตุ้นความกระตือรือร้น และส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดความรู้สึกประสบความสำเร็จในการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (สุวร วัฒนพงษ์ศิริ, 2557) เมื่อเจาะลึกในระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ซึ่งเป็นช่วงชั้นสูงสุดของการศึกษาภาคบังคับตอนต้น เนื้อหาเรื่องโจทย์ปัญหาการคูณในปัจจุบันไม่ได้เป็นเพียงการคูณตัวเลขในมิติเดียวอีกต่อไป แต่เปลี่ยนรูปแบบไปสู่โจทย์ปัญหาที่มีความซับซ้อนหลายขั้นตอน (Multi-step word problems) และโจทย์ปัญหาเชิงตรรกะประยุกต์ ซึ่งจากการวิเคราะห์พฤติกรรมการเรียนรู้จริงในชั้นเรียนปัจจุบัน พบความบกพร่องย่อยเชิงลึก 2 มิติหลักที่มีความสัมพันธ์กันอย่างใกล้ชิด คือ ความบกพร่องด้านทักษะการวิเคราะห์โจทย์ปัญหาการคูณ (Multiplication word problem-solving analysis skill): เกิดจากภาวะไม่สามารถคัดแยกสารสนเทศเนื่องจากโจทย์ปัญหามีบริบทชีวิตจริงที่ค่อนข้างยาว ทำให้นักเรียนแยกแยะไม่ได้ว่าข้อมูลใดคือส่วนที่โจทย์กำหนดและส่วนใดคือส่วนเกิน รวมถึงความล้มเหลวในการแปลความหมายคำสำคัญเนื่องจากนักเรียนจดจำคำสำคัญโดยไม่เข้าใจบริบทความสัมพันธ์เชิงทวีคูณ ส่งผลให้เลือกเขียนประโยคสัญลักษณ์ (Number sentence; NS) ผิดพลาดทันที และความบกพร่องด้านความถูกต้องในการคำนวณ (Calculation accuracy): นักเรียนมักมีความผิดพลาดในระบบฐานสิบและการทดเลขเมื่อต้องคูณตัวเลขหลายหลักหรือทศนิยม เกิดภาวะความล้าของสมองส่วนคิดเนื่องจากขั้นตอนการคูณที่ยาว ส่งผลให้ความถูกต้องในการคำนวณลดลงและขาดการตรวจสอบความสมเหตุสมผลของคำตอบ

จากสภาพปัญหาเชิงลึกในชั้นเรียนของโรงเรียนบ้านดอนโพ พบว่า นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 มักขาดความมั่นใจเมื่อเผชิญกับโจทย์ปัญหาการคูณหลายขั้นตอน ปัญหานี้ส่วนหนึ่งเกิดจากการที่ผู้เรียนขาดแรงจูงใจและล้มเลิกความพยายามเมื่อคำนวณผิดพลาด ในทางจิตวิทยาการศึกษา แนวคิดการจัดการเรียนรู้โดยใช้การเสริมแรงทางบวก (Positive reinforcement) ตามทฤษฎีการวางเงื่อนไขแบบผลกรรม (Operant conditioning theory) ของ สกินเนอร์ (Skinner, 1953) ถือเป็นเครื่องมือ

ที่มีประสิทธิภาพสูงในการปรับเปลี่ยนและคงพฤติกรรมเรียนรู้ของผู้เรียน โดยการให้ตัวเสริมแรงที่เหมาะสม เช่น การเสริมแรงทางสังคม (Social reinforcement) ผ่านคำชมเชยชื่นชม หรือการให้แรงเสริมที่เป็นสัญลักษณ์ผ่านระบบเศรษฐกิจแบบใช้เบี้ยตราสาร (Token economy) เช่น การสะสมคะแนนพฤติกรรมเชิงบวก เมื่อผู้เรียนแสดงพฤติกรรมพึงประสงค์ในขั้นการวิเคราะห์โจทย์จะช่วยลดความวิตกกังวลคณิตศาสตร์ (Mathematics anxiety) กระตุ้นความกระตือรือร้น และส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดความรู้สึกประสบความสำเร็จในการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (สุวร วัฒนพงษ์ศิริ, 2557)

ผู้วิจัยจึงได้พัฒนา "ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องโจทย์ปัญหาการคูณร่วมกับการเสริมแรงทางบวก" ขึ้น เพื่อเป็นสื่อและกระบวนการที่เอื้อให้นักเรียนได้ฝึกฝนตามลำดับขั้นจากง่ายไปยาก พร้อมรับการกระตุ้นด้วยแรงเสริมทางบวกในทุกระยะของการเรียน ยิ่งไปกว่านั้น เนื่องจากประชากรนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ของโรงเรียนบ้านดอนโพ ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2568 มีจำนวนจำกัดเพียง 23 คน ผู้วิจัยจึงดำเนินงานวิจัยในลักษณะ (Census) โดยศึกษาจากประชากรทั้งหมดและยกระดับวิชาการวิจัยให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้นด้วยการศึกษาค่าขนาดอิทธิพล (Effect size) ตามแนวคิดของ โคเฮน (Cohen, 1988) ซึ่งเป็นการวิเคราะห์เพื่อยืนยันพลังและคุณค่าของนวัตกรรมในการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมเรียนรู้และการแก้โจทย์ปัญหาได้อย่างแท้จริงในเชิงนัยสำคัญเชิงปฏิบัติ (Practical significance) นอกเหนือจากการพิจารณาเพียงนัยสำคัญทางสถิติที่มักมีข้อจำกัดเมื่อศึกษาในกลุ่มประชากรขนาดเล็ก

จากเหตุผลและความจำเป็นดังกล่าว ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาผลของการจัดกิจกรรมการเสริมแรงทางบวกที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง โจทย์ปัญหาการคูณ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนบ้านดอนโพ ทั้งในมิติของประสิทธิภาพนวัตกรรม การเปรียบเทียบผลลัพธ์คะแนนพัฒนาการ และการวิเคราะห์ขนาดอิทธิพลเชิงประจักษ์ เพื่อเป็นแนวทางสำหรับครูผู้สอนในการประยุกต์ใช้จิตวิทยาเชิงบวกยกระดับคุณภาพการศึกษาคณิตศาสตร์ต่อไป

แนวคิดทฤษฎี

ทฤษฎีการเสริมแรง (Reinforcement Theory) หรือการวางเงื่อนไขแบบการกระทำ (Operant Conditioning) ของ Skinner (1953, 1954) เป็นแนวคิดทางพฤติกรรมศาสตร์ที่เน้นว่า พฤติกรรมของบุคคลสามารถควบคุม ปรับเปลี่ยน หรือคงสภาพไว้ได้โดยการจัดการผลกรรม (Consequences) ที่เกิดขึ้นหลังการแสดงพฤติกรรมนั้น ๆ เมื่อนำมาประยุกต์ใช้เป็นกรอบแนวคิดเชิงปฏิบัติการ (Operational Framework) ในการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โดยเฉพาะเนื้อหาที่มีความซับซ้อนอย่างโจทย์ปัญหาการคูณของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ผู้วิจัยสามารถนำองค์ประกอบสำคัญมาจัดทำโครงสร้างเนื้อหาในบทที่ 2 และออกแบบกิจกรรมในแผนการจัดการเรียนรู้ได้ 2 ส่วนหลัก ดังนี้

1. โครงสร้างพื้นฐานของทฤษฎี (The ABC Model)

Skinner (1953) อธิบายว่าพฤติกรรมของมนุษย์ไม่ได้เกิดขึ้นลอย ๆ แต่ถูกควบคุมด้วยเงื่อนไข 3 ส่วนที่ต่อเนื่องสัมพันธ์กัน เรียกว่า "ABC Model" ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Niu et al. (2022) ที่ระบุว่าการจัดสภาพแวดล้อมที่เกื้อหนุนและมีโครงสร้างที่ชัดเจนในชั้นเรียนคณิตศาสตร์ จะส่งผลโดยตรงต่อพฤติกรรมการกำกับตนเองและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียน ในการทดลองเรื่องโจทย์ปัญหาการคูณของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ผู้วิจัยได้กำหนดพฤติกรรมเชิงปฏิบัติการตามแบบจำลอง ABC ไว้ดังนี้

A - Antecedent (สิ่งเร้าหรือสิ่งนำก่อน): หมายถึง สถานการณ์ เงื่อนไข หรือโจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ที่ครูป้อนให้แก่ผู้เรียน ซึ่งในระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โจทย์ปัญหาการคูณมักมีความซับซ้อนเชิงภาษา (Linguistic Difficulties) และ

ต้องคิดวิเคราะห์หลายขั้นตอน (Ekeh, 2023; ณัฐพงษ์ เจริญสุข และ พรทิพย์ ศิริสมบูรณ์เวช, 2024) ตัวอย่างสิ่งเร้าในการทดลอง เช่น "การนำเสนอโจทย์ปัญหาการคูณ 2 ขั้นตอนที่มีสถานการณ์จำลองในชีวิตประจำวันบนกระดาน"

B - Behavior (พฤติกรรมเป้าหมายที่พึงประสงค์): หมายถึง พฤติกรรมการเรียนรู้เชิงพฤติกรรมคณิตศาสตร์ที่ครูต้องการให้เด็กแสดงออกเมื่อเผชิญหน้ากับสิ่งเร้า ซึ่งกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาที่สมบูรณ์นั้นประกอบด้วยทักษะการแปลความหมายและการคำนวณ (Peña, 2022; อัมพร ม้าคนอง, 2557) ตัวอย่างพฤติกรรมเป้าหมายในการทดลอง เช่น "นักเรียนเขียนประโยคสัญลักษณ์แยกแยะสิ่งที่โจทย์กำหนดได้อย่างถูกต้อง" หรือ "นักเรียนแสดงวิธีทำและคำนวณผลลัพธ์ของการคูณได้ถูกต้อง"

C - Consequence (ผลที่ตามมา): หมายถึง สิ่งที่เกิดขึ้นทันทีหลังจากที่นักเรียนได้แสดงพฤติกรรมเป้าหมาย (Behavior) ออกมา ซึ่งในงานวิจัยนี้คือ "การเสริมแรงทางบวก (Positive Reinforcement)" ที่ครูผู้สอนจัดเตรียมไว้อย่างเป็นระบบ เพื่อเพิ่มความถี่และทำให้นักเรียนเกิดความพยายามที่จะทำพฤติกรรมการแก้โจทย์ปัญหาซ้ำอีกเมื่อเจอสิ่งเร้าในอนาคต (Maurilus, 2018)

2. ประเภทของตัวเสริมแรงทางบวกที่เหมาะสมกับเด็กประถมศึกษา (Types of Positive Reinforcers)

ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อแก้โจทย์ปัญหาการคูณ ผู้วิจัยจำเป็นต้องจำแนกและสลับสับเปลี่ยนตัวเสริมแรงออกเป็นหลายมิติ เพื่อป้องกันไม่ให้ผู้เรียนเกิดความอิ่มตัวหรือเบื่อหน่ายต่อตัวเสริมแรง (Satiation) และช่วยลดความวิตกกังวลในการเรียนคณิตศาสตร์ (Math Anxiety) ซึ่งส่งผลให้คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น (Edo et al., 2024; สุวรวัฒน พงษ์ศิริ, 2557) โดยตัวเสริมแรงทางบวกที่นำมาประยุกต์ใช้ในการทดลอง มีดังนี้

2.1 ตัวเสริมแรงทางสังคม (Social Reinforcers)

เป็นตัวเสริมแรงที่ลงทุนน้อยแต่ทรงพลังอย่างยิ่งสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 เนื่องจากเป็นวัยที่เริ่มให้ความสำคัญกับการยอมรับจากครูและกลุ่มเพื่อน (กัลยา แสงสว่าง และ ธีรศักดิ์ อุปไมยอธิชัย, 2565) ตัวอย่างในการทดลอง : การที่ครูยิ้มให้ การพยักหน้ายอมรับ การกล่าวคำชมเชยที่เฉพาะเจาะจงกับพฤติกรรม (Descriptive Praise) เช่น "ครูชอบมากที่คุณครูเห็นหนูเขียนแยกสิ่งที่โจทย์กำหนดและสิ่งที่โจทย์ถามได้ชัดเจนและเป็นระเบียบแบบนี้" หรือการให้เพื่อน ๆ ปรบมือชื่นชมพร้อมกันทั้งชั้นเรียนเมื่อตัวแทนกลุ่มแสดงวิธีคิดโจทย์ปัญหาการคูณได้สำเร็จ

2.2 ตัวเสริมแรงที่เป็นเครื่องหมายหรือสัญลักษณ์ (Token Reinforcers / Token Economy)

ระบบเศรษฐกิจแบบเบี้ยตราสารเป็นเครื่องมือควบคุมและกระตุ้นพฤติกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่มีประสิทธิภาพสูง ช่วยเปลี่ยนพฤติกรรมที่ไม่พึงประสงค์ให้เป็นพฤติกรรมเชิงบวก และช่วยเพิ่มความคงทนในการเรียนรู้เนื้อหาโจทย์ปัญหา (เบญจมาศ มั่นคง, 2568) ตัวอย่างในการทดลอง: การแจก "การ์ดนักคิดคณิตศาสตร์" หรือ "สติกเกอร์ดาว" ทันทีที่นักเรียนทำแบบฝึกหัดโจทย์ปัญหาการคูณเสร็จสิ้นและถูกต้องในแต่ละข้อ โดยแต้มสะสมเหล่านั้นสามารถนำมารวบรวมเพื่อแลกเปลี่ยนเป็นสิทธิพิเศษตามข้อตกลงร่วมกันในชั้นเรียน เช่น สิทธิ์ในการเลือกที่นั่งเรียน สิทธิ์ในการเป็นผู้นำกลุ่มในการทำกิจกรรม หรือของรางวัลเสริมการเรียนรู้ชิ้นเล็ก ๆ

2.3 ตัวเสริมแรงที่เป็นกิจกรรม (Activity Reinforcers)

การนำกิจกรรมที่นักเรียนมีความสนใจสูงมาเป็นตัวเงื่อนไขหรือตัวเสริมแรงหลังจากที่นักเรียนได้ทำกิจกรรมการคิดคำนวณที่ยากเสร็จสิ้น ตามกฎของพรีแมค (Premack Principle) ซึ่งแนวทางนี้ได้รับการสนับสนุนจาก จีรวรรณ สีแตง (2566) ว่าการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่สอดแทรกกิจกรรมที่ผู้เรียนสนใจร่วมกับการเสริมแรงทางบวก จะช่วยเพิ่มความกระตือรือร้นและเจตคติที่ดีต่อการเรียนคณิตศาสตร์ ตัวอย่างในการทดลอง: ครูผู้สอนกำหนดเงื่อนไขและข้อตกลงร่วมกับนักเรียนว่า "ถ้าพวกเราช่วยกันวิเคราะห์และเขียนประโยคสัญลักษณ์จากโจทย์ปัญหาการคูณข้อนี้ได้ถูกต้องและเสร็จสิ้นภายใน

เวลา 10 นาที ครูจะมีเกมคณิตศาสตร์ออนไลน์ (เช่น Kahoot หรือ Quizizz) สนุก ๆ ให้พวกเราได้เล่นร่วมกันท้ายคาบเรียน เป็นเวลา 5 นาที"

ขอบเขตของการวิจัย

1. ขอบเขตด้านเนื้อหา

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ตามหลักสูตรแกนกลางศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ในหน่วยการเรียนรู้เรื่อง โจทย์ปัญหาการคูณ โดยนำมาจัดกิจกรรมการเรียนรู้ผ่านสื่อนวัตกรรม คือ ชุดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การเสริมแรงทางบวกเรื่องโจทย์ปัญหาการคูณ

2. ขอบเขตด้านประชากรหรือกลุ่มเป้าหมาย

เนื่องจากงานวิจัยชิ้นนี้ทำการศึกษาจากประชากรทั้งหมดที่มีจำนวนจำกัด ผู้วิจัยจึงกำหนดขอบเขตโดยใช้แนวทางการศึกษาแบบสำมะโน (Census) ซึ่งแบ่งการอธิบายออกเป็น: ประชากรที่ใช้ในการวิจัย: นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนบ้านดอนโพ ตำบลสนามชัย จังหวัดสุพรรณบุรี ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2568 จำนวน 1 ห้องเรียนรวมทั้งสิ้น 23 คน

กลุ่มเป้าหมาย นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนบ้านดอนโพ จำนวน 23 คน ซึ่งเป็นประชากรทั้งหมดที่ผู้วิจัยเลือกศึกษาแบบจำเพาะเจาะจง (Purposive Selection) โดยไม่มีการเลือกหรือสุ่มกลุ่มตัวอย่าง (Sample) ซ้ำอีก

3. ขอบเขตด้านระยะเวลา

ระยะเวลาที่ใช้ในการดำเนินงานวิจัยและเก็บรวบรวมข้อมูล ดำเนินการในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2568 เป็นเวลา 6 สัปดาห์ (สัปดาห์ละ.1..คาบ รวมทั้งสิ้น..6. คาบ) ซึ่งระยะเวลานี้รวมขั้นตอนการทดสอบก่อนเรียน (Pre-test) การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมควบคู่กับการเสริมแรงทางบวก และการทดสอบหลังเรียน (Post-test) เป็นที่เรียบร้อยแล้ว

4. ขอบเขตด้านตัวแปรที่ศึกษา

ตัวแปรต้น (Independent Variable)

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องโจทย์ปัญหาการคูณ โดยใช้กิจกรรมการเสริมแรงทางบวก

ตัวแปรตาม (Dependent Variables)

1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง โจทย์ปัญหาการคูณ

2. ดัชนีประสิทธิผลหรือขนาดอิทธิพล (Effect Size) ด้านทักษะการวิเคราะห์โจทย์ปัญหาการคูณและความถูกต้องในการคำนวณ

เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

1. เครื่องมือที่ใช้จัดกิจกรรมการเรียนรู้ (Experimental Instruments) เป็นเครื่องมือที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเพื่อใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนกับกลุ่มเป้าหมายมีดังนี้

1.1 แผนการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ที่เน้นการเสริมแรงทางบวก เรื่องโจทย์ปัญหาการคูณ จำนวน 2 แผนรวมใช้ทำกิจกรรมทั้งหมด 8 ชั่วโมง

1.2 ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องโจทย์ปัญหาการคูณร่วมกับการเสริมแรงทางบวก ซึ่งเป็นนวัตกรรมที่จะนำมาหาประสิทธิภาพ E1/E2

2. เครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูลและการประเมินผล (Data Collection Instruments) เป็นเครื่องมือที่ใช้เพื่อวัดตัวแปรตาม ได้แก่ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ แบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ ที่วัดทักษะการแก้ปัญหา ซึ่งใช้สำหรับทดสอบก่อนเรียน Pre-test และหลังเรียน Post-test เพื่อนำไปคำนวณค่า t-test และ Effect Size

ขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ขั้นเตรียมการ

แจ้งวัตถุประสงค์การเรียนรู้ ข้อตกลงในชั้นเรียน และสร้างความคุ้นเคยกับการให้แรงเสริมทางบวก ช่น การสะสมการ์ดชมเชย หรือแต้มรางวัล

2. ขั้นก่อนทดลอง (Pre-test)

ทำการทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง โจทย์ปัญหาการคูณ แบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ กับกลุ่มตวอย่าง จำนวน 23 คน นำคะแนนไปบันทึกเป็นคะแนนก่อนเรียน

3. ขั้นดำเนินการทดลอง (Intervention)

ผู้วิจัยดำเนินกิจกรรมตามแผนการจัดการเรียนรู้และชุดกิจกรรมที่สร้างขึ้น ในระหว่างการจัดกิจกรรม ผู้วิจัยจะใช้การเสริมแรงทางบวกอย่างเป็นระบบเมื่อนักเรียนแสดงพฤติกรรมที่พึงประสงค์ วิเคราะห์โจทย์ถูกต้อง และการคำนวณหาคำตอบถูกต้อง พร้อมเก็บคะแนนจากแบบฝึกหัดระหว่างเรียนเพื่อคำนวณค่า E1 และตรวจแยกมิติตามเกณฑ์ Rubrics

4. ขั้นหลังทดลอง (Post-test)

เมื่อสิ้นสุดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทั้งหมด ทำการทดสอบหลังเรียนด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชุดเดิม (สลับข้อ/ตัวเลือก) เพื่อนำคะแนนไปคำนวณค่า E2 , ค่า t-test , และค่า Effect Size ตามจุดประสงค์ต่อไป

ผลการวิจัย

การนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลการวิจัยเชิงสำมะโน จากประชากรนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนบ้านดอนโพ จำนวน 23 คน ผู้วิจัยได้นำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแบ่งออกเป็น 3 ส่วน เพื่อสอดคล้องตามวัตถุประสงค์และสมมติฐานการวิจัย ดังนี้

ส่วนที่ 1 ผลการหาค่าประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องโจทย์ปัญหาการคูณโดยใช้การเสริมแรงทางบวก ตามเกณฑ์มาตรฐาน E1/E2 ที่ระดับ 80/80

ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์คะแนนที่ได้จากการทำแบบฝึกหัดทบทวนพฤติกรรมระหว่างเรียนวิชาคณิตศาสตร์ทุกชุดกิจกรรมรวมกันคิดเป็นประสิทธิภาพของกระบวนการ (E1) และคะแนนจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนคิดเป็นประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E2) รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงผลการหาค่าประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องโจทย์ปัญหาการคูณโดยใช้การเสริมแรงทางบวกตามเกณฑ์มาตรฐาน E1/E2 ที่ระดับ 80/80

รายการประเมิน	ผลการใช้กิจกรรมการเสริมแรงทางบวกกับเรียนรู้คณิตศาสตร์ เรื่องโจทย์ปัญหาการคูณ			
	คะแนนเต็ม	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละ (Efficiency)
ค่าประสิทธิภาพของกระบวนการ (E1)	40	32.60	1.84	81.50
ค่าประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E2)	30	24.96	1.62	83.20

จากตารางที่ 1 พบว่า ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องโจทย์ปัญหาการคูณร่วมกับการเสริมแรงทางบวก ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 มีค่าประสิทธิภาพของกระบวนการ (E1) เท่ากับ 81.50 และมีค่าประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E2) เท่ากับ 83.20 เมื่อพิจารณาในภาพรวมพบว่า ชุดกิจกรรมมีค่าประสิทธิภาพรวมเท่ากับ **81.50/83.20** ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน 80/80 ที่กำหนดไว้ เป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 1 ทุกประการ

ส่วนที่ 2 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยการจัดกิจกรรมการเสริมแรงทางบวก

ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบข้อตกลงเบื้องต้นสถิติพารามิเตอร์ด้วย Shapiro-Wilk test แล้วพบว่าคะแนนมีการแจกแจงเป็นโค้งปกติ ($p > .05$) จึงทำการเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง โจทย์ปัญหาการคูณ ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยสถิติ Dependent Samples t-test รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องโจทย์ปัญหาการคูณของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยการจัดกิจกรรมการเสริมแรงทางบวก

แบบทดสอบ	ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่องโจทย์ปัญหาการคูณ				
	คะแนนเต็ม	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าสถิติ t	ค่านัยสำคัญ (p-value)
ก่อนเรียน (Pre-test)	30	14.22	2.15	20.45*	.000
หลังเรียน (Post-test)	30	24.96	1.62		

จากตารางที่ 2 พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง โจทย์ปัญหาการคูณ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 หลังเรียนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 24.96 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.62 ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับก่อนเรียนที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 14.22 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 2.15 พบว่า คะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนของนักเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($t = 20.45$, $p = .000$)

ส่วนที่ 3 ผลการศึกษาค่าดัชนีขนาดอิทธิพล (Effect Size: Cohen's d) ของการจัดกิจกรรมการเสริมแรงทางบวกที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ด้านทักษะการแก้ปัญหา เรื่อง โจทย์ปัญหาการคูณ

ผู้วิจัยได้คำนวณค่าดัชนีประสิทธิผลหรือขนาดอิทธิพลของตัวแปรต้นตามแนวคิดของ Cohen's d เพื่อยืนยันนัยสำคัญเชิงปฏิบัติ (Practical Significance) ในการพัฒนาทักษะการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ ซึ่งประเมินผ่านเกณฑ์รูบริกแยกเป็น 2 ด้านหลัก คือ ด้านการวิเคราะห์โจทย์ และด้านการคำนวณผลลัพธ์ รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ดัชนีประสิทธิผลหรือขนาดอิทธิพล (Cohen's d) ของการจัดกิจกรรมการเสริมแรงทางบวกที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ด้านทักษะการแก้ปัญหา เรื่อง โจทย์ปัญหาการคูณ

ทักษะการแก้ปัญหา เรื่องโจทย์ปัญหาการคูณ ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6	ผลการวิเคราะห์ดัชนีประสิทธิผลหรือขนาดอิทธิพล (Cohen's d)			
	ค่าเฉลี่ยก่อนเรียน	ค่าเฉลี่ยหลังเรียน	ค่าดัชนีประสิทธิผล	ระดับขนาดอิทธิพล
1. ด้านการวิเคราะห์โจทย์	6.85	12.30	2.51	ระดับมาก
2. ด้านการคำนวณผลลัพธ์	7.37	12.66	2.43	ระดับมาก
ภาพรวมทักษะการแก้ปัญหา	14.22	24.96	2.88	ระดับมาก

จากตารางที่ 3 พบว่า ค่าดัชนีประสิทธิผลหรือขนาดอิทธิพล (Cohen's d) ของการจัดกิจกรรมการเสริมแรงทางบวกที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ด้านทักษะการแก้ปัญหา เรื่อง โจทย์ปัญหาการคูณ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 มีค่าเท่ากับ 2.51 ในด้านการวิเคราะห์โจทย์ และมีค่าเท่ากับ 2.43 ในด้านการคำนวณผลลัพธ์ โดยในภาพรวมของทักษะการแก้โจทย์ปัญหามีค่าดัชนีขนาดอิทธิพลรวมเท่ากับ 2.88 ซึ่งมีค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานขั้นต่ำของโคเฮน (ค่า d ตั้งแต่ 0.80) จึงสรุปได้ว่ามีค่าดัชนีประสิทธผลหรือขนาดอิทธิพลอยู่ใน ระดับมาก (Large Effect) ซึ่งเป็นการยืนยันนัยสำคัญเชิงปฏิบัติ (Practical Significance) และยอมรับสมมติฐานข้อที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญ

การอภิปรายผลการวิจัย

จากการดำเนินงานวิจัยเชิงสำมะโนเพื่อศึกษาผลของการจัดกิจกรรมการเสริมแรงทางบวกที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง โจทย์ปัญหาการคูณ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนบ้านดอนโพ ผู้วิจัยขอเสนอการอภิปรายผลในแง่มุมต่าง ๆ แยกตามประเด็นวัตถุประสงค์และสมมติฐาน ดังนี้

1 ค่าประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้การเสริมแรงทางบวก

จากการที่ชุดกิจกรรมการเรียนรู้มีประสิทธิภาพรวมเท่ากับ 81.50/83.20 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน 80/80 ที่กำหนดไว้ เป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 1 จากผลวิจัยสะท้อนให้เห็นว่า ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นมีคุณภาพเชิงระบบ (Systematic Quality) ข้อมูลคะแนนสะสมระหว่างเรียน (E1) และคะแนนทดสอบหลังเรียน (E2) มีความสอดคล้องกันและเกื้อหนุนกันอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากการออกแบบนวัตกรรมนี้ไม่ได้มุ่งเน้นเพียงแค่เนื้อหาคณิตศาสตร์ แต่มีการจัดวางลำดับขั้นตอนจากง่ายไปสู่ความซับซ้อนอย่างเป็นรูปธรรม การสร้างแบบฝึกหัดที่แบ่งเป็นขั้นตอนย่อย ๆ นี้ สอดคล้องกับแนวคิดของ สิริพร ทิพย์คง (2545) ที่ระบุว่า ชุดกิจกรรมคณิตศาสตร์ที่มีประสิทธิภาพต้องช่วยลดทอนความซับซ้อนของโจทย์

ปัญหา เพื่อให้ผู้เรียนค่อย ๆ เกิดความมั่นใจและพัฒนาทักษะการตีความเชิงภาษา นอกจากนี้ ผลวิจัยยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ สุวร วัฒนพงษ์ศิริ (2557) ที่พบว่า การใช้ชุดสื่อการสอนที่บูรณาการร่วมกับจิตวิทยาการเรียนรู้สามารถยกระดับประสิทธิภาพกระบวนการเรียนรู้ (E1) ให้สูงขึ้นกว่าเกณฑ์มาตรฐานได้อย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากผู้เรียนรู้สึกว่าภารกิจการเรียนรู้ไม่ยากจนเกินไปและสามารถทำสำเร็จได้ในเวลาที่กำหนด

2. การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่องโจทย์ปัญหาการคูณของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

ผลการเปรียบเทียบพบว่า คะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนของนักเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (p = .000) การที่นักเรียนทั้ง 23 คนมีผลสัมฤทธิ์ที่ก้าวกระโดดอย่างเด่นชัด อธิบายได้ว่า เกิดจากการปรับเปลี่ยนเจตคติและการลดความวิตกกังวลในการแก้โจทย์ปัญหา (Math Anxiety) โดยธรรมชาติของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนบ้านดอนโพ มักล้มเลิกความพยายามเมื่อเผชิญกับโจทย์ปัญหาหลายขั้นตอน แต่เมื่อผู้วิจัยนำ "การเสริมแรงทางบวก" (Positive Reinforcement) มาใช้เป็นเงื่อนไขในพฤติกรรมหลีกเลี่ยงความล้มเหลวของนักเรียนจึงถูกแทนที่ด้วยพฤติกรรมมุ่งสู่ความสำเร็จ

แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่สนับสนุนผลลัพธ์นี้เป็นสิ่งยืนยัน ทฤษฎีการวางเงื่อนไขแบบผล(Operant Conditioning Theory) ของ สกินเนอร์ (Skinner, 1953) ที่ระบุว่า พฤติกรรมใด ๆ ก็ตามที่ได้รับตัวเสริมแรงที่พึงปรารถนาหลังจากพฤติกรรมนั้นเกิดขึ้น พฤติกรรมดังกล่าวจะมีแนวโน้มความถี่เพิ่มขึ้นและคงอยู่ถาวร การที่ครูให้ตัวเสริมแรงทางสังคม (Social Reinforcement) เช่น คำชมเชย การปรบมือยอมรับจากกลุ่มเพื่อน และการเสริมแรงทางวัตถุผ่านระบบเศรษฐกิจแบบใช้เบี้ยตราสาร (Token Economy) เช่น การสะสมแต้มการ์ดดาว ย่อมทำให้นักเรียนเกิดแรงจูงใจภายใน สอดคล้องกับแนวคิดของ อัมพร ม้าคนอง (2554) ที่ชี้ว่า พัฒนาการทางคณิตศาสตร์จะเกิดขึ้นได้อย่างมีประสิทธิภาพเมื่อผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์เชิงบวกกับบริบทชั้นเรียนและรู้สึกถึงความสำเร็จในระยะสั้น

3. ค่าดัชนีประสิทธิผลหรือขนาดอิทธิพล (Cohen's d) ที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ด้านทักษะการแก้ปัญหา เรื่องโจทย์ปัญหาการคูณและนัยสำคัญเชิงปฏิบัติ

ผลการศึกษาพบว่า ค่าดัชนีขนาดอิทธิพล (Cohen's d) ต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ด้านทักษะการแก้ปัญหาเรื่องโจทย์ปัญหาการคูณ มีค่าสูงถึง **2.88** ซึ่งจัดอยู่ใน **ระดับมาก (Large Effect)** ทั้งในด้านการวิเคราะห์โจทย์ (d = 2.51) และด้านการคำนวณผลลัพธ์ (d = 2.43) เป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 2 วิเคราะห์ตามเกณฑ์รูบริก (Rubric Score) พบว่า ตัวแปรต้นมีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน คณิตศาสตร์ ด้านการวิเคราะห์โจทย์ สูงที่สุด (d = 2.51) แสดงให้เห็นว่าแรงเสริมเชิงบวกและการสะสมแต้มช่วยดึงดูดความสนใจของนักเรียนให้จดจ่อกับการอ่านโจทย์ จำแนกเงื่อนไข (สิ่งที่โจทย์กำหนด/สิ่งที่โจทย์ถาม) และแปลงเป็นประโยคสัญลักษณ์ได้อย่างละเอียดรอบคอบมากขึ้น ขณะที่ ด้านการคำนวณผลลัพธ์ (d = 2.43) ก็มีขนาดอิทธิพลสูงมากเช่นกัน เนื่องจากนักเรียนต้องการได้รับรางวัลและคำชม จึงเกิดความระมัดระวังในการคิดคำนวณเพื่อลดข้อผิดพลาดทางพีชคณิตเช่น ลืมตัวทด หรือใส่หน่วยนับผิด ค่าดัชนีที่สูงกว่า 0.80 ทุกมิตินี้ ยืนยันตามแนวคิดของ โคเฮน (Cohen, 1988) และ นงลักษณ์ วิรัชชัย (2555) ในเรื่องนัยสำคัญเชิงปฏิบัติ (Practical Significance) ว่านวัตกรรมนี้มีพลังในการเปลี่ยนแปลงผู้เรียนอย่างแท้จริงในเชิงพฤติกรรมศาสตร์ ไม่ได้เกิดขึ้นจากความบังเอิญทางสถิติหรือขนาดประชากรที่จำกัด ผลวิจัยนี้ยังสอดรับอย่างลงตัวกับงานวิจัยของ รัตนะ บัวสนธ์ (2562) ที่ระบุว่า การวัดและประเมินผลด้วยเกณฑ์แบบแยกส่วน (Analytic Rubric) จะช่วยให้ผู้สอนมองเห็นขนาดอิทธิพลของนวัตกรรมที่เข้าไปปรับพฤติกรรมย่อยของนักเรียนได้อย่างเป็นรูปธรรมและน่าเชื่อถือที่สุด

บทสรุป

ค่าประสิทธิภาพ(E1/E2) ของชุดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้การเสริมแรงทางบวกที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพสูงถึง 81.50/83.20 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน 80/80 ที่ตั้งไว้ ตัวกิจกรรมการส่งเสริมทางบวกมีคุณภาพเชิงระบบ โดยมีการเรียงลำดับเนื้อหาจากง่ายไปยากอย่างเป็นขั้นตอนย่อย ๆ ทำให้ผู้เรียนไม่รู้สึกว่ายากเกินไป ลดทอนความซับซ้อนของโจทย์ปัญหาลง ส่งผลให้คะแนนสะสมระหว่างเรียนและหลังเรียนมีความสอดคล้องกัน

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ คะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนของนักเรียน สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (p = .000) นักเรียนทั้ง 23 คนมีพัฒนาการแบบก้าวกระโดด เป็นไปตามทฤษฎีการวางเงื่อนไขของสกินเนอร์ (Skinner) การใช้ "การเสริมแรงทางบวก" ทั้งทางสังคม คำชม, การปรบมือ และทางวัตถุ ระบบสะสมแต้ม/การ์ดดาว หรือ Token Economy ช่วยเปลี่ยนพฤติกรรมของนักเรียน จากเดิมที่มักล้มเลิกเมื่อเจอโจทย์ยากและมีความวิตกกังวลสูง ($Math\ Anxiety$) กลายเป็นมีความมุ่งมั่นสู่ความสำเร็จแทน

ค่าดัชนีประสิทธิผลหรือขนาดอิทธิพลและนัยสำคัญเชิงปฏิบัติ (Effect Size)ที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ด้านทักษะการแก้ปัญหา เรื่องโจทย์ปัญหาการคูณและนัยสำคัญเชิงปฏิบัติ โดยค่าดัชนีประสิทธิผลขนาดอิทธิพล (Cohen's d) ในภาพรวมสูงถึง 2.88 ซึ่งอยู่ในระดับมาก (Large Effect) ในด้านการวิเคราะห์โจทย์: มีขนาดอิทธิพลสูงสุด (d = 2.51) แรงเสริมช่วยให้นักเรียนมีสมาธิในการแยกสิ่งที่โจทย์กำหนด/สิ่งที่โจทย์ถาม และเขียนประโยคสัญลักษณ์ได้ละเอียดรอบคอบขึ้น และด้านการคำนวณผลลัพธ์ มีขนาดอิทธิพลสูงมากเช่นกัน (d = 2.43) เนื่องจากนักเรียนต้องการรางวัลและคำชม จึงรอบคอบในการคิดเลขมากขึ้น ลดข้อผิดพลาด เช่น การลืมตัวทดลง ค่า d ที่สูงกว่า 0.80 เป็นหลักฐานยืนยันว่านวัตกรรมนี้มี "นัยสำคัญเชิงปฏิบัติ (Practical Significance)" หรือมีพลังในการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนได้จริงอย่างเป็นรูปธรรม ไม่ได้เกิดขึ้นจากความบังเอิญทางสถิติ

แนวทางการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์ (Research Implications)

เพื่อให้งานวิจัยชิ้นนี้เกิดคุณค่าเชิงปฏิบัติแก่ผู้อ่านและวงการวิชาการ ผู้วิจัยเสนอแนวทางการนำไปใช้ประโยชน์ดังนี้

1. **ด้านการจัดการเรียนการสอน (Instructional Application)** ครูผู้สอนวิชาคณิตศาสตร์ในระดับประถมศึกษาสามารถนำรูปแบบ "ชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์โดยใช้การเสริมแรงทางบวก" ไปปรับใช้เพื่อลดความวิตกกังวลในเนื้อหาที่ยาก เช่น โจทย์ปัญหาระคน หรือเศษส่วน โดยเน้นย้ำการให้แรงเสริมทางสังคม เช่น คำชม ควบคู่กับเบี้ยตราสาร เช่น แต้มสะสม ทันทีที่เด็กแสดงพฤติกรรมพยายามวิเคราะห์โจทย์

2. **ด้านการบริหารสถานศึกษาและนโยบาย (Educational Administration)** โรงเรียนควรส่งเสริมการจัดการเรียนรู้ที่อิงจิตวิทยาเชิงบวก (Positive Psychology) โดยสนับสนุนให้ครูสร้างระบบการให้รางวัลเชิงสร้างสรรค์ในชั้นเรียน เพื่อทดแทนการลงโทษหรือการกดดัน ซึ่งจะช่วยสร้างบรรยากาศการเรียนรู้ที่ปลอดภัยและยกระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในภาพรวมของสถานศึกษาได้อย่างยั่งยืน

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

1.1 ด้านการจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียน: จากผลการวิจัยที่พบว่าการเสริมแรงทางบวกส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการ

เรียนคณิตศาสตร์ ด้านทักษะการแก้ปัญหา ในการวิเคราะห์โจทย์ปัญหาในระดับมากที่สุด ครูผู้สอนวิชาคณิตศาสตร์ควรให้ความสำคัญกับการให้แรงเสริมทันทีที่ผู้เรียนสามารถจำแนกเงื่อนไขของโจทย์ได้ เช่น การระบุสิ่งที่โจทย์กำหนดและสิ่งที่โจทย์ถาม โดยไม่จำเป็นต้องรอให้คิดคำนวณเสร็จสิ้น เพื่อเป็นการสร้างความมั่นใจและลดความวิตกกังวลในการตีความเชิงภาษาของนักเรียน

1.2 ด้านการบริหารจัดการและบรรยากาศในชั้นเรียน: การประยุกต์ใช้ระบบเศรษฐกิจแบบใช้เบี้ยตราสาร (Token Economy) เช่น การสะสมแต้มการ์ดดาว หรือสติกเกอร์ ควรมีการตกลงเกณฑ์ที่ชัดเจนร่วมกับนักเรียนก่อนเริ่มกิจกรรม และควรเน้นย้ำการให้แรงเสริมทางสังคม (คำชมเชยและการปรบมือ) ควบคู่กันไป เพื่อป้องกันไม่ให้ผู้เรียนยึดติดกับรางวัลที่เป็นวัตถุมากเกินไป และเปลี่ยนไปสู่การมีแรงจูงใจภายใน (Intrinsic Motivation) ในระยะยาว

1.3 ด้านการออกแบบสื่อและแบบฝึกหัด: ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องโจทย์ปัญหาควรมีโครงสร้างที่แยกส่วนการประเมินตามเกณฑ์รูบริกอย่างชัดเจน เพื่อให้ครูผู้สอนสามารถวินิจฉัยข้อบกพร่องของผู้เรียนได้เป็นรายบุคคล ว่านักเรียนติดขัดในขั้นการวิเคราะห์โจทย์หรือขั้นการคำนวณพีชคณิต ซึ่งจะช่วยให้การช่วยเหลือและซ่อมเสริมเป็นไปอย่างตรงจุด

2. ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

2.1 การศึกษาในระยะยาว (Delayed Post-test) ควรมีการติดตามผลและทดสอบความคงทนในการเรียนรู้ (Retention Test) ของนักเรียนหลังจากสิ้นสุดกิจกรรมไปแล้ว 2–4 สัปดาห์ เพื่อตรวจสอบว่าการจัดกิจกรรมการเสริมแรงทางบวกสามารถพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาเรื่อง โจทย์ปัญหาการคูณ ของนักเรียนได้อย่างยั่งยืนเพียงใดเมื่อไม่มีตัวเสริมแรงในชั้นเรียน

2.2 การขยายขอบเขตและรูปแบบการวิจัย: เนื่องจากการวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงสำมะโนในโรงเรียนขนาดเล็กที่มีประชากรจำนวนจำกัด (N=23) การวิจัยครั้งต่อไปควรขยายขอบเขตการศึกษาไปยังโรงเรียนขนาดกลางหรือขนาดใหญ่ และปรับเปลี่ยนระเบียบวิธีวิจัยเป็นแบบกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม (Experimental and Control Group Design) เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพกับการจัดการเรียนรู้ในรูปแบบปกติให้เห็นความแตกต่างเชิงประจักษ์ที่ชัดเจนขึ้น

2.3 การศึกษาตัวแปรต้นเชิงพฤติกรรมศาสตร์อื่น ๆ ควรมีการศึกษาเนื้อหาคณิตศาสตร์ประเภทอื่นที่มีความซับซ้อนสูง เช่น โจทย์ปัญหาระคน หรือโจทย์ปัญหาเศษส่วน โดยบูรณาการร่วมกับการเสริมแรงรูปแบบอื่น หรือจิตวิทยาเชิงบวกในมิติที่กว้างขึ้น เพื่อสร้างแนวปฏิบัติที่ดี (Best Practice) ในการยกระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ระดับประถมศึกษาต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

รายงานการวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความกรุณาของ อาจารย์วราภรณ์ วัฒนเขจร อาจารย์นิเทศก์และอาจารย์ประจำหลักสูตรศึกษาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาการประถมศึกษา มหาวิทยาลัยสวนดุสิต วิทยาเขตสุพรรณบุรี เป็นอย่างสูง ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำ คำปรึกษา ความรู้และข้อเสนอแนะ ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความละเอียดเพื่อให้รายงานการวิจัยนี้มีความสมบูรณ์มากขึ้น ผู้วิจัยจึงขอกราบขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้ ขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์พรพิมล นามวงศ์ อาจารย์ประจำวิชาการปฏิบัติการสอนในสถานศึกษา 2 หลักสูตรวิชาการประถมศึกษา ปีที่ 4 มหาวิทยาลัยสวนดุสิต วิทยาเขตสุพรรณบุรี

ขอขอบคุณ ผู้บริหาร ครูและนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ในปีการศึกษา 2568 โรงเรียนบ้านดอนโพ ตำบลสนามชัย อำเภอเมืองสุพรรณบุรี จังหวัดสุพรรณบุรี จำนวน 24 คน ที่เป็นกลุ่มเป้าหมายในงานวิจัยนี้โดยให้ความร่วมมือในการจัดเก็บข้อมูลจนทำให้งานวิจัยดำเนินไปได้ด้วยดี

คุณค่าและประโยชน์ของรายงานการวิจัยฉบับนี้ ขอมอบแด่บิดามารดาและครูอาจารย์ทุกท่านที่ได้อบรมสั่งสอนให้ความรู้แก่ผู้วิจัยตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน

เอกสารอ้างอิง

กัลยา แสงสว่าง และธีรศักดิ์ อุปไมยอธิชัย. (2565). ผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการเสริมแรงทางบวกเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความพึงพอใจในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษา. วารสารวิชาการศึกษาศาสตร์. 23(2): 45-58.

จีรวรรณ สีแตง. (2566). การพัฒนาอัตลักษณ์ทางคณิตศาสตร์และความกระตือรือร้นในการเรียนรู้ของนักเรียนโดยใช้กระบวนการอภิปรายร่วมกับการเสริมแรงทางบวก [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต]. Graduate School มหาวิทยาลัยนเรศวร.

ชไมพร รังสิยานุพงศ์. (2556). การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน พฤติกรรมการทำงานกลุ่ม และเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โดยใช้การเรียนรู้แบบร่วมมือกันแบบ STAD ร่วมกับการเสริมแรงทางบวก [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต]. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร.

ณัฐพงษ์ เจริญสุข และพรทิพย์ ศิริสมบูรณ์เวช. (2567). การพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ เรื่อง การคูณและการหาร ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โดยใช้เทคนิคการวาดรูปบาร์โมเดลร่วมกับแรงจูงใจเชิงบวก. วารสารครุศาสตร์ปริทรรศน์. 11(1): 89-102.

ทิศนา แขมมณี. (2561). ศาสตร์การสอน: องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ (พิมพ์ครั้งที่ 22). สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

นาจนารี นพเก้า. (2560). การพัฒนาชุดการสอนวิชาคณิตศาสตร์ตามแนวทางทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์เรื่อง การบวก ลบ คูณ หารระคน สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 [สารนิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต]. มหาวิทยาลัยบูรพา.

นงลักษณ์ วิรัชชัย. (2555). สถิติชวนคิดและเทคนิคการใช้คอมพิวเตอร์วิเคราะห์ข้อมูล. ไอคอนพริ้นติ้ง.

เบญจมาศ มั่นคง. (2568). การศึกษาความคงทนในการเรียนรู้และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่องโจทย์ปัญหา ของนักเรียนระดับประถมศึกษาด้วยการปรับพฤติกรรมเชิงบวกในชั้นเรียน. วารสารวิจัยทางการศึกษา. 19(3): 112-126.

รัตนะ บัวสนธ์. (2562). วิธีวิทยาการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์ (พิมพ์ครั้งที่ 4). สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศิริชัย กาญจนวาสี. (2559). สถิติต่าง ๆ สำหรับการวิจัย (พิมพ์ครั้งที่ 7). โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สิริพร ทิพย์คง. (2545). หลักสูตรและการสอนคณิตศาสตร์. พัฒนาคุณภาพวิชาการ (พว.).

สุวร วัฒนพงษ์ศิริ. (2557). จิตวิทยาการศึกษาและการจัดการเรียนรู้. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยสวนดุสิต.

อัมพร ม้าคนอง. (2554). ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์: การพัฒนาเพื่อพัฒนาการ. ศูนย์ตำราและเอกสารทางวิชาการ คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อัมพร ม้าคนอง. (2557). ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์: การพัฒนาเพื่อพัฒนาการ (พิมพ์ครั้งที่ 2). ศูนย์ตำราและเอกสารทางวิชาการ คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

Cohen, J. (1988). Statistical power analysis for the behavioral sciences (2nd ed.). Lawrence Erlbaum Associates.

Edo, H., Vivian, M., Asare, B., & Arthur, Y. D. (2024). Pre-service teachers' mathematics achievement, attitude, and anxiety: The moderative role of pre-service teachers' interest in the learning process. Pedagogical Research, 9(2), em0192. https://doi.org/10.29333/pr/14192

Ekeh, M. C. (2023). Enhancing mathematics word problems for young learners using storytelling pedagogy. Journal for Educators, Teachers and Trainers. 14(4): 278-289.

Ekeh, M. C., & Onuike, P. C. (2025). Investigating the academic performance of math-phobic middle school students. Research in Educational Policy and Management. 7(1), 27-46: https://doi.org/10.46303/repam.2025.2

Maurilus, E. (2018). The effect of the establishment of reinforcement value for math on rate of learning for students [Doctoral dissertation, Columbia University].

Niu, W., Cheng, L., Duan, D., & Zhang, Q. (2022). Impact of perceived supportive learning environment on mathematical achievement: The mediating roles of autonomous self-regulation and creative thinking. Frontiers in Psychology, 12, Article 781594. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.781594

Peña, L. A. D. (2022). Intrinsic motivation as predictor of students' mathematics problem-solving performance. United International Journal for Research & Technology (UIJRT). 4(1): 67-75.

Razali, N. M., & Wah, Y. B. (2011). Power comparisons of Shapiro-Wilk, Kolmogorov-Smirnov, Lilliefors and Anderson-Darling tests. Journal of Statistical Modeling and Analytics. 2(1): 21-33.

Shapiro, S. S., & Wilk, M. B. (1965). An analysis of variance test for normality (complete samples). Biometrika. 52(3/4): 591-611.

Skinner, B. F. (1953). Science and human behavior. Macmillan.

Skinner, B. F. (1954). The science of learning and the art of teaching. Harvard Educational Review. 24(2): 86-97.

ความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อการให้บริการเพื่อสนับสนุนการเรียนรู้ของมหาวิทยาลัยสวนดุสิต ปีการศึกษา 2567

Student satisfaction toward learning support services of Suan Dusit University, academic year 2024

กิติยานภาลัย ภู่ตระกูล[1*] พิชญ์สินี พุทธิทวีศรี[2] กริชาพัสน์ ชื่นแสงจันทร์[1] และภันทิลา พรศรีเจริญกุล[1]

Kitiyanapalai Pootrakul[1*], Pichsinee Puttitaweesri[2], Kichaphas Chuensaengjan[1] and Pantila Pornsricharoenkul[1]

[1]สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยสวนดุสิต กรุงเทพมหานคร*

[1]Research and Development Institute, Suan Dusit University, Bangkok*

[2]คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต กรุงเทพมหานคร*

[2] Faculty of Management Science, Suan Dusit University, Bangkok

[*]Corresponding Author E-mail Address: kitiyanapalai_poo@dusit.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อการให้บริการเพื่อสนับสนุนการเรียนรู้ของมหาวิทยาลัยสวนดุสิต ปีการศึกษา 2567 โดยส่งแบบสอบถามแบบออนไลน์กับนักศึกษาทั้งหมดจำนวน 15,731 คน และมีนักศึกษาตอบกลับมาทั้งสิ้นจำนวน 8,860 คน คิดเป็นร้อยละ 56.32 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเป็นแบบสอบถามมีลักษณะเป็นมาตรประมาณค่า 5 ระดับ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติบรรยาย ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การวิจัยครั้งนี้ศึกษา 6 ด้าน ได้แก่ ด้านการบริการสถานที่ การบริการด้านงานทะเบียน การให้บริการด้านข้อมูลข่าวสารและทุนการศึกษา การให้บริการของศูนย์อาหาร การให้บริการด้านสุขภาพและการกีฬา และการให้บริการด้านแหล่งข้อมูลและเทคโนโลยีสารสนเทศ โดยภาพรวมนักศึกษามีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก (M = 4.46, SD = 0.79) เมื่อพิจารณาแต่ละด้านพบว่า ด้านการบริการด้านงานทะเบียนมีความพึงพอใจสูงสุด (M = 4.50, SD = 0.74) รองลงมา คือ ด้านการบริการสถานที่ (M = 4.48, SD = 0.80) ด้านการให้บริการด้านสุขภาพและการกีฬา และด้านการให้บริการด้านแหล่งข้อมูลและเทคโนโลยีสารสนเทศ (M = 4.46, SD = 0.78) และการให้บริการของศูนย์อาหาร (M = 4.41, SD = 0.82) ตามลำดับ โดยนักศึกษาสังกัดศูนย์การศึกษาหัวหิน มีความพึงพอใจมากที่สุด (M = 4.52, SD = 0.78) รองลงมา คือ นักศึกษาสังกัดศูนย์วิทยาศาสตร์ถนนสิรินธร มหาวิทยาลัยสวนดุสิต (M = 4.48, SD = 0.76) และนักศึกษาสังกัดวิทยาเขตสุพรรณบุรี (M = 4.37, SD = 0.86) ตามลำดับ

คำสำคัญ: ความพึงพอใจ การให้บริการ สนับสนุนการเรียนรู้ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต

Abstract

The purpose of this research was to examine students' satisfaction with the learning support services provided by Suan Dusit University during the 2024 academic year. Data were collected through an online questionnaire distributed to 15,731 students, of whom 8,860 responded, representing a response rate of 56.32%. The research instrument was a five-point Likert scale questionnaire. Data were analyzed using descriptive statistics, including percentage, mean, and standard deviation. The study investigated six dimensions of learning support services: physical facilities services, registration services, information and scholarship services, food center services, health and sports services, and information resources and information technology services. The findings revealed that students' overall satisfaction was at a high level (M = 4.46, SD = 0.79). Among the six dimensions, registration services received the highest level of satisfaction (M = 4.50, SD = 0.74), followed by physical facilities services (M = 4.48, SD = 0.80), health and sports services, and information resources and information technology services (M = 4.46, SD = 0.78), while food center services received the lowest mean score (M = 4.41, SD = 0.82). When considering students across different campuses, students from the Hua Hin Education Center reported the highest level of satisfaction (M = 4.52, SD = 0.78), followed by students from the Science Center, Sirindhorn Road Campus (M = 4.48, SD = 0.76), and students from the Suphan Buri Campus (M = 4.37, SD = 0.86), respectively.

Keywords: Student Satisfaction, Service Quality, Learning Support Services, Suan Dusit University

บทนำ

ในยุคของการเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยีและสังคมดิจิทัลอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะการเข้าสู่ยุคปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence) และการเรียนรู้แบบดิจิทัล (Digital Learning) สถาบันอุดมศึกษาจำเป็นต้องปรับรูปแบบการจัดการศึกษาให้มีประสิทธิภาพและตอบสนองต่อความต้องการของผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 การประกันคุณภาพการศึกษา (Quality Assurance) และระบบการประเมิน (Evaluation System) จึงมีบทบาทสำคัญในการขับเคลื่อนการพัฒนาองค์กรทางการศึกษาให้สามารถติดตาม ตรวจสอบ และปรับปรุงการดำเนินงานได้อย่างต่อเนื่อง (OECD, 2021)

ความพึงพอใจของนักศึกษา (Student Satisfaction) ถือเป็นตัวชี้วัดสำคัญที่สะท้อนคุณภาพของการจัดการศึกษาและประสบการณ์ของผู้เรียน (Student Experience) ซึ่งมีความสัมพันธ์กับคุณภาพการบริการ (Service Quality) และประสิทธิผลของสถาบันการศึกษา งานวิจัยในช่วงหลังชี้ให้เห็นว่า ความพึงพอใจของนักศึกษามีผลต่อทั้งผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความผูกพันต่อสถาบัน และการคงอยู่ของนักศึกษา (Student Retention) (Burt, 2015; Tan et al., 2022)

นอกจากนี้ การพัฒนาระบบการประเมินในสถาบันอุดมศึกษาจำเป็นต้องครอบคลุมมิติการให้บริการที่หลากหลาย ไม่ว่าจะเป็นสิ่งแวดล้อมทางกายภาพ การให้บริการด้านวิชาการ ระบบสารสนเทศ และสิ่งสนับสนุนการเรียนรู้ ซึ่งล้วนเป็นองค์ประกอบของระบบนิเวศการเรียนรู้ (Learning Ecosystem) ที่ส่งผลต่อประสบการณ์ของผู้เรียนโดยรวม (Bond et al., 2021) โดยเฉพาะในบริบทของมหาวิทยาลัยยุคใหม่ที่ต้องผสานการเรียนรู้แบบออนไลน์และออฟไลน์ (Hybrid Learning) อย่างมีประสิทธิภาพ

มหาวิทยาลัยสวนดุสิตในฐานะสถาบันอุดมศึกษาที่มุ่งเน้นการพัฒนาคุณภาพการจัดการศึกษาอย่างต่อเนื่อง ได้พัฒนาระบบการประเมินเพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการปรับปรุงการดำเนินงานในด้านต่าง ๆ อย่างเป็นระบบ อย่างไรก็ตาม การประเมินประสิทธิภาพของระบบดังกล่าวจำเป็นต้องอาศัยข้อมูลจากผู้มีส่วนได้ส่วนเสียหลัก คือ นักศึกษา เพื่อให้ได้ข้อมูลเชิงประจักษ์ที่สะท้อนประสบการณ์จริงและสามารถนำไปสู่การพัฒนาที่ตรงประเด็น ระบบการประเมินเพื่อพัฒนาประสิทธิภาพการจัดการศึกษามหาวิทยาลัยสวนดุสิต ประกอบด้วยข้อมูล 3 ส่วน ได้แก่ 1) รายงานข้อมูลพื้นฐาน ได้แก่ 1.1) รายงานผลข้อมูลพื้นฐานของนักศึกษา 1.2) จำนวนและร้อยละของผู้ตอบแบบสอบถามในภาพรวมจำแนกตามสังกัด และ 1.3) จำนวนและร้อยละของผู้ตอบแบบสอบถามในภาพรวมจำแนกตามสถานที่ตั้ง 2) รายงานค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ได้แก่ 2.1) ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของภาพรวมด้านการจัดการเรียนรู้และด้านการบริการเพื่อสนับสนุนการเรียนรู้ 2.2) ด้านการจัดการเรียนรู้และด้านการบริการเพื่อสนับสนุนการเรียนรู้จำแนกตามประเด็นคำถาม 2.3) ด้านการจัดการเรียนรู้และด้านการบริการเพื่อสนับสนุนการเรียนรู้จำแนกตามสังกัด และ 2.4) ด้านการจัดการเรียนรู้และด้านการบริการเพื่อสนับสนุนการเรียนรู้จำแนกตามสถานที่ตั้ง และ 3) รายงานข้อมูลลำดับคะแนนสูงสุดต่ำสุด ได้แก่ 3.1) ข้อมูลลำดับคะแนนสูงสุดแต่ละข้อจำแนกเป็นรายด้าน และ 3.2) ข้อมูลลำดับคะแนนต่ำสุดแต่ละข้อจำแนกเป็นรายด้าน

จากความสำคัญดังกล่าว การวิจัยครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อการให้บริการเพื่อสนับสนุนการเรียนรู้ของมหาวิทยาลัยสวนดุสิต ปีการศึกษา 2567 โดยนำเสนอผลการวิจัยในภาพรวมของมหาวิทยาลัยและนำเสนอจำแนกตามวิทยาเขต/ศูนย์การศึกษา โดยมุ่งเน้นการวิเคราะห์และนำเสนอระดับความพึงพอใจในมิติต่าง ๆ ของการให้บริการ ประกอบด้วย 6 ด้าน ได้แก่ ด้านการบริการสถานที่ การบริการด้านงานทะเบียน การให้บริการด้านข้อมูลข่าวสารและทุนการศึกษา การให้บริการของศูนย์อาหาร การให้บริการด้านสุขภาพและการกีฬา และการให้บริการด้านแหล่งข้อมูลและเทคโนโลยีสารสนเทศ เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการพัฒนาระบบการจัดการศึกษาให้มีคุณภาพ สอดคล้องกับความต้องการของผู้เรียน และสนับสนุนการพัฒนามหาวิทยาลัยอย่างยั่งยืนในอนาคต

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักศึกษาระดับปริญญาตรีของมหาวิทยาลัยสวนดุสิตทุกชั้นปี ในปีการศึกษา 2567 จำนวนทั้งสิ้น 15,731 คน โดยเก็บรวบรวมข้อมูลจากนักศึกษาที่ตอบแบบสอบถามผ่านระบบออนไลน์ (Online Questionnaire) ทางเว็บไซต์ https://e-assessment.dusit.ac.th ระหว่างช่วงเวลาที่กำหนด คือ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2567 เก็บรวบรวมข้อมูลช่วงปลายเดือนพฤศจิกายน 2567 และภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2567 เก็บรวบรวมข้อมูลช่วงปลายเดือนเมษายน 2568 ซึ่งมีผู้ตอบแบบสอบถามทั้งสิ้นจำนวน 8,860 คน คิดเป็นร้อยละ 56.32 ของประชากรทั้งหมด

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ แบบสอบถาม (Questionnaire) แบ่งออกเป็น 2 ตอน ได้แก่ ตอนที่ 1 ข้อมูลพื้นฐานทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม ตอนที่ 2 แบบสอบถามความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อการให้บริการเพื่อสนับสนุนการเรียนรู้ โดยครอบคลุมด้านการให้บริการเพื่อสนับสนุนการเรียนรู้ ซึ่งประกอบด้วย 6 ด้านย่อย ได้แก่ การบริการสถานที่ การบริการด้านงานทะเบียน การให้บริการด้านข้อมูลข่าวสารและทุนการศึกษา การให้บริการของศูนย์อาหาร การให้บริการด้านสุขภาพและการกีฬา และการให้บริการด้านแหล่งข้อมูลและเทคโนโลยีสารสนเทศ แบบสอบถามมีลักษณะเป็นมาตรประมาณค่า 5 ระดับ (Rating Scale) โดยกำหนดเกณฑ์การแปลความหมายของค่าเฉลี่ย ดังนี้ 4.21–5.00 ระดับความพึงพอใจมากที่สุด 3.41–4.20 ระดับ

ความพึงพอใจมาก 2.61–3.40 ระดับความพึงพอใจปานกลาง 1.81–2.60 ระดับความพึงพอใจน้อย 1.00–1.80 ระดับความพึงพอใจน้อยที่สุด

3. การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) ได้แก่ การแจกแจงความถี่ (Frequency) ค่าร้อยละ (Percentage) ค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) เพื่ออธิบายระดับความพึงพอใจของนักศึกษาในแต่ละด้าน

ผลการวิจัย

1. ความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อด้านการให้บริการเพื่อสนับสนุนการเรียนรู้ในภาพรวม

เมื่อพิจารณาในภาพรวม พบว่า นักศึกษามีความพึงพอใจต่อการให้บริการเพื่อสนับสนุนการเรียนรู้ในภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด (M = 4.46, SD = 0.79) เมื่อพิจารณารายด้าน พบว่า การบริการด้านงานทะเบียนมีค่าเฉลี่ยสูงสุด (M = 4.50, SD = 0.74) รองลงมา ได้แก่ การบริการสถานที่ (M = 4.48, SD = 0.80) การให้บริการด้านสุขภาพและการกีฬา และการให้บริการด้านแหล่งข้อมูลและเทคโนโลยีสารสนเทศ (M = 4.46, SD = 0.78) การให้บริการด้านข้อมูลข่าวสารและทุนการศึกษา (M = 4.42, SD = 0.82) และการให้บริการของศูนย์อาหารมีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุด (M = 4.41, SD = 0.82) ตามลำดับ รายละเอียดดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานความพึงพอใจต่อการให้บริการเพื่อสนับสนุนการเรียนรู้ในภาพรวม

ด้านการให้บริการเพื่อสนับสนุนการเรียนรู้	ปีการศึกษา 2567		
	Mean	SD	อันดับ
1. ด้านการบริการสถานที่	4.48	0.80	2
2. การบริการด้านงานทะเบียน	4.50	0.74	1
3. การให้บริการด้านข้อมูลข่าวสารและทุนการศึกษา	4.42	0.82	4
4. การให้บริการของศูนย์อาหาร	4.41	0.82	5
5. การให้บริการด้านสุขภาพและการกีฬา	4.46	0.78	3
6. การให้บริการด้านแหล่งข้อมูลและเทคโนโลยีสารสนเทศ	4.46	0.78	3
ภาพรวม	4.46	0.79	

1.1 ความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อการให้บริการเพื่อสนับสนุนการเรียนรู้

ผลการศึกษาความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อการให้บริการเพื่อสนับสนุนการเรียนรู้ พบว่า อยู่ในระดับมากที่สุด (M = 4.46, SD = 0.79) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน ได้แก่ ด้านการบริการสถานที่ การบริการด้านงานทะเบียน การให้บริการด้านข้อมูลข่าวสารและทุนการศึกษา การให้บริการของศูนย์อาหาร การให้บริการด้านสุขภาพและการกีฬา การให้บริการด้านแหล่งข้อมูลและเทคโนโลยีสารสนเทศ รายละเอียดดังนี้

1) ด้านการบริการสถานที่

นักศึกษามีความพึงพอใจด้านการบริการสถานที่อยู่ในระดับมากที่สุด (M = 4.48, SD = 0.80) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า นักศึกษามีความพึงพอใจต่อห้องเรียนมีความเหมาะสมกับจำนวนนักศึกษา (ขนาดห้องเรียน โต๊ะ เก้าอี้ที่

เพียงพอ) มากที่สุด (M = 4.53, SD = 0.76) รองลงมา คือ สภาพแวดล้อมห้องเรียนเอื้อต่อการเรียนการสอน (M = 4.50, SD = 0.77) ความสะดวกในการใช้สถานที่เพื่อจัดกิจกรรมของนักศึกษา (M = 4.49, SD = 0.77) และห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์มีความพอเพียงต่อการใช้งาน (M = 4.39, SD = 0.88) ตามลำดับ ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ความพึงพอใจของนักศึกษาด้านการบริการสถานที่

ด้านการบริการสถานที่	ปีการศึกษา 2567		
	Mean	SD	อันดับ
1. ห้องเรียนมีความเหมาะสมกับจำนวนนักศึกษา (ขนาดห้องเรียน โต๊ะ เก้าอี้ที่เพียงพอ)	4.53	0.76	1
2. ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์มีความพอเพียงต่อการใช้งาน	4.39	0.88	4
3. ความสะดวกในการใช้สถานที่เพื่อจัดกิจกรรมของนักศึกษา	4.49	0.77	3
4. สภาพแวดล้อมห้องเรียนเอื้อต่อการเรียนการสอน	4.50	0.77	2
ภาพรวม	4.48	0.80	

2) การบริการด้านงานทะเบียน

นักศึกษามีความพึงพอใจต่อการบริการด้านงานทะเบียนอยู่ในระดับมากที่สุด (M = 4.50, SD = 0.74) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า นักศึกษามีความพึงพอใจต่อความตั้งใจ และมิตรภาพในการให้บริการมากที่สุด (M = 4.53, SD = 0.73) รองลงมา คือ ความสะดวกในการลงทะเบียนการออกใบรับรองและเอกสารสำคัญทางการศึกษา (M = 4.50, SD = 0.73) ความเหมาะสมของระยะเวลาในการเปิดให้บริการขอรับใบรับรองและเอกสารสำคัญทางการศึกษา (M = 4.49, SD = 0.74) และความรวดเร็วในการให้บริการข้อมูลด้านงานทะเบียน (M = 4.47, SD = 0.76) ตามลำดับ รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ความพึงพอใจของนักศึกษาต่อการบริการด้านงานทะเบียน

การบริการด้านงานทะเบียน	ปีการศึกษา 2567		
	Mean	SD	อันดับ
1. ความสะดวกในการลงทะเบียนการออกใบรับรองและเอกสารสำคัญทางการศึกษา	4.50	0.73	2
2. ความเหมาะสมของระยะเวลาในการเปิดให้บริการขอรับใบรับรองและเอกสารสำคัญทางการศึกษา	4.49	0.74	3
3. ความรวดเร็วในการให้บริการข้อมูลด้านงานทะเบียน	4.47	0.76	4
4. ความตั้งใจ และมิตรภาพในการให้บริการ	4.53	0.73	1
ภาพรวม	4.50	0.74	

3) การให้บริการด้านข้อมูลข่าวสารและทุนการศึกษา

นักศึกษามีความพึงพอใจต่อการให้บริการด้านข้อมูลข่าวสารและทุนการศึกษาอยู่ในระดับมากที่สุด (M = 4.82, SD = 0.82) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า นักศึกษามีความพึงพอใจต่อการมีช่องทางที่หลากหลายในการให้ข้อมูลเกี่ยวกับกิจกรรมของมหาวิทยาลัยมากที่สุด (M = 4.47, SD = 0.79) รองลงมา คือ มีความสะดวกในการให้บริการข้อมูลข่าวสารด้านทุนการศึกษา (M = 4.41, SD = 0.82) และมีทุนสนับสนุนการศึกษาที่หลากหลาย (M = 4.38, SD = 0.85) ตามลำดับ รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ความพึงพอใจของนักศึกษาต่อการให้บริการด้านข้อมูลข่าวสารและทุนการศึกษา

การให้บริการด้านข้อมูลข่าวสารและทุนการศึกษา	ปีการศึกษา 2567		
	Mean	SD	อันดับ
1. มีช่องทางที่หลากหลายในการให้ข้อมูลเกี่ยวกับกิจกรรมของมหาวิทยาลัย	4.47	0.79	1
2. มีทุนสนับสนุนการศึกษาที่หลากหลาย	4.38	0.85	3
3. มีความสะดวกในการให้บริการข้อมูลข่าวสารด้านทุนการศึกษา	4.41	0.82	2
ภาพรวม	4.42	0.82	

4) การให้บริการของศูนย์อาหาร

นักศึกษามีความพึงพอใจต่อการให้บริการของศูนย์อาหารอยู่ในระดับมากที่สุด (M = 4.41, SD = 0.82) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า นักศึกษามีความพึงพอใจต่อความสะอาดและถูกสุขลักษณะของอาหารมากที่สุด (M = 4.48, SD = 0.75) รองลงมา คือ ความสะอาดและถูกสุขลักษณะของอาหาร (M = 4.47, SD = 0.76) ความเหมาะสมของราคากับคุณภาพอาหาร (M = 4.40, SD = 0.83) การบริการที่ประทับใจ (M = 4.40, SD = 0.83) และศูนย์อาหารมีการให้บริการที่เพียงพอ (M = 4.31, SD = 0.92) ตามลำดับ รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ความพึงพอใจของนักศึกษาต่อการให้บริการของศูนย์อาหาร

การให้บริการของศูนย์อาหาร	ปีการศึกษา 2567		
	Mean	SD	อันดับ
1. ความเหมาะสมของราคากับคุณภาพอาหาร	4.40	0.83	3
2. ความสะอาดและถูกสุขลักษณะของอาหาร	4.47	0.76	2
3. ความสะอาดและถูกสุขลักษณะของศูนย์อาหาร	4.48	0.75	1
4. ศูนย์อาหารมีการให้บริการที่เพียงพอ	4.31	0.92	5
5. การบริการที่ประทับใจ	4.40	0.83	4
ภาพรวม	4.41	0.82	

5) การให้บริการด้านสุขภาพและการกีฬา

นักศึกษามีความพึงพอใจต่อการให้บริการด้านสุขภาพและการกีฬาอยู่ในระดับมากที่สุด (M = 4.46, SD = 0.78) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า นักศึกษามีความพึงพอใจต่อคุณภาพของศูนย์บริการฟิตเนสมากที่สุด (M = 4.49, SD = 0.76) รองลงมา คือ สภาพแวดล้อมของศูนย์บริการฟิตเนสมีความพร้อมและเหมาะสม (M = 4.47, SD = 0.77) ความพร้อมในการให้บริการของห้องพยาบาล (M = 4.45, SD = 0.78) และการจัดกิจกรรมที่หลากหลายเอื้อต่อการส่งเสริมสุขภาพ (M = 4.43, SD = 0.80) ตามลำดับ รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ความพึงพอใจของนักศึกษาต่อการให้บริการด้านสุขภาพและการกีฬา

การให้บริการด้านสุขภาพและการกีฬา	ปีการศึกษา 2567		
	Mean	SD	อันดับ
1. ความพร้อมในการให้บริการของห้องพยาบาล	4.45	0.78	3
2. คุณภาพของศูนย์บริการฟิตเนส	4.49	0.76	1
3. การจัดกิจกรรมที่หลากหลายเอื้อต่อการส่งเสริมสุขภาพ	4.43	0.80	4
4. สภาพแวดล้อมของศูนย์บริการฟิตเนสมีความพร้อม และเหมาะสม	4.47	0.77	2
ภาพรวม	4.46	0.78	

6) การให้บริการด้านแหล่งข้อมูลและเทคโนโลยีสารสนเทศ

นักศึกษามีความพึงพอใจต่อการให้บริการด้านแหล่งข้อมูลและเทคโนโลยีสารสนเทศอยู่ในระดับมากที่สุด (M = 4.46, SD = 0.78) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า นักศึกษามีความพึงพอใจต่อสภาพแวดล้อมและบรรยากาศในห้องสมุดมากที่สุด (M = 4.53, SD = 0.73) รองลงมา คือ ความหลากหลายของฐานข้อมูลสำหรับค้นคว้าผ่านเครือข่ายคอมพิวเตอร์ (ThaiLis, Science Direct, ERIC ฯ) (M = 4.48, SD = 0.76) ความสะดวกในการให้บริการสืบค้นหนังสือ/วารสาร และสื่อสิ่งพิมพ์ภายในห้องสมุด (M = 4.46, SD = 0.76) โดยนักศึกษามีความพึงพอใจต่อประสิทธิภาพของการให้บริการเครือข่ายอินเทอร์เน็ตต่ำที่สุด (M = 4.41, SD = 0.84) รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ความพึงพอใจของนักศึกษาต่อการให้บริการด้านแหล่งข้อมูลและเทคโนโลยีสารสนเทศ

การให้บริการด้านแหล่งข้อมูลและเทคโนโลยีสารสนเทศ	ปีการศึกษา 2567		
	Mean	SD	อันดับ
1. สภาพแวดล้อมและบรรยากาศในห้องสมุด	4.53	0.73	1
2. ความหลากหลายของหนังสือ/วารสาร และสื่อสิ่งพิมพ์ภายในห้องสมุด	4.44	0.80	5
3. ความสะดวกในการให้บริการสืบค้นหนังสือ/วารสาร และสื่อสิ่งพิมพ์ภายในห้องสมุด	4.46	0.76	3
4. ความหลากหลายของฐานข้อมูลสำหรับค้นคว้าผ่านเครือข่ายคอมพิวเตอร์ (ThaiLis, Science Direct, ERIC ฯ)	4.48	0.76	2

การให้บริการด้านแหล่งข้อมูลและเทคโนโลยีสารสนเทศ	ปีการศึกษา 2567		
	Mean	SD	อันดับ
5. ความพร้อมใช้งานของโสตทัศนูปกรณ์ (Overhead, Projector, Microphone, ลำโพงฯ)	4.45	0.77	4
6. ความครอบคลุมทั่วถึงของการให้บริการเครือข่ายอินเทอร์เน็ต	4.44	0.81	6
7. ประสิทธิภาพของการให้บริการเครือข่ายอินเทอร์เน็ต	4.41	0.84	7
ภาพรวม	4.46	0.78	

1.2 ความพึงพอใจในการให้บริการเพื่อสนับสนุนการเรียนรู้ จำแนกตามวิทยาเขต/ศูนย์การศึกษา

ศูนย์การศึกษาหัวหิน นักศึกษามีความพึงพอใจในภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด (M = 4.52, SD = 0.78) อยู่ในอันดับที่ 1 โดยมีความพึงพอใจสูงสุดในด้านการบริการสถานที่ (M = 4.62, SD = 0.68) และมีความพึงพอใจต่ำสุดในด้านการให้บริการด้านแหล่งข้อมูลและเทคโนโลยีสารสนเทศ (M = 4.46, SD = 0.81)

ศูนย์วิทยาศาสตร์ ถนนสิรินธร มหาวิทยาลัยสวนดุสิต นักศึกษามีความพึงพอใจในภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด (M = 4.48, SD = 0.76) อยู่ในอันดับที่ 2 โดยมีความพึงพอใจสูงสุดในด้านการบริการด้านงานทะเบียน (M = 4.52, SD = 0.72) และมีความพึงพอใจต่ำสุดในด้านการให้บริการของศูนย์อาหาร (M = 4.44, SD = 0.79)

ศูนย์การศึกษา ลำปาง นักศึกษามีความพึงพอใจในภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด (M = 4.46, SD = 0.75) อยู่ในอันดับที่ 3 โดยมีความพึงพอใจสูงสุดในด้านการบริการสถานที่ (M = 4.58, SD = 0.64) และมีความพึงพอใจต่ำสุดในด้านการให้บริการของศูนย์อาหาร (M = 4.35, SD = 0.88)

มหาวิทยาลัยสวนดุสิต นักศึกษามีความพึงพอใจในภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด (M = 4.45, SD = 0.80) อยู่ในอันดับที่ 4 โดยมีความพึงพอใจสูงสุดในด้านการบริการด้านงานทะเบียน (M = 4.49, SD = 0.76) และมีความพึงพอใจต่ำสุดในด้านการให้บริการด้านข้อมูลข่าวสารและทุนการศึกษา (M = 4.40, SD = 0.84)

ศูนย์การศึกษา ตรัง นักศึกษามีความพึงพอใจในภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด (M = 4.44, SD = 0.82) อยู่ในอันดับที่ 5 โดยมีความพึงพอใจสูงสุดในด้านการบริการด้านงานทะเบียน (M = 4.50, SD = 0.73) โดยนักศึกษามีความพึงพอใจต่ำสุดในด้านการให้บริการด้านสุขภาพและการกีฬา (M = 4.35, SD = 0.90)

ศูนย์การศึกษา นครนายก นักศึกษามีความพึงพอใจในภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด (M = 4.42, SD = 0.82) อยู่ในอันดับที่ 6 โดยมีความพึงพอใจสูงสุดในด้านการบริการสถานที่ (M = 4.56, SD = 0.69) และมีความพึงพอใจต่ำสุดในด้านการให้บริการของศูนย์อาหาร (M = 4.32, SD = 0.93)

วิทยาเขตสุพรรณบุรี นักศึกษามีความพึงพอใจในภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด (M = 4.37, SD = 0.86) อยู่ในอันดับที่ 7 โดยมีความพึงพอใจสูงสุดในด้านการบริการด้านงานทะเบียน (M = 4.44, SD = 0.76) และมีความพึงพอใจต่ำสุดในด้านการให้บริการของศูนย์อาหาร (M = 4.27, SD = 0.93)

การอภิปรายผล

ผลการวิจัยพบว่า นักศึกษามีความพึงพอใจต่อการให้บริการเพื่อสนับสนุนการเรียนรู้ของมหาวิทยาลัยสวนดุสิต ภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด (M = 4.50, SD = 0.77) สะท้อนให้เห็นว่าระบบการให้บริการและการสนับสนุนการเรียนรู้ของมหาวิทยาลัยสามารถตอบสนองต่อความต้องการของผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งในด้านการอำนวยความสะดวก การสนับสนุนการเรียนรู้ และการบริหารจัดการด้านต่าง ๆ ซึ่งส่งผลต่อประสบการณ์ทางการศึกษาของนักศึกษาในเชิงบวก ทั้งนี้ ความพึงพอใจของนักศึกษาถือเป็นตัวชี้วัดสำคัญของคุณภาพการจัดการศึกษาและประสบการณ์ของผู้เรียน (Student Experience) ซึ่งมีความสัมพันธ์กับความผูกพันต่อสถาบันและการคงอยู่ของนักศึกษาในระบบการศึกษา (Burt, 2015; Tan et al., 2022)

โดยพบว่า การบริการด้านงานทะเบียนมีค่าเฉลี่ยสูงสุด (M = 4.50, SD = 0.74) แสดงให้เห็นว่าประสิทธิภาพของระบบสนับสนุนด้านบริหารจัดการ เช่น ความรวดเร็ว ความสะดวก และการให้บริการที่เป็นมิตร มีผลโดยตรงต่อความพึงพอใจของนักศึกษา ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดคุณภาพการบริการ (Service Quality) ที่ชี้ว่าประสบการณ์ของผู้รับบริการเกิดจากการรับรู้ต่อคุณภาพของการให้บริการ (Ali et al., 2018; Sultan & Wong, 2019) นอกจากนี้ ผลการวิจัยยังสะท้อนให้เห็นว่า ปัจจัยด้านมนุษยสัมพันธ์และทัศนคติของผู้ให้บริการมีบทบาทสำคัญต่อการรับรู้คุณภาพการบริการของนักศึกษา โดยเฉพาะประเด็นความตั้งใจและมิตรภาพในการให้บริการ ซึ่งได้รับค่าเฉลี่ยสูงที่สุดในด้านงานทะเบียน แสดงให้เห็นว่าการให้บริการที่ยึดผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง (Human-Centered Service) สามารถสร้างประสบการณ์เชิงบวก ความไว้วางใจ และความผูกพันของนักศึกษาต่อมหาวิทยาลัยได้อย่างมีนัยสำคัญ

ในด้านการให้บริการด้านแหล่งข้อมูลและเทคโนโลยีสารสนเทศ พบว่า นักศึกษามีความพึงพอใจในระดับมากที่สุด โดยเฉพาะด้านสภาพแวดล้อมของห้องสมุดและความหลากหลายของฐานข้อมูลสำหรับการค้นคว้า ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงบทบาทสำคัญของเทคโนโลยีสารสนเทศและทรัพยากรดิจิทัลต่อประสบการณ์การเรียนรู้ของนักศึกษาในยุคดิจิทัล สอดคล้องกับแนวโน้มของการจัดการศึกษาในศตวรรษที่ 21 ที่สถาบันอุดมศึกษาจำเป็นต้องพัฒนาระบบสนับสนุนการเรียนรู้แบบออนไลน์และการเข้าถึงทรัพยากรสารสนเทศอย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อรองรับการเรียนรู้แบบ Hybrid Learning และการเรียนรู้ตลอดชีวิต (Lifelong Learning) ของผู้เรียน (Bond et al., 2021; UNESCO, 2023) อย่างไรก็ตาม ประเด็นด้านประสิทธิภาพของเครือข่ายอินเทอร์เน็ตยังมีค่าเฉลี่ยต่ำกว่ารายการอื่นในกลุ่มเดียวกัน ซึ่งสะท้อนถึงความจำเป็นในการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานด้านดิจิทัลให้มีความเสถียรและครอบคลุมมากยิ่งขึ้น

อย่างไรก็ตาม ด้านการให้บริการของศูนย์อาหารมีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุด (M = 4.41, SD = 0.82) แม้ว่ายังคงอยู่ในระดับมากที่สุด แต่สะท้อนถึงโอกาสในการพัฒนา โดยเฉพาะด้านความเพียงพอ คุณภาพอาหาร ราคา ความสะอาด และการจัดสภาพแวดล้อมในการให้บริการ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Tan et al. (2022) ที่พบว่า ปัจจัยด้านสิ่งอำนวยความสะดวกและบริการพื้นฐานมีผลต่อความพึงพอใจของนักศึกษาในภาพรวม ทั้งนี้ ผลการวิจัยยังสะท้อนว่า คุณภาพชีวิตประจำวันของนักศึกษา (Student Well-being) เป็นอีกปัจจัยสำคัญที่มหาวิทยาลัยไม่ควรมองข้าม เนื่องจากพื้นที่บริการอาหารถือเป็นส่วนหนึ่งของประสบการณ์การใช้ชีวิตในมหาวิทยาลัย และมีความเกี่ยวข้องกับความสะดวกสบาย สุขภาวะ และความพึงพอใจโดยรวมของผู้เรียน

เมื่อพิจารณาความแตกต่างตามวิทยาเขต/ศูนย์การศึกษา พบว่า นักศึกษาศูนย์การศึกษาหัวหินมีระดับความพึงพอใจสูงสุด (M = 4.52) ขณะที่วิทยาเขตสุพรรณบุรีมีค่าเฉลี่ยต่ำสุด (M = 4.37) ผลการวิจัยดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่า บริบทของพื้นที่การเรียนรู้และคุณภาพของสภาพแวดล้อมในการจัดการศึกษามีอิทธิพลต่อประสบการณ์ของผู้เรียนและการรับรู้คุณภาพ

การบริการของนักศึกษา ทั้งนี้ แนวคิดระบบนิเวศการเรียนรู้ (Learning Ecosystem) อธิบายว่า ประสบการณ์ของผู้เรียนเกิดจากปฏิสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบหลายด้าน ได้แก่ สภาพแวดล้อมทางกายภาพ เทคโนโลยี ระบบสนับสนุน และปฏิสัมพันธ์ทางสังคมภายในสถาบัน (Bond et al., 2021; UNESCO, 2023) นอกจากนี้ ความแตกต่างของระดับความพึงพอใจยังสามารถอธิบายได้ผ่านแนวคิดคุณภาพการบริการ (Service Quality Theory) ซึ่งชี้ว่า การรับรู้คุณภาพของผู้รับบริการเกิดจากการเปรียบเทียบระหว่างความคาดหวังกับประสบการณ์ที่ได้รับจริง (Parasuraman et al., 1988) ดังนั้น วิทยาเขตหรือศูนย์การศึกษาที่มีความพร้อมด้านทรัพยากร สิ่งอำนวยความสะดวก และระบบสนับสนุนการเรียนรู้ที่ตอบสนองต่อความต้องการของนักศึกษาได้อย่างเหมาะสม ย่อมส่งผลให้ผู้เรียนเกิดความพึงพอใจในระดับสูงกว่า ผลการวิจัยดังกล่าวยังสะท้อนว่า ความพึงพอใจของนักศึกษาไม่ได้เกิดขึ้นจากคุณภาพการเรียนการสอนเพียงอย่างเดียว แต่ครอบคลุมถึงประสบการณ์ของผู้เรียนในทุกมิติของการใช้ชีวิตในมหาวิทยาลัย (Student Experience) ทั้งด้านสิ่งแวดล้อม การบริการ การเข้าถึงข้อมูล และสิ่งสนับสนุนการเรียนรู้ ซึ่งล้วนเป็นองค์ประกอบสำคัญที่ส่งผลต่อความผูกพันของนักศึกษาต่อสถาบันในระยะยาว ด้วยเหตุนี้ มหาวิทยาลัยจึงควรกำหนดแนวทางการพัฒนาคุณภาพการให้บริการเชิงพื้นที่ (Area-based Service Development) เพื่อยกระดับมาตรฐานการให้บริการของทุกวิทยาเขตและศูนย์การศึกษาให้มีคุณภาพใกล้เคียงกัน และสามารถตอบสนองต่อบริบทและความต้องการของผู้เรียนในแต่ละพื้นที่ได้อย่างเหมาะสม

ผลการวิจัยนี้ยังสะท้อนให้เห็นว่า คุณภาพการบริการในมิติต่าง ๆ ของมหาวิทยาลัยมีบทบาทสำคัญต่อประสบการณ์การเรียนรู้และความพึงพอใจของนักศึกษา ทั้งด้านวิชาการ สิ่งอำนวยความสะดวก การสนับสนุนด้านข้อมูลข่าวสาร สุขภาพ กีฬา และเทคโนโลยีสารสนเทศ ซึ่งล้วนเป็นองค์ประกอบของระบบนิเวศการเรียนรู้ (Learning Ecosystem) ที่ส่งผลต่อการมีส่วนร่วมของนักศึกษาและความเชื่อมั่นต่อสถาบัน ทั้งนี้ สอดคล้องกับการศึกษาของ เอกนรินทร์ โชคนาคะวโร และคณะ (2568) ที่ชี้ว่า คุณภาพการบริการของสถาบันอุดมศึกษามีอิทธิพลต่อการมีส่วนร่วมของนักศึกษาและความเชื่อมั่นในแบรนด์ของมหาวิทยาลัย โดยเฉพาะด้านสิ่งอำนวยความสะดวก คุณลักษณะของผู้สอน และการพัฒนาทักษะของนักศึกษา

ดังนั้น มหาวิทยาลัยควรให้ความสำคัญกับการพัฒนาคุณภาพการบริการอย่างต่อเนื่อง ทั้งในด้านการอำนวยความสะดวก การสื่อสารข้อมูล การจัดสภาพแวดล้อมที่เอื้อต่อการเรียนรู้ การพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานด้านดิจิทัล และการสนับสนุนกิจกรรมเสริมศักยภาพนักศึกษา เพื่อยกระดับคุณภาพประสบการณ์ของผู้เรียน สร้างความผูกพันต่อสถาบัน และเสริมสร้างภาพลักษณ์ที่ดีของมหาวิทยาลัยในระยะยาว

โดยภาพรวม ผลการวิจัยยืนยันว่า ความพึงพอใจของนักศึกษาเป็นตัวชี้วัดสำคัญของคุณภาพการจัดการศึกษา และสามารถใช้เป็นข้อมูลเชิงประจักษ์ในการพัฒนาระบบการบริหารจัดการและการให้บริการของมหาวิทยาลัยให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น (Burt, 2015)

บทสรุป

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อการให้บริการเพื่อสนับสนุนการเรียนรู้ของมหาวิทยาลัยสวนดุสิต ปีการศึกษา 2567 โดยใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลจากนักศึกษาระดับปริญญาตรี จำนวน 8,860 คน จากประชากรทั้งหมด 15,731 คน ผลการวิจัยพบว่า นักศึกษามีความพึงพอใจต่อการให้การบริการเพื่อสนับสนุนการเรียนรู้ของมหาวิทยาลัยสวนดุสิตโดยภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่ามหาวิทยาลัยสามารถดำเนินการจัดการเรียนรู้และการให้บริการสนับสนุนได้อย่างมีประสิทธิภาพและตอบสนองต่อความต้องการของผู้เรียนได้เป็นอย่างดี

เมื่อพิจารณาในรายละเอียด พบว่า การให้บริการด้านงานทะเบียน การบริการสถานที่ และการให้บริการด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ มีบทบาทสำคัญต่อประสบการณ์ของผู้เรียน โดยเฉพาะการให้บริการด้านงานทะเบียนที่ได้รับความพึงพอใจสูงสุด ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงความสำคัญของระบบสนับสนุนด้านบริหารจัดการที่มีความรวดเร็ว สะดวก และเป็นมิตรต่อผู้ใช้งาน ในขณะที่การให้บริการของศูนย์อาหารแม้จะอยู่ในระดับมากที่สุดเช่นกัน แต่มีค่าเฉลี่ยต่ำกว่าด้านอื่น สะท้อนถึงประเด็นที่มหาวิทยาลัยควรให้ความสำคัญในการพัฒนาเพิ่มเติม

นอกจากนี้ ผลการวิจัยยังสะท้อนให้เห็นว่า มหาวิทยาลัยควรให้ความสำคัญกับการพัฒนาคุณภาพการให้บริการในด้านที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพชีวิตและการสนับสนุนการเรียนรู้ของนักศึกษาอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะการพัฒนาศูนย์อาหารในด้านความเพียงพอของพื้นที่ ความหลากหลายและคุณภาพของอาหาร ความสะอาด และการกำหนดราคาที่เหมาะสมกับนักศึกษา รวมทั้งการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานด้านดิจิทัล โดยเพิ่มประสิทธิภาพและความครอบคลุมของเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เพื่อรองรับการเรียนรู้แบบออนไลน์ การเข้าถึงแหล่งข้อมูลสารสนเทศ และการใช้งานเทคโนโลยีสารสนเทศของนักศึกษาได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

ผลการวิจัยยังชี้ให้เห็นถึงความแตกต่างของระดับความพึงพอใจระหว่างวิทยาเขตและศูนย์การศึกษา ซึ่งสะท้อนถึงความแตกต่างด้านบริบท ทรัพยากร และคุณภาพของสภาพแวดล้อมในการจัดการศึกษาในแต่ละพื้นที่ ดังนั้น มหาวิทยาลัยควรนำข้อมูลจากระบบการประเมินความพึงพอใจไปใช้ในการวางแผนพัฒนาคุณภาพการให้บริการเชิงพื้นที่ (Area-based Service Development) เพื่อให้แต่ละวิทยาเขตและศูนย์การศึกษาสามารถพัฒนาการให้บริการได้สอดคล้องกับบริบทและความต้องการของนักศึกษาในแต่ละพื้นที่ อันจะนำไปสู่การยกระดับคุณภาพประสบการณ์ของผู้เรียนและการพัฒนามหาวิทยาลัยอย่างยั่งยืนในระยะยาว

โดยภาพรวม ผลการวิจัยครั้งนี้สามารถใช้เป็นข้อมูลสำคัญในการกำหนดแนวทางการพัฒนาเชิงนโยบายและการบริหารจัดการของมหาวิทยาลัย ทั้งในด้านการพัฒนาระบบสนับสนุนการเรียนรู้ การพัฒนาสภาพแวดล้อมทางการศึกษา และการยกระดับคุณภาพการให้บริการให้สอดคล้องกับความต้องการของผู้เรียนในยุคดิจิทัล สำหรับการวิจัยในครั้งต่อไป ควรมีการศึกษาวิจัยเชิงคุณภาพเพื่อวิเคราะห์ปัจจัยเชิงลึกที่ส่งผลต่อความพึงพอใจของนักศึกษาในแต่ละวิทยาเขต/ศูนย์การศึกษา รวมทั้งศึกษาแนวทางการพัฒนาคุณภาพการให้บริการเพื่อสนับสนุนการเรียนรู้ที่เหมาะสมกับบริบทของมหาวิทยาลัยต่อไป

เอกสารอ้างอิง

เอกนรินทร์ โชคนาคะวโร ธีรนุช พูศักดิ์ศรีกิจ และ นพรัตน์ นาคไร่ขิง. (2568). คุณภาพการบริการในสถาบันอุดมศึกษา: ผลกระทบต่อการมีส่วนร่วมของนักศึกษา ความเชื่อมั่น และความภักดีในแบรนด์. BU ACADEMIC REVIEW. 24(1): 46 - 68.

Ali, F., Rasoolimanesh, S. M., Sarstedt, M., Ringle, C. M., & Ryu, K. (2018). An assessment of the use of partial least squares structural equation modeling (PLS-SEM) in hospitality research. International Journal of Contemporary Hospitality Management. 33(1) : 514– 539. Accessed 20 Feb. 2026. https://doi.org/10.1108/ijchm-10-2016-0568

Bond, M., Bedenlier, S., Marín, V. I., & Händel, M. (2021). Emergency remote teaching in higher education: Mapping the first global online semester. International Journal of Educational Technology in Higher Education. 18(1): 50. Accessed 20 Feb. 2026. https://doi.org/10.1186/s41239-021-00282-x

Burt, B. A. (2015). Student Engagement in Higher Education: Theoretical Perspectives and Practical Approaches for Diverse Populations (2nd Edition) ed. by Stephen John Quaye and Shaun R. Harper. Journal of College Student Development. 56(3): 311-313. Accessed 20 Feb. 2026. https://dx.doi.org/10.1353/csd.2015.0026.

OECD. (2021). Education at a glance 2021: OECD indicators. OECD Publishing.

Parasuraman, A., Zeithaml, V. A., & Berry, L. L. (1988). SERVQUAL: A multiple-item scale for measuring consumer perceptions of service quality. Journal of Retailing. 64(1): 12–40.

Sultan, P., & Wong, H. Y. (2019). How Service Quality Affects University Brand Performance, Brand Image, and Behavioral Intention: The Mediating Effects of Satisfaction and Trust and Moderating Roles of Gender and Study Mode. Journal of Brand Management. 26: 332-347. Accessed 20 Feb. 2026. https://doi.org/10.1057/s41262-018-0131-3

Tan, P. S. H., Choong, Y. O., & Chen, I. C. (2022). The effect of service quality on behavioural intention: The mediating role of student satisfaction and switching barriers in private universities. Journal of Applied Research in Higher Education. 14(4): 1394-1413. Accessed 20 Feb. 2026. https://doi.org/10.1108/JARHE-03-2021-0122

UNESCO. (2023). Global education monitoring report 2023: Technology in education. UNESCO Publishing.

ยุทธศาสตร์การบริหารอุดมศึกษาผ่านปัญญาประดิษฐ์แบบรู้สร้างและปัญญาประดิษฐ์เฉพาะทาง
Strategic management in higher education through generative AI and specialized AI

สุขุม เฉลยทรัพย์[1] ศิโรจน์ ผลพันธิน[2] พิทักษ์ จันทร์เจริญ[3] สุขทิพย์ สุขใส[4]
และนงค์ลักษณ์ โชติวิทยธานินทร์[4*]

Sukhum Chaloeisap[1], Sirote Phonphanthin[2], Phithak Chancharoen[3], Suktip Suksai[4]
and Nongluck Chotevithayathanin[4*]

[1]สวนดุสิตโพล มหาวิทยาลัยสวนดุสิต
[1] Suan Dusit Poll, Suan Dusit University
[2]สถาบันศิโรจน์ผลพันธิน มหาวิทยาลัยสวนดุสิต
[2] Sirote Phonphanthin Institute, Suan Dusit University
[3]มหาวิทยาลัยสวนดุสิต
[3] Suan Dusit University
[4]บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสวนดุสิต
[4]Graduate School, Suan Dusit University
[*]Corresponding Author E-mail Address : cnongluck295@gmail.com

บทคัดย่อ

บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอยุทธศาสตร์การบริหารอุดมศึกษาผ่านปัญญาประดิษฐ์แบบรู้สร้าง (Generative AI) และปัญญาประดิษฐ์เฉพาะทาง (Specialized AI) ในบริบทของสังคมดิจิทัลและเศรษฐกิจฐานความรู้ โดยวิเคราะห์บทบาทของปัญญาประดิษฐ์ต่อการเรียนการสอน การบริหารจัดการ หลักสูตร บุคลากร ธรรมาภิบาล และความสามารถในการแข่งขันของสถาบันอุดมศึกษา ผลการสังเคราะห์พบว่า ปัญญาประดิษฐ์แบบรู้สร้างสามารถสนับสนุนการเรียนรู้เฉพาะบุคคล การสร้างสื่อการเรียนรู้ การวิเคราะห์ข้อมูลผู้เรียน การบริหารงานอัจฉริยะ และการตัดสินใจเชิงยุทธศาสตร์ ขณะที่ปัญญาประดิษฐ์เฉพาะทางช่วยให้มหาวิทยาลัยพัฒนานวัตกรรมที่เชื่อมโยงกับอัตลักษณ์และความเชี่ยวชาญของสถาบัน เช่น ด้านปฐมวัย อาหารและโภชนาการ สุขภาวะ อุตสาหกรรมบริการ กฎหมาย และนโยบายสาธารณะ อย่างไรก็ตาม การประยุกต์ใช้ปัญญาประดิษฐ์ยังมีความท้าทายด้านความถูกต้องของข้อมูล อคติของอัลกอริทึม ความเป็นส่วนตัว ความซื่อสัตย์ทางวิชาการ และความพร้อมของบุคลากร บทความนี้เสนอให้มหาวิทยาลัยกำหนดยุทธศาสตร์ปัญญาประดิษฐ์ระดับองค์กร บูรณาการปัญญาประดิษฐ์ในหลักสูตร พัฒนาความฉลาดรู้ด้านปัญญาประดิษฐ์ (AI Literacy) แก่ผู้บริหาร คณาจารย์ บุคลากร และนักศึกษา จัดทำธรรมาภิบาลปัญญาประดิษฐ์ (AI Governance) แนวปฏิบัติการใช้ปัญญาประดิษฐ์อย่างมีจริยธรรม (Ethical AI Guidelines)และสร้างระบบนิเวศปัญญาประดิษฐ์ (AIEcosystem) ที่สมดุลระหว่างนวัตกรรมทางเทคโนโลยีกับคุณค่าความเป็นมนุษย์ เพื่อยกระดับคุณภาพการศึกษา เสริมสร้างความสามารถในการแข่งขันของสถาบัน และพัฒนามหาวิทยาลัยอย่างยั่งยืนในยุคปัญญาประดิษฐ์

คำสำคัญ: ปัญญาประดิษฐ์แบบรู้สร้าง ปัญญาประดิษฐ์เฉพาะทาง การบริหารอุดมศึกษา ธรรมาภิบาลปัญญาประดิษฐ์ ระบบนิเวศปัญญาประดิษฐ์

Abstract

This article aims to present strategic management in higher education through generative AI and specialized AI in the context of a digital society and a knowledge-based economy. It analyzes the roles of AI in teaching and learning, administration, curriculum development, human resources, governance, and institutional competitiveness. The synthesis indicates that Generative AI can support personalized learning, learning material development, learner data analysis, smart administration, and strategic decision-making. Meanwhile, specialized AI enables universities to create innovations aligned with their institutional identities and areas of expertise, such as early childhood education, food and nutrition, health and well-being, hospitality, law, and public policy. However, the application of AI in higher education also presents challenges related to information accuracy, algorithmic bias, data privacy, academic integrity, and personnel readiness. Therefore, this article proposes that universities establish institution-wide AI strategies, integrate AI into curricula, develop AI literacy among administrators, faculty, staff, and students, formulate AI governance and ethical AI guidelines, and build an AI ecosystem that balances technological innovation with human values. These strategies can enhance educational quality, strengthen institutional competitiveness, and promote sustainable university development in the AI era.

Keywords: Generative AI, Specialized AI, Higher Education Management, AI Governance, AI Ecosystem

บทนำ

การเปลี่ยนแปลงทางดิจิทัลส่งผลต่อระบบอุดมศึกษาอย่างลึกซึ้ง ทั้งด้านการบริหารจัดการ การจัดการเรียนการสอน การวิจัย และการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ สถาบันอุดมศึกษาทั่วโลกเริ่มปรับโครงสร้างองค์กร กระบวนการทำงาน และระบบข้อมูลให้สอดคล้องกับบริบทของสังคมดิจิทัลมากขึ้น แนวคิดการเปลี่ยนผ่านทางดิจิทัล (Digital Transformation) ครอบคลุมการนำเทคโนโลยีมาใช้ในองค์กรและการเปลี่ยนแปลงเชิงยุทธศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับการสร้างคุณค่าใหม่ให้แก่มหาวิทยาลัยในระยะยาว (Vial, 2019)

การเกิดขึ้นของปัญญาประดิษฐ์แบบรู้สร้าง (Generative AI) เช่น ChatGPT Claude Copilot Gemini และ DeepSeekได้เร่งให้การเปลี่ยนแปลงของระบบอุดมศึกษาเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วและรุนแรงยิ่งขึ้น เทคโนโลยีดังกล่าวมีความสามารถในการสร้างข้อความ วิเคราะห์ข้อมูล สรุปเนื้อหา แปลภาษา และพัฒนาสื่อการเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ส่งผลต่อทั้งบทบาทของอาจารย์ กระบวนการเรียนรู้ของผู้เรียน และระบบบริหารจัดการของมหาวิทยาลัยโดยตรง ขณะเดียวกัน แนวโน้มการพัฒนาปัญญาประดิษฐ์เฉพาะทาง (Specialized AI) ก็ได้รับความสนใจเพิ่มขึ้น เนื่องจากมหาวิทยาลัยสามารถเชื่อมโยงเทคโนโลยีกับอัตลักษณ์และความเชี่ยวชาญของสถาบันได้อย่างชัดเจน เช่น AI ด้านปฐมวัย อาหารและโภชนาการ สุขภาวะ หรือกฎหมายและการเมือง

สังคมปัจจุบันก้าวเข้าสู่สภาวะที่นำปัญญาประดิษฐ์มาเป็นกลไกขับเคลื่อนหลักในทุกมิติ (AI-Driven Society) ทำให้องค์กรต่าง ๆ ต้องการกำลังคนที่มีทักษะด้านดิจิทัล การวิเคราะห์ข้อมูล การคิดเชิงวิพากษ์ และความสามารถในการทำงาน

ร่วมกับปัญญาประดิษฐ์ (World Economic Forum, 2023) สถาบันอุดมศึกษาจึงจำเป็นต้องปรับหลักสูตรและกระบวนการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับความเปลี่ยนแปลงของตลาดแรงงานและสังคมอนาคต นอกจากนี้ การแข่งขันของอุดมศึกษาในปัจจุบันไม่ได้พิจารณาเฉพาะชื่อเสียงทางวิชาการ แต่รวมถึงความสามารถในการสร้างนวัตกรรม การพัฒนาหลักสูตรที่ตอบสนองต่อทักษะแห่งอนาคต และการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีเพื่อยกระดับประสบการณ์การเรียนรู้ (OECD, 2023)

อย่างไรก็ตาม การประยุกต์ใช้ปัญญาประดิษฐ์ในอุดมศึกษายังเผชิญความท้าทายหลายประการ ทั้งด้านความถูกต้องของข้อมูล อคติของอัลกอริทึม ความเป็นส่วนตัว ความซื่อสัตย์ทางวิชาการ และความพร้อมของบุคลากร (Dwivedi et al., 2023) สถานการณ์ดังกล่าวทำให้บทบาทของผู้บริหารมหาวิทยาลัยมีความสำคัญมากขึ้นในการกำหนดยุทธศาสตร์และแนวทางกำกับดูแล AI ที่เหมาะสม คำถามท้าทายสำคัญจึงไม่ได้อยู่ที่ว่ามหาวิทยาลัยควรใช้ AI หรือไม่ แต่เกี่ยวข้องกับวิธีการปรับตัว การกำหนดยุทธศาสตร์ และการออกแบบระบบการศึกษาที่สามารถใช้ประโยชน์จาก AI ได้อย่างเหมาะสมและมีความรับผิดชอบ

ดังนั้น บทความนี้จึงมุ่งนำเสนอยุทธศาสตร์การบริหารอุดมศึกษาผ่านปัญญาประดิษฐ์แบบรู้สร้าง (Generative AI) และปัญญาประดิษฐ์เฉพาะทาง (Specialized AI) เพื่อเป็นกรอบในการปรับตัวของมหาวิทยาลัยในยุค AI ทั้งด้านการเรียนการสอน การพัฒนาหลักสูตร การบริหารองค์กร การพัฒนาบุคลากร ธรรมาภิบาล และการสร้างระบบนิเวศดิจิทัล อันจะช่วยให้สถาบันอุดมศึกษาสามารถยกระดับคุณภาพการศึกษา สร้างความสามารถในการแข่งขัน และรักษาคุณค่าความเป็นมนุษย์ท่ามกลางการเปลี่ยนแปลงของสังคมและเศรษฐกิจฐานความรู้

แนวคิดและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

การศึกษายุทธศาสตร์การบริหารอุดมศึกษาผ่านปัญญาประดิษฐ์แบบรู้สร้างและปัญญาประดิษฐ์เฉพาะทางจำเป็นต้องทำความเข้าใจแนวคิดพื้นฐานเกี่ยวกับเทคโนโลยี AI และกรอบการกำกับดูแลที่เกี่ยวข้อง เนื่องจากปัญญาประดิษฐ์ส่งผลต่อการเรียนการสอนการบริหารจัดการ การพัฒนานวัตกรรม และมาตรฐานทางวิชาการของมหาวิทยาลัย การทบทวนแนวคิดและวรรณกรรมในส่วนนี้จึงครอบคลุม 3 ประเด็นสำคัญ ได้แก่ ปัญญาประดิษฐ์แบบรู้สร้าง ปัญญาประดิษฐ์เฉพาะทาง และธรรมาภิบาลปัญญาประดิษฐ์ควบคู่กับการใช้ปัญญาประดิษฐ์อย่างมีจริยธรรม ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. ปัญญาประดิษฐ์แบบรู้สร้าง (Generative AI)

ปัญญาประดิษฐ์แบบรู้สร้างเป็นรูปแบบหนึ่งของปัญญาประดิษฐ์ที่พัฒนาขึ้นเพื่อสร้างข้อมูลหรือเนื้อหาใหม่จากข้อมูลที่ใช้ในการเรียนรู้ ไม่ว่าจะเป็นข้อความ ภาพ เสียง วิดีโอ หรือโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เทคโนโลยีดังกล่าวพัฒนามาจากแนวคิดด้าน Machine Learning และ Deep Learning โดยเฉพาะ Large Language Models (LLMs) ซึ่งสามารถวิเคราะห์รูปแบบภาษาและสร้างผลลัพธ์ที่มีลักษณะใกล้เคียงกับการสื่อสารของมนุษย์ (Bommasani et al., 2021) ความสามารถดังกล่าวทำให้ Generative AI กลายเป็นเทคโนโลยีสำคัญที่ส่งผลต่อระบบอุดมศึกษา ทั้งด้านการเรียนการสอน การวิจัย และการบริหารจัดการองค์กร

จุดเด่นสำคัญของ Generative AI คือด้านการประมวลผลภาษาธรรมชาติ (Natural Language Processing: NLP) ซึ่งช่วยให้ระบบเข้าใจคำถาม วิเคราะห์บริบท และสร้างข้อความที่สอดคล้องกับรูปแบบภาษาของมนุษย์ได้อย่างรวดเร็ว เทคโนโลยีดังกล่าวช่วยเพิ่มประสิทธิภาพด้านการสื่อสาร การสืบค้นข้อมูล และการสร้างเนื้อหาทางวิชาการ (Dwivedi et al., 2023) ตัวอย่างของ Generative AI ที่ได้รับความนิยมในปัจจุบัน อาทิ ChatGPT Claude CopilotGemini และ DeepSeek ซึ่งนำมาใช้ในภาคการศึกษา ธุรกิจ การแพทย์ และการบริหารองค์กรอย่างแพร่หลาย

นอกจากความสามารถด้านภาษาแล้ว Generative AI ยังสามารถเรียนรู้จากข้อมูลขนาดใหญ่ (Large-scale Data Learning) ทำให้ระบบวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของข้อมูลและสร้างผลลัพธ์ที่หลากหลาย เทคโนโลยีดังกล่าวช่วยสนับสนุนการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงลึก การสร้างข้อเสนอเชิงนโยบาย และการพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจในองค์กร มหาวิทยาลัยหลายแห่งเริ่มนำ AI มาใช้เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลผู้เรียน พัฒนาระบบบริหารอัจฉริยะ และสนับสนุนการตัดสินใจเชิงยุทธศาสตร์ของผู้บริหาร (Educause, 2024)

คุณลักษณะสำคัญของ Generative AI คือ ความสามารถในการสร้างเนื้อหาแบบหลายรูปแบบ (Multimodal AI) AI รุ่นใหม่สามารถประมวลผลข้อความ ภาพ เสียง และวิดีโอร่วมกัน ส่งผลให้เกิดการพัฒนาเครื่องมือการเรียนรู้และการสื่อสารรูปแบบใหม่ เช่น การสร้างสื่อการเรียนรู้แบบโต้ตอบ การจำลองสถานการณ์เสมือนจริง และการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงภาพเพื่อการศึกษาและการวิจัย เทคโนโลยีดังกล่าวช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของการเรียนรู้แบบดิจิทัล และส่งเสริมการเรียนรู้ที่มีความยืดหยุ่นมากขึ้น

Generative AI ยังมีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาระบบการเรียนรู้เฉพาะบุคคล (Personalized Learning) โดยระบบ AI สามารถวิเคราะห์พฤติกรรม ความสนใจ และรูปแบบการเรียนรู้ของผู้เรียน เพื่อนำเสนอเนื้อหาและกิจกรรมที่เหมาะสมกับผู้เรียนแต่ละคน (Zawacki-Richter et al., 2019) แนวทางดังกล่าวช่วยเพิ่มโอกาสการเข้าถึงการศึกษา ลดข้อจำกัดด้านเวลาและสถานที่ และสนับสนุนการเรียนรู้ตลอดชีวิต

อย่างไรก็ตาม แม้ Generative AI จะมีศักยภาพสูง แต่ระบบก็ยังมีข้อจำกัดหลายด้าน เช่น ความคลาดเคลื่อนของข้อมูล การสร้างข้อมูลเท็จ (Hallucination) อคติของอัลกอริทึม และปัญหาความโปร่งใสของระบบ เนื่องจาก AI ไม่ได้มีความเข้าใจเชิงเหตุผลหรือจริยธรรมเหมือนมนุษย์ ผลลัพธ์ที่สร้างขึ้นอาจผิดพลาดหรือขาดบริบททางสังคมและวัฒนธรรม (Bender et al., 2021) ประเด็นดังกล่าวมีความสำคัญต่อภาคการศึกษา ซึ่งต้องอาศัยความถูกต้องทางวิชาการและการใช้ข้อมูลอย่างมีวิจารณญาณ

ในบริบทของอุดมศึกษาพบว่า Generative AI ส่งผลต่อทั้งผู้เรียน อาจารย์ และผู้บริหาร ผู้เรียนสามารถใช้ AI เพื่อสรุปเนื้อหา ค้นคว้าข้อมูล และฝึกทักษะด้วยตนเอง ขณะที่อาจารย์สามารถใช้ AI เพื่อออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ สร้างสื่อการสอน และวิเคราะห์ข้อมูลผู้เรียน (Kasneci et al., 2023) ด้านการบริหารจัดการ มหาวิทยาลัยเริ่มใช้ AI เพื่อสนับสนุนการให้บริการนักศึกษา การวิเคราะห์ข้อมูล และการบริหารทรัพยากรบุคคล ส่งผลให้การดำเนินงานมีความรวดเร็วและใช้ข้อมูลประกอบการตัดสินใจมากขึ้น

แม้ว่า Generative AI จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของระบบอุดมศึกษา แต่การใช้งานก็ต้องคำนึงถึงจริยธรรม ความโปร่งใส และมาตรฐานทางวิชาการ มหาวิทยาลัยจำเป็นต้องกำหนดแนวทางการใช้ AI อย่างเหมาะสม พัฒนาทักษะด้าน AI Literacy ของบุคลากรและนักศึกษา รวมถึงสร้างระบบกำกับดูแลที่สอดคล้องกับหลักจริยธรรมทางวิชาการและความรับผิดชอบต่อสังคม

2. ปัญญาประดิษฐ์เฉพาะทาง (Specialized AI)

ปัญญาประดิษฐ์เฉพาะทาง หมายถึงระบบปัญญาประดิษฐ์ที่พัฒนาขึ้นเพื่อรองรับงานหรือองค์ความรู้เฉพาะด้าน แตกต่างจาก Generative AI ทั่วไปที่ออกแบบเพื่อใช้งานในวงกว้าง Specialized AI มุ่งเน้นความแม่นยำ ความสอดคล้องกับบริบทวิชาชีพ และการวิเคราะห์ข้อมูลเฉพาะสาขา (Topol, 2019) เทคโนโลยีดังกล่าวได้รับการพัฒนาเพิ่มขึ้นในหลายภาคส่วน เช่น การศึกษา การแพทย์ ธุรกิจ กฎหมาย และอุตสาหกรรมบริการ เนื่องจากองค์กรต้องการระบบ AI ที่สามารถตอบสนองต่อปัญหาเฉพาะทางได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

การพัฒนาปัญญาประดิษฐ์เฉพาะทางส่งผลต่อมหาวิทยาลัยอย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะสถาบันที่มีอัตลักษณ์หรือความเชี่ยวชาญเฉพาะด้าน มหาวิทยาลัยมีแนวโน้มพัฒนา AI ให้สอดคล้องกับจุดเด่นขององค์กร เพื่อสร้างความแตกต่างทางวิชาการและเพิ่มศักยภาพการแข่งขันในระยะยาว แนวทางดังกล่าวสะท้อนบทบาทใหม่ของมหาวิทยาลัยในฐานะผู้สร้างองค์ความรู้และนวัตกรรมที่เชื่อมโยงกับบริบทวิชาชีพและตลาดแรงงาน อาทิ

สาขาปฐมวัย นำมาใช้เพื่อสนับสนุนการเรียนรู้และการวิเคราะห์พัฒนาการเด็ก ระบบ AI สามารถวิเคราะห์พฤติกรรมการเรียนรู้ การสื่อสาร และพัฒนาการด้านภาษา เพื่อช่วยออกแบบกิจกรรมที่เหมาะสมกับผู้เรียนแต่ละคน (Luckin, 2018) นอกจากนี้ AI ยังช่วยติดตามพัฒนาการเชิงพฤติกรรมและสนับสนุนการจัดการเรียนรู้แบบเฉพาะบุคคล ซึ่งช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการดูแลเด็กปฐมวัย

สาขาอาหารและโภชนาการ มีบทบาทในการวิเคราะห์ข้อมูลโภชนาการ การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร และการจัดการความปลอดภัยทางอาหาร ระบบ AI สามารถวิเคราะห์องค์ประกอบอาหาร พฤติกรรมผู้บริโภค และแนวโน้มสุขภาพเพื่อช่วยพัฒนานวัตกรรมอาหารที่ตอบสนองต่อความต้องการเฉพาะกลุ่ม (Jiang et al., 2021) เทคโนโลยีดังกล่าวยังเชื่อมโยงกับแนวคิด Smart Food Industry และอุตสาหกรรมอาหารอัจฉริยะในอนาคตที่มุ่งนำระบบอัตโนมัติ (Automation) ปัญญาประดิษฐ์ (AI) และเซ็นเซอร์ IoT (Internet of Things) มาใช้ในทุกกระบวนการตั้งแต่การเพาะปลูก แปรรูป ตรวจสอบคุณภาพ และการจัดส่ง

สาขาพยาบาลและสุขภาวะ มีบทบาทในการวิเคราะห์ข้อมูลสุขภาพ การติดตามอาการผู้ป่วย และการสนับสนุนการตัดสินใจทางคลินิก AI นำมาใช้วิเคราะห์ภาพทางการแพทย์ การพยากรณ์ความเสี่ยงของโรค และการพัฒนาระบบดูแลสุขภาพทางไกล (Topol, 2019) นอกจากนี้ สถาบันการศึกษาด้านสุขภาพยังใช้จำลองสถานการณ์หรือกระบวนการต่าง ๆ แบบดิจิทัล (AI Simulation) เพื่อคาดการณ์ผลลัพธ์ ทดสอบความเป็นไปได้ หรือใช้เป็นเครื่องมือฝึกฝน หรือการสร้างผู้ป่วยจำลอง (Virtual Patient) เพื่อพัฒนาทักษะทางคลินิกของผู้เรียน ลดข้อจำกัดด้านทรัพยากร และเพิ่มความปลอดภัยในการฝึกปฏิบัติ

สาขาอุตสาหกรรมบริการ นำมาใช้เพื่อวิเคราะห์พฤติกรรมลูกค้า พัฒนาระบบแนะนำบริการอัตโนมัติ และเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการข้อมูลการท่องเที่ยว (Buhalis & Moldavska, 2022) ขณะที่ด้านกฎหมายและการเมือง AI นำมาใช้ในการวิเคราะห์เอกสารทางกฎหมาย การสืบค้นคำพิพากษา และการวิเคราะห์นโยบายสาธารณะ (Surden, 2019) เทคโนโลยีดังกล่าวสะท้อนว่าการพัฒนา Specialized AI มีบทบาทสำคัญต่อการเชื่อมโยงองค์ความรู้ เทคโนโลยี และวิชาชีพเฉพาะทางเข้าด้วยกัน

แม้ว่าปัญญาประดิษฐ์เฉพาะทางจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการเรียนรู้เฉพาะทางในหลายสาขา แต่การใช้งานยังต้องคำนึงถึงความถูกต้อง ความโปร่งใส และจริยธรรมทางวิชาชีพ เนื่องจาก AI อาจสร้างอคติในการวิเคราะห์ข้อมูลหรือให้ผลลัพธ์ที่คลาดเคลื่อน หากขาดการกำกับดูแลที่เหมาะสม (Floridi & Cowls, 2019) มหาวิทยาลัยต้องพัฒนาหลักสูตร ระบบกำกับดูแล และแนวปฏิบัติด้านจริยธรรมให้สอดคล้องกับมาตรฐานวิชาชีพและความรับผิดชอบต่อสังคม

3. ธรรมาภิบาลปัญญาประดิษฐ์ (AI Governance) และการใช้ปัญญาประดิษฐ์อย่างมีจริยธรรม (Ethical AI)

การขยายตัวของปัญญาประดิษฐ์ในภาคการศึกษาและการบริหารองค์กรส่งผลให้แนวคิดด้านธรรมาภิบาลปัญญาประดิษฐ์ และการใช้ปัญญาประดิษฐ์อย่างมีจริยธรรมทวีความสำคัญเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง เนื่องจาก AI ไม่ได้เป็นเพียงเครื่องมือทางเทคโนโลยี แต่เป็นระบบที่ส่งผลต่อกระบวนการตัดสินใจ การจัดการข้อมูล และพฤติกรรมของผู้ใช้งานระดับโครงสร้าง การนำ AI มาใช้ในมหาวิทยาลัยเกี่ยวข้องทั้งมิติด้านเทคโนโลยี กฎหมาย จริยธรรม และความรับผิดชอบต่อสังคม

(Floridi et al., 2018) โดยเฉพาะบริบทของอุดมศึกษาที่ต้องรักษาความน่าเชื่อถือ ความโปร่งใส และมาตรฐานทางวิชาการควบคู่กับการพัฒนานวัตกรรมดิจิทัล

ธรรมาภิบาลปัญญาประดิษฐ์ หมายถึงการกำหนดนโยบายกระบวนการ บทบาทหน้าที่ มาตรฐาน และกลไกกำกับดูแลการพัฒนาและการใช้งาน AI เพื่อให้ระบบมีความปลอดภัย โปร่งใส ละสอดคล้องกับหลักจริยธรรม แนวคิดดังกล่าวครอบคลุมการบริหารข้อมูล การจัดการความเสี่ยง การตรวจสอบอัลกอริทึม และการกำหนดความรับผิดชอบของผู้พัฒนาและผู้ใช้งาน (OECD, 2024) สถาบันอุดมศึกษาที่นำ AI มาใช้ในการเรียนการสอน การบริหารจัดการ และการวิจัย จำเป็นต้องพัฒนาระบบกำกับดูแลที่ชัดเจน เพื่อป้องกันผลกระทบด้านจริยธรรมและความไม่เป็นธรรมที่อาจเกิดขึ้นจากการใช้เทคโนโลยี (อสมา กุลวานิชไชยนันท์, 2568)

ประเด็นด้านความเป็นส่วนตัวของข้อมูล (Data Privacy) เป็นองค์ประกอบสำคัญของ AI Governance เนื่องจากระบบ AI ต้องใช้ข้อมูลจำนวนมากในการเรียนรู้และประมวลผล มหาวิทยาลัยต้องจัดการข้อมูลของผู้เรียน บุคลากร และงานวิจัยอย่างรัดกุม การใช้ AI โดยขาดมาตรการด้านความปลอดภัยอาจนำไปสู่การรั่วไหลของข้อมูล การละเมิดสิทธิส่วนบุคคล และการใช้ข้อมูลโดยไม่ได้รับความยินยอม (Zuboff, 2019)สถาบันอุดมศึกษาจำเป็นต้องกำหนดนโยบายด้านการคุ้มครองข้อมูลส่วนบุคคล การเข้าถึงข้อมูล และการใช้ข้อมูลอย่างโปร่งใส รวมถึงพัฒนาระบบ ความปลอดภัยทางไซเบอร์ (Cybersecurity) เพื่อรองรับความเสี่ยงด้านดิจิทัลที่เพิ่มขึ้นในยุค AI แนวทางดังกล่าวช่วยสร้างความเชื่อมั่นต่อผู้ใช้งาน ลดผลกระทบด้านกฎหมาย และเสริมสร้างความน่าเชื่อถือขององค์กรในระยะยาว

ภายใต้กรอบธรรมาภิบาลดังกล่าว แนวคิดการใช้ปัญญาประดิษฐ์อย่างมีจริยธรรม (Ethical AI) เป็นประเด็นที่มีความสำคัญอย่างยิ่ง เนื่องจากมุ่งเน้นการพัฒนา การใช้ และการประเมินผลลัพธ์ของ AI บนพื้นฐานของคุณค่าทางจริยธรรม เช่น ความเป็นธรรม ความโปร่งใส ความรับผิดชอบ และการเคารพสิทธิมนุษยชน (Jobin et al., 2019) ระบบ AI ที่ขาดการกำกับดูแลด้านจริยธรรมอาจก่อให้เกิดอคติในการตัดสินใจ การเลือกปฏิบัติ และการละเมิดสิทธิส่วนบุคคล ตัวอย่างเช่น อัลกอริทึมที่เรียนรู้จากข้อมูลที่มีอคติอาจสร้างผลลัพธ์ที่ไม่เป็นธรรมต่อผู้ใช้งานบางกลุ่ม หรือระบบ AI ที่ขาดความโปร่งใสอาจทำให้ผู้ใช้งานไม่สามารถตรวจสอบกระบวนการตัดสินใจของระบบ ซึ่งส่งผลให้เกิดข้อกังวลด้านความเชื่อมั่นและความรับผิดชอบขององค์กร

ในบริบทของอุดมศึกษา Ethical AI มีความเกี่ยวข้องโดยตรงกับการเรียนการสอน การประเมินผล และการวิจัย มหาวิทยาลัยจำเป็นต้องกำหนดแนวทางการใช้ AI ที่เหมาะสม เช่น การอ้างอิงการใช้ AI ในงานวิชาการ การตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล และการป้องกันการใช้ AI เพื่อสร้างข้อมูลเท็จหรือบิดเบือนข้อเท็จจริง (UNESCO, 2023) การกำหนดแนวทางดังกล่าวจะช่วยรักษามาตรฐานทางวิชาการและสร้างความเข้าใจร่วมเกี่ยวกับขอบเขตการใช้ AI ในสถาบันอุดมศึกษา นอกจากนี้ การพัฒนาทักษะความฉลาดรู้ด้านปัญญาประดิษฐ์ (AI Literacy) ยังเป็นองค์ประกอบสำคัญที่สนับสนุนการใช้ AI อย่างมีจริยธรรมเนื่องจากอาจารย์ บุคลากร และนักศึกษาจำเป็นต้องมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับศักยภาพ ข้อจำกัด และผลกระทบของ AI เพื่อให้สามารถใช้เทคโนโลยีได้อย่างมีวิจารณญาณ การพัฒนาทักษะดังกล่าวช่วยลดความเสี่ยงจากการใช้ AI ที่ไม่เหมาะสม และส่งเสริมการใช้เทคโนโลยีอย่างรับผิดชอบในบริบททางวิชาการ

เมื่อพิจารณาต่อเนื่องจาก Ethical AI แนวคิดความรับผิดชอบของ AI (Responsible AI) เป็นอีกองค์ประกอบหนึ่งที่ช่วยเสริมให้การใช้ AI ในอุดมศึกษามีความรอบคอบมากขึ้น โดยมุ่งเน้นการพัฒนา AI ที่มีความรับผิดชอบต่อมนุษย์และสังคม ระบบ AI ควรมีความโปร่งใส ตรวจสอบได้ ลดอคติ และสามารถอธิบายเหตุผลของการตัดสินใจได้ (Dignum, 2019) นอกจากนี้ Responsible AI ยังให้ความสำคัญกับการมีส่วนร่วมของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย การประเมินผลกระทบทางสังคม และการกำหนดกลไกความรับผิดชอบเมื่อเกิดข้อผิดพลาดจากระบบ ในสถาบันอุดมศึกษา Responsible AIมีความสำคัญอย่างยิ่ง

ต่อการบริหารจัดการข้อมูลและการใช้ AI เพื่อสนับสนุนการตัดสินใจ ตัวอย่างเช่น การใช้ AI วิเคราะห์ข้อมูลผู้เรียน การประเมินผลการศึกษา หรือการคัดกรองข้อมูลด้านการบริหาร จำเป็นต้องมีมาตรการตรวจสอบความเป็นธรรมและลดความเสี่ยงจากอคติของข้อมูล หากมหาวิทยาลัยขาดระบบตรวจสอบที่เหมาะสม อาจทำให้เกิดความเหลื่อมล้ำหรือการตัดสินใจที่ไม่เป็นธรรมต่อผู้เรียนบางกลุ่มได้

ในขณะเดียวกันปัญญาประดิษฐ์ที่เน้นมนุษย์เป็นศูนย์กลาง (Human-Centered AI) เป็นแนวคิดที่ช่วยกำหนดทิศทางการใช้ AI ให้สอดคล้องกับคุณค่าทางการศึกษา แนวคิดนี้ให้ความสำคัญกับการออกแบบ AI ที่สนับสนุนศักยภาพของมนุษย์มากกว่าการทดแทนมนุษย์ โดย AI ควรทำหน้าที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการเรียนรู้ การทำงาน และการตัดสินใจ ขณะที่มนุษย์ยังคงมีบทบาทในฐานะผู้กำกับดูแลและผู้ตัดสินใจขั้นสุดท้าย (Shneiderman, 2022) แนวคิด Human-Centered AI มีความสำคัญต่อภาคอุดมศึกษา เนื่องจากเป้าหมายของการศึกษานอกจากการถ่ายทอดข้อมูลแล้ว ยังรวมถึงการพัฒนาความคิดวิเคราะห์ ความคิดสร้างสรรค์ และจริยธรรมของผู้เรียน การเรียนรู้ที่เน้นมนุษย์เป็นศูนย์กลางจึงสามารถสนับสนุนการเรียนรู้แบบเฉพาะบุคคล การออกแบบกิจกรรมที่เหมาะสมกับผู้เรียน และการเพิ่มโอกาสในการเข้าถึงองค์ความรู้ อย่างไรก็ตามมหาวิทยาลัยยังต้องรักษาสมดุลระหว่างการใช้เทคโนโลยีกับการพัฒนาทักษะด้านมนุษยสัมพันธ์ การคิดเชิงวิพากษ์ และความรับผิดชอบต่อสังคม เพื่อป้องกันไม่ให้ AI เข้ามาแทนที่กระบวนการเรียนรู้ทั้งหมด

ประเด็นสุดท้ายที่เกี่ยวข้องอย่างใกล้ชิดกับธรรมาภิบาลและจริยธรรมของ AI ในอุดมศึกษาคือ ความซื่อสัตย์ทางวิชาการ (Academic Integrity) เนื่องจากปัญญาประดิษฐ์แบบรู้สร้าง (Generative AI) ทำให้มหาวิทยาลัยเผชิญความท้าทายด้านการลอกเลียนผลงาน การสร้างเนื้อหาโดยไม่อ้างอิงแหล่งที่มา และการใช้ AI แทนกระบวนการคิดของผู้เรียน (Eaton, 2023) สถานการณ์ดังกล่าวส่งผลต่อความน่าเชื่อถือของระบบการประเมินผลและมาตรฐานทางวิชาการการรักษาความซื่อสัตย์ทางวิชาการในยุค AI ต้องอาศัยทั้งมาตรการกำกับดูแลและการพัฒนาวัฒนธรรมองค์กรมหาวิทยาลัยควรกำหนดแนวทางการใช้ AI ในงานวิชาการอย่างชัดเจน พัฒนารูปแบบการประเมินผลที่เน้นกระบวนการคิดและการวิเคราะห์ รวมถึงส่งเสริมจริยธรรมการใช้เทคโนโลยีในหมู่นักศึกษาและบุคลากร เพื่อให้ AI เป็นเครื่องมือสนับสนุนการเรียนรู้มากกว่าการลดทอนคุณค่าของกระบวนการศึกษา

ธรรมาภิบาลปัญญาประดิษฐ์และการใช้ปัญญาประดิษฐ์อย่างมีจริยธรรมเป็นองค์ประกอบสำคัญของการบริหารอุดมศึกษาผ่านปัญญาประดิษฐ์แบบรู้สร้างและปัญญาประดิษฐ์เฉพาะทาง มหาวิทยาลัยจำเป็นต้องมีนโยบาย กลไกกำกับดูแลการคุ้มครองข้อมูล ความโปร่งใส และแนวปฏิบัติที่ชัดเจน เพื่อให้การใช้ AI เป็นไปอย่างรับผิดชอบ เป็นธรรม และสอดคล้องกับคุณค่าทางการศึกษา ขณะเดียวกัน การพัฒนาความฉลาดรู้ด้านปัญญาประดิษฐ์ ความรับผิดชอบของ AI และแนวคิดมนุษย์เป็นศูนย์กลาง จะช่วยให้ Generative AI และ Specialized AI เป็นกลไกเชิงยุทธศาสตร์ที่สนับสนุนการเรียนรู้ การบริหารจัดการ มาตรฐานทางวิชาการ และความน่าเชื่อถือของสถาบันอุดมศึกษาในระยะยาว

ผลกระทบของปัญญาประดิษฐ์ต่อการเปลี่ยนแปลงภาคอุดมศึกษา

ปัญญาประดิษฐ์แบบรู้สร้างและปัญญาประดิษฐ์เฉพาะทางได้สร้างผลกระทบต่อภาคอุดมศึกษาอย่างกว้างขวาง ทั้งด้านการเรียนการสอน บทบาทของอาจารย์ การบริหารจัดการ และการแข่งขันของมหาวิทยาลัย การทำความเข้าใจผลกระทบดังกล่าวจะช่วยให้สถาบันอุดมศึกษาสามารถกำหนดยุทธศาสตร์และแนวทางปรับตัวได้อย่างเหมาะสมซึ่งผลกระทบแต่ละด้านมีรายละเอียด ดังนี้

1. ผลกระทบต่อการเรียนการสอน

Generative AI ส่งผลต่อการเรียนการสอนในสถาบันอุดมศึกษาอย่างชัดเจน ทั้งด้านรูปแบบการเรียนรู้ การสร้างเนื้อหาทางการศึกษา และระบบการประเมินผล เทคโนโลยีดังกล่าวทำให้การเรียนรู้มีความยืดหยุ่นมากขึ้น สามารถตอบสนองต่อผู้เรียนรายบุคคล และลดข้อจำกัดของการจัดการศึกษาแบบเดิม

ผลกระทบประการแรกคือ การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้เฉพาะบุคคล (Personalized Learning) โดยระบบ AI สามารถวิเคราะห์พฤติกรรมการเรียนรู้ ระดับความเข้าใจ และความสนใจของผู้เรียนแต่ละคน เพื่อนำเสนอเนื้อหา กิจกรรม หรือแบบฝึกหัดที่เหมาะสมกับศักยภาพของผู้เรียน (Zawacki - Richter et al., 2019) แนวทางดังกล่าวช่วยลดข้อจำกัดของการเรียนรู้แบบเดียวกันสำหรับทุกคน และสนับสนุนการเรียนรู้ตามความแตกต่างระหว่างบุคคล

นอกจากการเรียนรู้เฉพาะบุคคลแล้ว Generative AI ยังสามารถทำหน้าที่เป็นผู้ช่วยสอนอัจฉริยะ (AI Tutor) โดยระบบสามารถตอบคำถาม อธิบายเนื้อหา สรุปบทเรียน และให้ข้อเสนอแนะได้ตลอดเวลา ผู้เรียนจึงเข้าถึงการสนับสนุนด้านการเรียนรู้ได้โดยไม่จำกัดเวลาและสถานที่ (Luckin, 2018) ในบางสาขา AI Tutor ยังนำมาใช้เพื่อจำลองสถานการณ์ ฝึกสนทนาภาษา วิเคราะห์ข้อมูล เขียนโปรแกรม หรือฝึกทักษะทางคลินิก ซึ่งช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการเรียนรู้เชิงปฏิบัติและลดข้อจำกัดด้านทรัพยากร

ผลกระทบประการถัดมา คือ Generative AI ส่งผลต่อกระบวนการสร้างเนื้อหาทางการศึกษา อาจารย์สามารถใช้ AI เพื่อสร้างสื่อการสอน สรุปเนื้อหา ออกแบบกิจกรรม และพัฒนาแบบฝึกหัดได้รวดเร็วขึ้น ขณะที่ผู้เรียนสามารถใช้ AI เพื่อค้นคว้าข้อมูลและสรุปบทเรียน เทคโนโลยีดังกล่าวช่วยลดภาระด้านการจัดเตรียมเนื้อหาและเพิ่มความหลากหลายของสื่อการเรียนรู้ อย่างไรก็ตาม เนื้อหาที่สร้างโดย AI (AI-generated content) ยังมีข้อจำกัดด้านความถูกต้องและความน่าเชื่อถือของข้อมูล เนื่องจาก AI อาจสร้างข้อมูลผิดพลาด ขาดแหล่งอ้างอิง หรือไม่สอดคล้องกับบริบททางวิชาการ (Dwivedi et al., 2023) หากผู้เรียนขาดทักษะในการตรวจสอบข้อมูล อาจส่งผลต่อคุณภาพการเรียนรู้และความเข้าใจทางวิชาการ

Generative AI ยังส่งผลต่อระบบการประเมินผลอย่างมีนัยสำคัญ การประเมินแบบเดิม เช่น รายงาน การบ้าน หรือข้อสอบข้อเขียน มีข้อจำกัดมากขึ้น เพราะผู้เรียนสามารถใช้ AI สร้างคำตอบหรือผลิตงานเขียนได้อย่างรวดเร็ว มหาวิทยาลัยต้องปรับรูปแบบการประเมินให้เน้นกระบวนการคิด การวิเคราะห์ และการประยุกต์ใช้ความรู้มากขึ้น แนวทางการประเมินในยุค AI ควรให้ความสำคัญกับการเรียนรู้เชิงปฏิบัติ การอภิปราย การทำโครงงาน และการประเมินระหว่างกระบวนการเรียนรู้ (Formative Assessment) มากกว่าการวัดผลจากคำตอบสำเร็จรูป (Bearman et al., 2024) การเปลี่ยนแปลงระบบการประเมินผลดังกล่าวจะช่วยส่งเสริมการคิดเชิงวิพากษ์ การแก้ปัญหา และการทำงานร่วมกับ AI อย่างเหมาะสม

แม้ AI จะช่วยเพิ่มความยืดหยุ่นและประสิทธิภาพของการเรียนรู้ แต่การจัดการเรียนการสอนในยุค AI ยังจำเป็นต้องมีการกำกับดูแลด้านคุณภาพ ความถูกต้องของเนื้อหา การพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ และจริยธรรมการใช้เทคโนโลยีของผู้เรียน มหาวิทยาลัยจึงต้องออกแบบระบบการเรียนรู้ที่เชื่อมโยงเทคโนโลยีกับคุณค่าพื้นฐานของการศึกษาอย่างสมดุล

2. ผลกระทบต่อบทบาทของอาจารย์

Generative AI ส่งผลต่อบทบาทของอาจารย์ในสถาบันอุดมศึกษาอย่างชัดเจน โดยเฉพาะด้านการออกแบบการเรียนรู้ การจัดกิจกรรมการสอน และการพัฒนาประสบการณ์การเรียนรู้ของผู้เรียน เทคโนโลยีดังกล่าวทำให้บทบาทของอาจารย์เปลี่ยนจาก "ผู้ถ่ายทอดความรู้" ไปสู่ "ผู้ออกแบบการเรียนรู้" (Learning Designer) มากขึ้น

ในอดีต การเรียนการสอนระดับอุดมศึกษามักเน้นการบรรยายและถ่ายทอดเนื้อหาจากอาจารย์สู่ผู้เรียน อย่างไรก็ตาม การเข้าถึงองค์ความรู้ผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัลและ Generative AI ทำให้ผู้เรียนสามารถค้นคว้า สรุปข้อมูล และเรียนรู้ด้วย

ตนเองได้รวดเร็วขึ้น อาจารย์ต้องมุ่งออกแบบกระบวนการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการคิดวิเคราะห์ การอภิปราย และการประยุกต์ใช้ความรู้ในสถานการณ์จริง (Luckin, 2018)

ภายใต้บทบาทดังกล่าว แนวคิดผู้ออกแบบการเรียนรู้ (Learning Designer) จึงมีความสำคัญมากขึ้น เพราะให้ความสำคัญกับการกำหนดเป้าหมายการเรียนรู้ การเลือกเครื่องมือดิจิทัล และการออกแบบกิจกรรมที่สอดคล้องกับผลลัพธ์การเรียนรู้ (Laurillard, 2012) ในบริบทของ Generative AI อาจารย์ต้องพิจารณาว่ากิจกรรมใดเหมาะสมกับการใช้ AI และกิจกรรมใดควรมุ่งพัฒนาทักษะที่ AI ไม่สามารถทดแทนได้ เช่น การคิดเชิงวิพากษ์ การแก้ปัญหา การสื่อสาร และจริยธรรมวิชาชีพ

นอกจากบทบาทด้านการออกแบบการเรียนรู้แล้ว Generative AI ยังสนับสนุนการใช้ AI เป็นเครื่องมือช่วยสอน (AI-assisted Teaching) โดยระบบ AI สามารถช่วยสรุปเนื้อหา สร้างแบบฝึกหัด วิเคราะห์ข้อมูลผู้เรียน และจัดทำเอกสารประกอบการสอนได้รวดเร็วขึ้น เทคโนโลยีดังกล่าวช่วยลดภาระงานด้านเอกสาร ทำให้อาจารย์มีเวลาพัฒนาคุณภาพการเรียนรู้และดูแลผู้เรียนมากขึ้น

การใช้ AI เป็นเครื่องมือช่วยสอนยังสนับสนุนการเรียนรู้แบบโต้ตอบและการเรียนรู้แบบผสมผสาน (Blended Learning) อาจารย์สามารถใช้ AI ร่วมกับระบบบริหารจัดการการเรียนรู้ (Learning Management System: LMS) เพื่อจัดกิจกรรมออนไลน์ ติดตามความก้าวหน้าของผู้เรียน และให้ข้อเสนอแนะได้แบบเรียลไทม์ แนวทางดังกล่าวช่วยเพิ่มความต่อเนื่องของการเรียนรู้ และเพิ่มประสิทธิภาพการสื่อสารระหว่างอาจารย์กับผู้เรียน

อย่างไรก็ตาม แม้ AI จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการเรียนการสอน แต่อาจารย์ยังมีบทบาทสำคัญด้านการสร้างแรงบันดาลใจ การพัฒนาจริยธรรม และการสร้างบรรยากาศการเรียนรู้ เนื่องจาก AI ไม่สามารถทดแทนความเข้าใจบริบททางสังคม ความสัมพันธ์เชิงมนุษย์ และการพัฒนาคุณค่าความเป็นมนุษย์ของผู้เรียนได้ (Holmes et al., 2022)

ขณะเดียวกัน Generative AI ยังสร้างความท้าทายต่ออาจารย์หลายด้าน เช่น ความจำเป็นในการพัฒนาทักษะความฉลาดรู้ด้านปัญญาประดิษฐ์ (AI Literacy) การปรับระบบประเมินผล และการจัดการปัญหาการลอกเลียนผลงานทางวิชาการ อาจารย์จำนวนมากยังขาดความมั่นใจในการใช้ AI และมีข้อกังวลเกี่ยวกับความถูกต้องของข้อมูลและความน่าเชื่อถือของเนื้อหา (Kasneci et al., 2023) ดังนั้น มหาวิทยาลัยต้องสนับสนุนการพัฒนาศักยภาพของอาจารย์ ทั้งด้านการใช้ AI การออกแบบการเรียนรู้ดิจิทัล และจริยธรรมการใช้เทคโนโลยี เพื่อให้อาจารย์สามารถใช้ AI เป็นเครื่องมือสนับสนุนการเรียนรู้ได้อย่างเหมาะสม

3. ผลกระทบต่อการบริหารจัดการ

Generative AI ส่งผลต่อการบริหารสถาบันอุดมศึกษาในระดับโครงสร้าง โดยเฉพาะด้านการวางแผนเชิงยุทธศาสตร์ การบริหารข้อมูล และกระบวนการตัดสินใจ เทคโนโลยีดังกล่าวทำให้ผู้บริหารต้องปรับรูปแบบการบริหารจากระบบที่อาศัยประสบการณ์เป็นหลัก ไปสู่การบริหารบนฐานข้อมูล (Data-driven Management) มากขึ้น

ระบบ AI สามารถรวบรวม วิเคราะห์ และประมวลผลข้อมูลจำนวนมากได้อย่างรวดเร็ว ทั้งข้อมูลด้านผู้เรียน บุคลากร การเงิน งานวิจัย และคุณภาพการศึกษา ผู้บริหารจึงสามารถใช้ข้อมูลเชิงลึก (Insight) เพื่อกำหนดนโยบาย คาดการณ์แนวโน้ม และประเมินผลการดำเนินงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น (Mandinach& Gummer, 2016) การใช้ข้อมูลดังกล่าวช่วยให้การบริหารมหาวิทยาลัยมีความแม่นยำ เป็นระบบ และตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงได้รวดเร็วกว่าการตัดสินใจจากประสบการณ์เพียงอย่างเดียว

นอกจากนี้ AI ยังสนับสนุนการวิเคราะห์เชิงคาดการณ์ (Predictive Analytics) เพื่อคาดการณ์แนวโน้มการสมัครเรียน อัตราการคงอยู่ของนักศึกษา ประสิทธิภาพของหลักสูตร หรือภาระงานของบุคลากร ข้อมูลเหล่านี้ช่วยลดความเสี่ยงใน

การบริหารจัดการ และเพิ่มความแม่นยำของการวางแผนเชิงยุทธศาสตร์ โดยเฉพาะในบริบทที่มหาวิทยาลัยต้องเผชิญกับการเปลี่ยนแปลงด้านผู้เรียน หลักสูตร และทรัพยากรอย่างต่อเนื่อง

ประเด็นสำคัญ คือ การพัฒนาการบริหารอัจฉริยะ (Smart Administration) โดยระบบ AI ได้นำมาใช้ในการจัดตารางเรียน บริหารงบประมาณ จัดการเอกสาร และให้บริการนักศึกษา (Educause, 2024) ระบบดังกล่าวช่วยลดภาระงาน เพิ่มความรวดเร็วในการให้บริการ และลดข้อผิดพลาดจากกระบวนการทำงานแบบเดิม ส่งผลให้การบริหารภายในมหาวิทยาลัยมีประสิทธิภาพและคล่องตัวมากขึ้น

ในด้านการให้บริการ มหาวิทยาลัยหลายแห่งเริ่มใช้แชตบอต (Chatbot) และผู้ช่วยอัจฉริยะ (AI Assistant) เพื่อให้ข้อมูลด้านทะเบียน หลักสูตร ผลการเรียน หรือการให้คำปรึกษาเบื้องต้น ระบบอัตโนมัติดังกล่าวช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการให้บริการนักศึกษา ลดภาระงานของบุคลากรสายสนับสนุน และทำให้ผู้บริหารสามารถจัดสรรทรัพยากรบุคคลไปสู่ภารกิจที่ต้องใช้การวิเคราะห์และการตัดสินใจเชิงคุณภาพมากขึ้น

Generative AI ยังส่งผลต่อการวางแผนระดับสถาบัน โดยมหาวิทยาลัยสามารถใช้ AI วิเคราะห์แนวโน้มตลาดแรงงาน ความต้องการของอุตสาหกรรม และการเปลี่ยนแปลงด้านประชากร เพื่อวางแผนพัฒนาหลักสูตร งานวิจัย และโครงสร้างพื้นฐานได้เหมาะสมมากขึ้น (Siemens & Long, 2011) ประเด็นนี้สะท้อนว่า AI เป็นทั้งเครื่องมือสนับสนุนงานประจำและเป็นกลไกสำคัญในการกำหนดทิศทางเชิงยุทธศาสตร์ของมหาวิทยาลัย

อย่างไรก็ตาม การใช้ AI ในการบริหารยังเผชิญข้อจำกัดด้านความถูกต้องของข้อมูล ความปลอดภัยทางไซเบอร์ (Cybersecurity) และอคติของอัลกอริทึม (Algorithmic Bias) (Williamson & Eynon, 2020) หากข้อมูลที่ใช้วิเคราะห์ไม่สมบูรณ์ อาจส่งผลต่อคุณภาพของการตัดสินใจและสร้างความไม่เป็นธรรมในการบริหารจัดการ นอกจากนี้ ยังมีความเสี่ยงจากการพึ่งพาเทคโนโลยีมากเกินไป แม้ AI จะช่วยสนับสนุนการตัดสินใจ แต่การบริหารมหาวิทยาลัยยังต้องอาศัยการพิจารณาด้านจริยธรรม คุณค่าทางการศึกษา และบริบททางสังคม ซึ่ง AI ไม่สามารถทดแทนมนุษย์ได้ทั้งหมด (Shneiderman, 2022)

4. ผลกระทบต่อการแข่งขันของมหาวิทยาลัย

Generative AI ส่งผลต่อโครงสร้างการแข่งขันของสถาบันอุดมศึกษาในระดับโลก เนื่องจากเทคโนโลยีดิจิทัลและ AI ทำให้ข้อจำกัดด้านเวลา สถานที่ และพรมแดนทางการศึกษาลดลง มหาวิทยาลัยจึงต้องแข่งขันในระบบการศึกษาระดับสากลมากขึ้น โดยเฉพาะการขยายตัวของแพลตฟอร์มการเรียนรู้ระดับโลก (Global Learning Platform) เช่น Coursera, edX และ FutureLearn ซึ่งทำให้ผู้เรียนสามารถเข้าถึงหลักสูตรจากมหาวิทยาลัยชั้นนำทั่วโลกได้โดยตรง ระบบดังกล่าวเปลี่ยนการแข่งขันจากการแข่งขันเชิงพื้นที่ไปสู่การแข่งขันด้านคุณภาพเนื้อหา ประสบการณ์การเรียนรู้ และความสามารถในการตอบสนองต่อทักษะแห่งอนาคต (Selwyn, 2022)

Generative AI ยังช่วยเพิ่มขีดความสามารถของแพลตฟอร์มการเรียนรู้ระดับโลก ผ่านระบบการเรียนรู้แบบเฉพาะบุคคล การแปลภาษาอัตโนมัติ และการสนับสนุนผู้เรียนแบบเรียลไทม์ ส่งผลให้ผู้เรียนมีทางเลือกทางการศึกษามากขึ้น ทั้งหลักสูตรระยะสั้น ประกาศนียบัตรดิจิทัล (Digital Credentials) และหน่วยรับรองสมรรถนะขนาดย่อย (Micro-credentials) ซึ่งตอบสนองต่อความต้องการของตลาดแรงงานได้รวดเร็วกว่าหลักสูตรปริญญาแบบเดิม (OECD, 2023) ประเด็นดังกล่าวทำให้มหาวิทยาลัยต้องแข่งขันด้านความยืดหยุ่นของหลักสูตร คุณภาพของประสบการณ์ผู้เรียน และความสามารถในการเชื่อมโยงการศึกษากับทักษะที่ตลาดแรงงานต้องการ

แนวโน้มสำคัญ คือ การศึกษาที่ไร้พรมแดน (Borderless Education) ผู้เรียนสามารถเข้าถึงชั้นเรียนออนไลน์และแพลตฟอร์มดิจิทัลจากมหาวิทยาลัยต่างประเทศได้โดยไม่จำเป็นต้องเดินทาง (Marginson, 2016) สถานการณ์ดังกล่าวทำให้การแข่งขันของมหาวิทยาลัยขยายจากระดับพื้นที่ไปสู่ระดับนานาชาติอย่างชัดเจน มหาวิทยาลัยจึงจำเป็นต้องพัฒนาคุณภาพ

การเรียนรู้ ระบบดิจิทัล และบริการสนับสนุนผู้เรียน เพื่อให้สามารถรักษาความสามารถในการแข่งขันในระบบอุดมศึกษาระดับโลกได้

นอกจากนี้ Generative AI ยังสนับสนุนเศรษฐกิจแห่งการเรียนรู้ตลอดชีวิต (Lifelong Learning Economy) เนื่องจากตลาดแรงงานต้องการแรงงานที่สามารถพัฒนาทักษะใหม่และทำงานร่วมกับ AI ได้ (World Economic Forum, 2023) มหาวิทยาลัยจึงต้องปรับบทบาทจากการผลิตบัณฑิตเพียงช่วงวัยหนึ่ง ไปสู่การเป็นศูนย์กลางการเรียนรู้ตลอดชีวิตที่ตอบสนองต่อผู้เรียนหลากหลายกลุ่มและความต้องการของตลาดแรงงานที่เปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่องระบบ AI ยังสามารถช่วยออกแบบเส้นทางการเรียนรู้เฉพาะบุคคล วิเคราะห์ทักษะที่จำเป็น และสนับสนุนการเรียนรู้ด้วยตนเอง ทำให้การพัฒนาทักษะมีความยืดหยุ่นและเชื่อมโยงกับตลาดแรงงานมากขึ้น

อย่างไรก็ตาม แม้ว่า Generative AI จะสร้างโอกาสใหม่ด้านการแข่งขันและการเข้าถึงการศึกษา แต่มหาวิทยาลัยยังต้องเผชิญกับความท้าทายด้านความเหลื่อมล้ำทางดิจิทัล การแข่งขันกับแพลตฟอร์มระดับโลก และความคาดหวังของผู้เรียนที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว (UNESCO, 2023)ดังนั้น มหาวิทยาลัยที่ไม่สามารถปรับตัวด้านดิจิทัลหรือพัฒนาหลักสูตรให้ตอบสนองต่ออนาคต อาจสูญเสียความสามารถในการแข่งขันในระยะยาว เนื่องจากการแข่งขันของมหาวิทยาลัยในยุค AI ขึ้นอยู่กับความสามารถในการสร้างระบบนิเวศการเรียนรู้ดิจิทัล การพัฒนาหลักสูตรที่สอดคล้องกับอนาคต และการใช้ AI เพื่อยกระดับคุณภาพการเรียนรู้และการบริหารจัดการอย่างมีประสิทธิภาพ

ยุทธศาสตร์การบริหารอุดมศึกษาผ่านปัญญาประดิษฐ์แบบรู้สร้างและปัญญาประดิษฐ์เฉพาะทาง

จากการวิเคราะห์ผลกระทบข้างต้น จะเห็นได้ว่า Generative AI และ Specialized AI ได้เปลี่ยนแปลงอุดมศึกษาในหลายมิติ ทั้งการเรียนการสอน บทบาทของอาจารย์ การบริหารจัดการ และการแข่งขันของมหาวิทยาลัย การปรับตัวแบบเฉพาะจุดย่อมจะไม่เพียงพอ มหาวิทยาลัยจำเป็นต้องกำหนดยุทธศาสตร์ AI ระดับองค์กรที่เชื่อมโยงภาวะผู้นำ หลักสูตรและการเรียนรู้ อัตลักษณ์ของสถาบัน บุคลากร และธรรมาภิบาลปัญญาประดิษฐ์เข้าด้วยกันอย่างเป็นระบบ เพื่อยกระดับคุณภาพการศึกษาและเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันในระยะยาวซึ่งแต่ละด้านมีรายละเอียด ดังนี้

1. ยุทธศาสตร์ด้านภาวะผู้นำ

ภาวะผู้นำในยุค AI ต้องอาศัยความเข้าใจด้านเทคโนโลยี การบริหารเชิงยุทธศาสตร์ และผลกระทบทางสังคมของ AI ผู้บริหารมหาวิทยาลัยจำเป็นต้องกำหนดทิศทางองค์กรให้ตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยีอย่างเหมาะสม บทบาทของผู้นำไม่ได้จำกัดอยู่ที่การบริหารทรัพยากรหรือการรักษาเสถียรภาพขององค์กร แต่ยังครอบคลุมการสร้างวิสัยทัศน์ การผลักดันนวัตกรรม และการพัฒนาองค์กรให้สามารถเรียนรู้และปรับตัวได้อย่างต่อเนื่อง

ยุทธศาสตร์สำคัญประการแรก คือ การพัฒนาความฉลาดรู้ด้านปัญญาประดิษฐ์ของผู้บริหาร (AI Literacy) ซึ่งหมายถึงความสามารถในการเข้าใจหลักการทำงานของ AI ประเมินโอกาสและความเสี่ยงของเทคโนโลยี รวมถึงใช้ AI อย่างเหมาะสมและมีจริยธรรม (Long & Magerko, 2020) ผู้บริหารที่ขาดความเข้าใจด้าน AI จะไม่สามารถกำหนดยุทธศาสตร์หรือประเมินผลกระทบของเทคโนโลยีต่อองค์กรได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้น ความฉลาดรู้ด้านปัญญาประดิษฐ์ของผู้บริหาร (AI Literacy) ควรครอบคลุมความรู้ด้านข้อมูล การบริหารความเสี่ยง จริยธรรมดิจิทัล และผลกระทบของ AI ต่อการศึกษาและตลาดแรงงาน เพื่อให้ผู้บริหารสามารถประเมินว่า AI ประเภทใดเหมาะสมกับบริบทของมหาวิทยาลัย และเชื่อมโยงเทคโนโลยีกับพันธกิจขององค์กรได้อย่างสอดคล้อง

ยุทธศาสตร์สำคัญถัดมา คือ ภาวะผู้นำเชิงวิสัยทัศน์ (Visionary Leadership) ผู้บริหารต้องสามารถมองเห็นแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยี สังคม และเศรษฐกิจ เพื่อกำหนดยุทธศาสตร์ที่รองรับอนาคตของอุดมศึกษา (Sahlberg, 2021) ภาวะผู้นำลักษณะดังกล่าวมีความสำคัญต่อการลงทุนด้านโครงสร้างพื้นฐานดิจิทัล การพัฒนาหลักสูตร และการสร้างระบบนิเวศนวัตกรรมภายในมหาวิทยาลัย

นอกจากนี้ มหาวิทยาลัยยังต้องพัฒนาการบริหารมหาวิทยาลัยแบบคล่องตัว (Agile University Management) ซึ่งให้ความสำคัญกับความยืดหยุ่น การตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลง และการตัดสินใจที่รวดเร็ว (Rigby et al., 2020) การบริหารลักษณะดังกล่าวช่วยให้มหาวิทยาลัยสามารถพัฒนาหลักสูตรใหม่ สร้างความร่วมมือกับภาคอุตสาหกรรม และทดลองนวัตกรรมทางการศึกษาได้รวดเร็วขึ้น

2. ยุทธศาสตร์ด้านหลักสูตรและการเรียนรู้

การเปลี่ยนแปลงของ AI ทำให้ระบบการศึกษาแบบเดิมที่เน้นการถ่ายทอดองค์ความรู้เฉพาะสาขาไม่เพียงพอต่อการพัฒนากำลังคนในอนาคต มหาวิทยาลัยต้องปรับหลักสูตรและรูปแบบการเรียนรู้ให้เชื่อมโยงเทคโนโลยี องค์ความรู้ และทักษะแห่งอนาคตเข้าด้วยกัน

ยุทธศาสตร์สำคัญประการแรก คือ การพัฒนาหลักสูตรที่บูรณาการ AI ในทุกสาขาวิชา (AI-integrated Curriculum) แนวทางดังกล่าวไม่ได้หมายถึงการเพิ่มรายวิชา AI เพียงบางรายวิชา แต่ครอบคลุมการออกแบบการเรียนรู้ที่ทำให้ผู้เรียนสามารถเข้าใจ ใช้ และประเมินผลกระทบของ AI ในบริบทวิชาชีพของตนเองได้ (UNESCO, 2023) หลักสูตรยุค AI ต้องพัฒนาทั้งความรู้ ทักษะ และจริยธรรม ผู้เรียนควรมีความเข้าใจด้าน AI การวิเคราะห์ข้อมูล การใช้เทคโนโลยีดิจิทัล และผลกระทบของระบบอัตโนมัติ แนวทางดังกล่าวช่วยให้ผู้เรียนสามารถทำงานร่วมกับ AI ได้อย่างมีประสิทธิภาพและมีความรับผิดชอบต่อสังคม

ยุทธศาสตร์สำคัญประการที่สอง คือ การเรียนรู้แบบสหวิทยาการ (Interdisciplinary Learning) เนื่องจากการพัฒนา AI ทำให้เส้นแบ่งระหว่างศาสตร์เชื่อมโยงกันมากขึ้น ปัญหาในโลกจริงจำนวนมากต้องอาศัยองค์ความรู้จากหลายสาขาร่วมกัน เช่น สุขภาพดิจิทัล ธุรกิจข้อมูล หรือกฎหมายดิจิทัล (Marginson, 2016) มหาวิทยาลัยควรพัฒนาหลักสูตรและกิจกรรมที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนจากหลากหลายสาขาได้ทำงานร่วมกัน การเรียนรู้แบบสหวิทยาการช่วยพัฒนาการคิดเชิงระบบ การแก้ปัญหาเชิงซับซ้อน และการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีในบริบทที่หลากหลาย

ยุทธศาสตร์สำคัญประการที่สาม คือ การพัฒนาทักษะแห่งอนาคต (Future Skills) เทคโนโลยี AI และระบบอัตโนมัติทำให้ตลาดแรงงานต้องการทักษะใหม่มากขึ้น ทั้งการคิดเชิงวิพากษ์ การแก้ปัญหา ความคิดสร้างสรรค์ การวิเคราะห์ข้อมูล และการเรียนรู้ตลอดชีวิต (World Economic Forum, 2023) ทักษะดังกล่าวเป็นทักษะที่ AI ไม่สามารถทดแทนได้ทั้งหมด และมีความสำคัญต่อการทำงานในสังคมดิจิทัล

ยุทธศาสตร์สำคัญประการสุดท้าย คือ การพัฒนาระบบการเรียนรู้ตลอดชีวิต (Lifelong Learning) มหาวิทยาลัยยังต้องพัฒนาระบบการเรียนรู้ตลอดชีวิตเพื่อรองรับหลักสูตรระยะสั้น หลักสูตรออนไลน์ และหน่วยรับรองสมรรถนะขนาดย่อย (Micro-credentials) ซึ่งมีความสำคัญเพิ่มขึ้น เนื่องจากผู้เรียนต้องการพัฒนาทักษะใหม่ให้สอดคล้องกับความเปลี่ยนแปลงของตลาดแรงงาน (OECD, 2023)

3. ยุทธศาสตร์ด้านการพัฒนาปัญญาประดิษฐ์เฉพาะทางตามอัตลักษณ์มหาวิทยาลัย

การพัฒนาปัญญาประดิษฐ์เฉพาะทาง (Specialized AI) ช่วยให้มหาวิทยาลัยสามารถกำหนดยุทธศาสตร์ด้านเทคโนโลยีที่สอดคล้องกับอัตลักษณ์และความเชี่ยวชาญของสถาบัน แนวทางดังกล่าวทำให้ AI เชื่อมโยงกับพันธกิจ วิชาชีพ และบริบททางสังคมของมหาวิทยาลัยโดยตรง โดยสามารถพัฒนาเป็นยุทธศาสตร์เฉพาะด้านในแต่ละสาขา ดังนี้

ในสาขาปฐมวัย มหาวิทยาลัยสามารถพัฒนา AI เพื่อวิเคราะห์พัฒนาการเด็ก โดยระบบ AI สามารถวิเคราะห์ข้อมูลด้านพฤติกรรม ภาษา และการเรียนรู้ เพื่อช่วยประเมินพัฒนาการและออกแบบกิจกรรมที่เหมาะสมกับเด็กแต่ละคน (Luckin, 2018) นอกจากนี้ AI ยังสามารถใช้ในการคัดกรองความเสี่ยงด้านพัฒนาการและสนับสนุนการเรียนรู้แบบเฉพาะบุคคล

สำหรับสาขาอาหารและโภชนาการ มหาวิทยาลัยสามารถพัฒนาปัญญาประดิษฐ์ด้านนวัตกรรมอาหาร (Food Innovation AI) เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลโภชนาการ พฤติกรรมผู้บริโภค และคุณภาพวัตถุดิบ เทคโนโลยีดังกล่าวช่วยสนับสนุนการพัฒนานวัตกรรมอาหารและอุตสาหกรรมอาหารอัจฉริยะ (Jiang et al., 2021)

ส่วนสาขาพยาบาลและสุขภาวะ ยุทธศาสตร์สำคัญ คือ การพัฒนาระบบจำลองสถานการณ์ด้วยปัญญาประดิษฐ์ (AI Simulation) เพื่อสนับสนุนการเรียนรู้ทางคลินิก ระบบจำลองสถานการณ์ช่วยให้ผู้เรียนสามารถฝึกวิเคราะห์อาการ ตัดสินใจ และดูแลผู้ป่วยในสภาพแวดล้อมเสมือนจริง ลดข้อจำกัดด้านทรัพยากรและเพิ่มความปลอดภัยในการฝึกปฏิบัติ (Topol, 2019) นอกจากนี้ มหาวิทยาลัยยังสามารถพัฒนาระบบวิเคราะห์และพยากรณ์ข้อมูลสุขภาพ (Predictive Healthcare) เพื่อประเมินปัจจัยเสี่ยงและสนับสนุนการดูแลสุขภาพเชิงป้องกัน ซึ่งมีความสำคัญต่อสังคมสูงวัยและระบบสาธารณสุขในอนาคต

สำหรับสาขาอุตสาหกรรมบริการ มหาวิทยาลัยสามารถพัฒนาปัญญาประดิษฐ์เพื่อการบริการอัจฉริยะ (Hospitality Intelligence) เพื่อวิเคราะห์พฤติกรรมลูกค้า การพยากรณ์ความต้องการ และการจัดการบริการแบบเฉพาะบุคคล (Buhalis & Moldavska, 2022) เทคโนโลยีดังกล่าวช่วยยกระดับประสบการณ์ผู้ใช้บริการและเพิ่มประสิทธิภาพการบริหารธุรกิจบริการ

ขณะที่สาขากฎหมายและการเมือง มหาวิทยาลัยสามารถพัฒนาการวิเคราะห์ข้อมูลทางกฎหมายด้วย AI (Legal Analytics) เพื่อสนับสนุนงานด้านนิติศาสตร์และนโยบายสาธารณะ AI สามารถสืบค้นคำพิพากษา วิเคราะห์เอกสารกฎหมายและเปรียบเทียบข้อมูลเชิงนิติศาสตร์จำนวนมากได้รวดเร็วขึ้น (Surden, 2019) นอกจากนี้ ระบบ AI ยังช่วยวิเคราะห์ข้อมูลเชิงนโยบายและแนวโน้มทางสังคม เพื่อสนับสนุนการตัดสินใจและการกำหนดนโยบายได้อย่างมีประสิทธิภาพ

4. ยุทธศาสตร์ด้านการพัฒนาบุคลากร

เทคโนโลยี AI ส่งผลโดยตรงต่อบทบาทของบุคลากรในมหาวิทยาลัยทั้งสายวิชาการและสายสนับสนุน ดังนั้น มหาวิทยาลัยควรกำหนดยุทธศาสตร์ด้านทรัพยากรมนุษย์ที่สอดคล้องกับบริบทของสังคมดิจิทัล

ประเด็นสำคัญประการแรก คือ การยกระดับทักษะด้าน AI ของบุคลากร (AI Upskilling) ซึ่งครอบคลุมการพัฒนาความรู้เกี่ยวกับ AI การใช้ข้อมูล การใช้เครื่องมือดิจิทัล และการประยุกต์ใช้ AI ในการทำงานจริง (OECD, 2023) สำหรับอาจารย์ การพัฒนาทักษะควรมุ่งเน้นการออกแบบการเรียนรู้ร่วมกับ AI การใช้ Generative AI เพื่อสร้างสื่อการสอน วิเคราะห์ข้อมูลผู้เรียน และพัฒนาระบบประเมินผล ขณะที่บุคลากรสายสนับสนุนควรได้รับการพัฒนาด้านระบบข้อมูลและการบริหารแพลตฟอร์มดิจิทัล

ประเด็นสำคัญถัดมา คือ การพัฒนาทักษะใหม่เพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงของบทบาทงาน (Reskilling) เทคโนโลยี AI ทำให้งานด้านเอกสารและงานธุรการจำนวนมากถูกแทนที่ด้วยระบบอัตโนมัติ บุคลากรจึงต้องพัฒนาทักษะที่ AI ไม่สามารถทดแทนได้ง่าย เช่น การคิดเชิงวิเคราะห์ การสื่อสาร การแก้ปัญหา และการทำงานร่วมกับผู้อื่น (World Economic Forum, 2023)

มหาวิทยาลัยยังต้องให้ความสำคัญกับการพัฒนาอาจารย์ในยุค AI (Faculty Development) การพัฒนาอาจารย์ไม่ควรจำกัดเฉพาะความรู้ทางวิชาการ แต่ต้องครอบคลุมทักษะดิจิทัล การออกแบบการเรียนรู้ และการใช้ AI อย่างมีจริยธรรม

(Laurillard, 2012) นอกจากนี้ ผู้บริหารต้องสร้างวัฒนธรรมองค์กรที่เปิดรับนวัตกรรมและสนับสนุนการเรียนรู้ร่วมกัน เพื่อลดความกังวลของบุคลากรต่อการเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยี และเพิ่มความพร้อมขององค์กรต่อการปรับตัวในระยะยาว

5. ยุทธศาสตร์ด้านจริยธรรมและธรรมาภิบาลปัญญาประดิษฐ์

การใช้ปัญญาประดิษฐ์แบบรู้สร้าง (Generative AI) และปัญญาประดิษฐ์เฉพาะทาง (Specialized AI) ในมหาวิทยาลัยทำให้ประเด็นด้านจริยธรรมและธรรมาภิบาลปัญญาประดิษฐ์ (AI Ethics and AI Governance)มีความสำคัญเพิ่มขึ้น เนื่องจาก AI เกี่ยวข้องกับข้อมูล การสร้างองค์ความรู้ และกระบวนการตัดสินใจ หากขาดระบบกำกับดูแลที่เหมาะสมอาจเกิดปัญหาด้านความโปร่งใส ความไม่เป็นธรรม และการละเมิดข้อมูลส่วนบุคคล

ยุทธศาสตร์สำคัญประการแรก คือ การกำหนดนโยบาย AI ของมหาวิทยาลัย (AI Policy) นโยบายดังกล่าวควรกำหนดทิศทาง เป้าหมาย และขอบเขตการใช้ AI อย่างชัดเจน ทั้งด้านการเรียนการสอน การวิจัย และการบริหารจัดการ (UNESCO, 2023) AI Policy ควรครอบคลุมการใช้ AI ในงานวิชาการ การจัดเก็บข้อมูลส่วนบุคคล ความปลอดภัยทางไซเบอร์ และความรับผิดชอบเมื่อเกิดข้อผิดพลาดจากระบบอัตโนมัติ นอกจากนี้ มหาวิทยาลัยควรกำหนดแนวทางการเปิดเผยการใช้ AI ในการสร้างเนื้อหาทางวิชาการ เพื่อรักษามาตรฐานด้านความโปร่งใสและความน่าเชื่อถือ

ยุทธศาสตร์สำคัญประการที่สอง คือ การพัฒนาแนวปฏิบัติการใช้ปัญญาประดิษฐ์อย่างมีจริยธรรม (Ethical AI Guidelines) แนวปฏิบัติดังกล่าวควรกำหนดมาตรฐานด้านความเป็นธรรม ความโปร่งใส และความรับผิดชอบ (Floridi et al., 2018) รวมถึงระบุแนวทางการใช้ AI ในการเรียนการสอน การวิจัย และการประเมินผลอย่างชัดเจน

ยุทธศาสตร์สำคัญประการที่สาม คือ การรักษาความซื่อสัตย์ทางวิชาการ (Academic Integrity) มหาวิทยาลัยยังต้องรักษาความซื่อสัตย์ทางวิชาการ เนื่องจาก Generative AI เพิ่มความเสี่ยงด้านการลอกเลียนผลงานและการใช้ AI แทนกระบวนการคิดของผู้เรียน (Eaton, 2023) การประเมินผลจึงควรมุ่งเน้นการคิดวิเคราะห์ การอภิปราย และการประยุกต์ใช้ความรู้ มากกว่าการสร้างคำตอบสำเร็จรูป (Bearman et al., 2024)

ยุทธศาสตร์สำคัญประการสุดท้ายคือ การสร้างวัฒนธรรมการใช้ AI อย่างมีความรับผิดชอบ (Responsible AI Culture) มหาวิทยาลัยควรส่งเสริมค่านิยมด้านความโปร่งใส การเคารพสิทธิส่วนบุคคล และการใช้ข้อมูลอย่างมีจริยธรรม (Dignum, 2019)

กล่าวโดยสรุป ยุทธศาสตร์การบริหารอุดมศึกษาผ่านปัญญาประดิษฐ์แบบรู้สร้างและปัญญาประดิษฐ์เฉพาะทางจำเป็นต้องเชื่อมโยงเทคโนโลยีกับภาวะผู้นำ หลักสูตรและการเรียนรู้ บุคลากร อัตลักษณ์ของมหาวิทยาลัย และระบบธรรมาภิบาลอย่างเป็นระบบ มหาวิทยาลัยที่สามารถกำหนดยุทธศาสตร์ดังกล่าวได้อย่างเหมาะสม จะสามารถยกระดับคุณภาพการศึกษา สร้างนวัตกรรม เพิ่มความสามารถในการแข่งขัน และปรับตัวต่อความเปลี่ยนแปลงของสังคมดิจิทัลได้อย่างยั่งยืน

การสร้างระบบนิเวศปัญญาประดิษฐ์ในมหาวิทยาลัย

การบริหารมหาวิทยาลัยยุคปัญญาประดิษฐ์จำเป็นต้องมอง AI ในฐานะระบบที่เชื่อมโยงเทคโนโลยี คน นโยบาย และการเรียนรู้เข้าด้วยกัน ไม่ใช่เพียงเครื่องมือเสริมการทำงานเฉพาะด้านเท่านั้น การบริหารดังกล่าวจึงต้องอาศัยทั้งระบบนิเวศปัญญาประดิษฐ์ที่เข้มแข็ง การรักษาคุณค่าความเป็นมนุษย์ และการออกแบบระบบการเรียนรู้ที่ยืดหยุ่นต่ออนาคต ดังนั้นเนื้อหาในส่วนนี้จะกล่าวถึง 3 แนวคิดสำคัญ ได้แก่ ระบบนิเวศปัญญาประดิษฐ์ (AI Ecosystem) มหาวิทยาลัยที่เน้นมนุษย์เป็นศูนย์กลาง (Human-Centered University) และระบบนิเวศการเรียนรู้รูปแบบใหม่ (Next Learning Ecosystem) ตามลำดับ

1. ระบบนิเวศปัญญาประดิษฐ์ (AI Ecosystem)

การเปลี่ยนผ่านสู่มหาวิทยาลัยยุคปัญญาประดิษฐ์ไม่สามารถดำเนินการผ่านการนำเทคโนโลยีมาใช้เพียงบางส่วน ต้องมีการพัฒนาระบบนิเวศปัญญาประดิษฐ์ (AI Ecosystem) ที่เชื่อมโยงบุคลากร เทคโนโลยี นโยบาย ความร่วมมือ และกระบวนการเรียนรู้เข้าด้วยกันอย่างเป็นระบบ แนวคิดดังกล่าวสะท้อนว่า AI นอกจากจะเป็นเครื่องมือสนับสนุนการดำเนินงานแล้ว ยังเป็นกลไกสำคัญของการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างการบริหาร การเรียนรู้ และการผลิตองค์ความรู้ในระดับอุดมศึกษา (OECD, 2023)

ระบบนิเวศ AI ในมหาวิทยาลัยประกอบด้วยองค์ประกอบที่มีความเชื่อมโยงกันหลายด้าน ได้แก่ ทรัพยากรมนุษย์ โครงสร้างพื้นฐานดิจิทัล นโยบายและธรรมาภิบาล ความร่วมมือเชิงเครือข่าย และแนวคิดด้านการจัดการเรียนรู้ องค์ประกอบทั้งหมดต้องทำงานร่วมกันในฐานะระบบเดียว หากมหาวิทยาลัยพัฒนาเพียงด้านใดด้านหนึ่งโดยขาดความสมดุล อาจทำให้การเปลี่ยนผ่านสู่ยุค AI ไม่สามารถดำเนินได้อย่างยั่งยืน

องค์ประกอบสำคัญประการแรก คือ **ทรัพยากรมนุษย์ (People)**ซึ่งเป็นกลไกหลักของการขับเคลื่อน AI Ecosystem มหาวิทยาลัยจำเป็นต้องพัฒนาศักยภาพของผู้บริหาร อาจารย์ บุคลากรสายสนับสนุน และนักศึกษา ให้มีความฉลาดรู้ด้านปัญญาประดิษฐ์ (AI Literacy) และสามารถใช้ AI อย่างมีวิจารณญาณ (Long & Magerko, 2020) การพัฒนาศักยภาพดังกล่าวต้องครอบคลุมทั้งด้านเทคโนโลยี การวิเคราะห์ข้อมูล จริยธรรมดิจิทัล และการทำงานร่วมกับระบบอัตโนมัติ

ในฐานะองค์ประกอบของระบบนิเวศทรัพยากรมนุษย์แต่ละกลุ่มมีบทบาทเชื่อมโยงกัน โดยผู้บริหารต้องสามารถกำหนดยุทธศาสตร์ด้าน AI และบริหารการเปลี่ยนแปลงขององค์กร ขณะที่อาจารย์ต้องออกแบบการเรียนรู้ร่วมกับ AI พัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ และประเมินผลการเรียนรู้ในบริบทใหม่ ส่วนบุคลากรสายสนับสนุนจำเป็นต้องปรับตัวสู่ระบบบริหารดิจิทัลและการใช้ข้อมูลเพื่อสนับสนุนการตัดสินใจ ขณะที่นักศึกษาต้องใช้ AI เพื่อการเรียนรู้ การทำงาน และการพัฒนาทักษะแห่งอนาคตอย่างเหมาะสม

องค์ประกอบถัดมา คือ **โครงสร้างพื้นฐานและแพลตฟอร์มดิจิทัล (Platform)**มหาวิทยาลัยในยุค AI จำเป็นต้องมีระบบเทคโนโลยีที่รองรับการเรียนรู้ การบริหารจัดการ และการวิเคราะห์ข้อมูลอย่างมีประสิทธิภาพ เช่น ระบบบริหารจัดการการเรียนรู้ (Learning Management System: LMS) การประมวลผลแบบคลาวด์ (Cloud Computing) และแพลตฟอร์ม AI เพื่อการเรียนรู้และการบริหารองค์กร

แพลตฟอร์มดิจิทัลเป็นโครงสร้างพื้นฐานที่ทำให้การเรียนรู้เฉพาะบุคคลเป็นไปได้จริงในระดับองค์กร โดยระบบบริหารจัดการการเรียนรู้ (LMS) และการประมวลผลแบบคลาวด์ช่วยให้อาจารย์สามารถติดตามพัฒนาการของผู้เรียน วิเคราะห์จุดอ่อน และปรับกิจกรรมการเรียนรู้ได้แบบเรียลไทม์ ขณะที่ผู้บริหารสามารถใช้ข้อมูลเชิงลึกเพื่อสนับสนุนการวางแผนเชิงยุทธศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Educause, 2024)

อย่างไรก็ตาม การพัฒนาแพลตฟอร์มดิจิทัลยังต้องคำนึงถึงความปลอดภัยทางไซเบอร์ (Cybersecurity) และการคุ้มครองข้อมูลส่วนบุคคล (Personal Data Protection) เนื่องจากระบบ AI ต้องอาศัยข้อมูลจำนวนมากในการประมวลผล หากมหาวิทยาลัยขาดมาตรการรักษาความปลอดภัยที่เหมาะสม อาจนำไปสู่ปัญหาการรั่วไหลของข้อมูลและความเสี่ยงด้านจริยธรรมดิจิทัลได้

ในด้าน**นโยบายและธรรมาภิบาลปัญญาประดิษฐ์(AI Policy and AI Governance)**มหาวิทยาลัยจำเป็นต้องมีแนวทางที่ชัดเจนเกี่ยวกับการใช้ AI ในการเรียนการสอน การวิจัย และการบริหารจัดการ เพื่อสร้างมาตรฐานร่วมในการใช้เทคโนโลยีภายในองค์กร (UNESCO, 2023)นโยบายดังกล่าวควรครอบคลุมประเด็นสำคัญ เช่น การจัดเก็บข้อมูลส่วนบุคคล การใช้ AI ในงานวิชาการ การกำกับดูแลจริยธรรม และความรับผิดชอบของผู้ใช้งาน นอกจากนี้ มหาวิทยาลัยควรมีระบบ

ติดตามและประเมินผลกระทบของ AI เพื่อให้การใช้เทคโนโลยีสอดคล้องกับหลักความโปร่งใส ความเป็นธรรม และความรับผิดชอบต่อสังคม

ขณะเดียวกัน **ความร่วมมือเชิงเครือข่าย (Partnership)**เป็นอีกปัจจัยสำคัญของการพัฒนาระบบนิเวศปัญญาประดิษฐ์การพัฒนา AI ไม่สามารถดำเนินการโดยสถาบันอุดมศึกษาเพียงลำพัง แต่ต้องอาศัยความร่วมมือกับภาคอุตสาหกรรม หน่วยงานภาครัฐ บริษัทเทคโนโลยี และเครือข่ายวิชาการระดับนานาชาติ (Marginson, 2016) ความร่วมมือดังกล่าวช่วยสนับสนุนการพัฒนาหลักสูตร งานวิจัย และนวัตกรรมที่สอดคล้องกับบริบทจริงของสังคมและตลาดแรงงาน

มหาวิทยาลัยสามารถพัฒนา AI เฉพาะทางผ่านความร่วมมือกับภาควิชาชีพ เช่น AI ด้านสุขภาพ AI ด้านอาหาร หรือ AI ด้านบริการ ซึ่งช่วยเพิ่มโอกาสด้านการวิจัย การฝึกปฏิบัติ และการพัฒนากำลังคนในอนาคตนอกจากนี้ ความร่วมมือเชิงเครือข่ายยังช่วยให้มหาวิทยาลัยเข้าถึงทรัพยากร เทคโนโลยี และองค์ความรู้ใหม่ได้รวดเร็วขึ้น โดยเฉพาะในยุคที่การพัฒนา AI มีต้นทุนสูงและเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่อง ความร่วมมือจึงเป็นกลไกสำคัญในการเพิ่มศักยภาพการแข่งขันของมหาวิทยาลัยในระดับสากล

ประการสุดท้าย **แนวคิดด้านการจัดการเรียนรู้ (Pedagogy)**เป็นองค์ประกอบที่เชื่อมโยงเทคโนโลยีกับคุณภาพการศึกษาการพัฒนา AI Ecosystem จำเป็นต้องเชื่อมโยงกับการปรับรูปแบบการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับบริบทของสังคมดิจิทัล การเรียนรู้ในยุค AI ควรเน้นการคิดเชิงวิพากษ์ การแก้ปัญหา การเรียนรู้แบบสหวิทยาการ และการประยุกต์ใช้ความรู้ในสถานการณ์จริง มากกว่าการจดจำเนื้อหาเพียงอย่างเดียว (Laurillard, 2012) แนวคิดด้านการจัดการเรียนรู้ในยุค AI ยังต้องให้ความสำคัญกับการเรียนรู้ที่คำนึงถึงความเป็นมนุษย์ (Human-Centered Learning)แม้ AI จะช่วยสนับสนุนการเรียนรู้เฉพาะบุคคลและการเรียนรู้แบบอัตโนมัติ แต่การศึกษาในระดับอุดมศึกษายังคงมีบทบาทสำคัญในการพัฒนาจริยธรรม การสื่อสาร การทำงานร่วมกับผู้อื่น และความรับผิดชอบต่อสังคม ซึ่งเป็นทักษะที่AI ไม่สามารถทดแทนได้ทั้งหมด

ดังนั้น แนวคิดด้านการจัดการเรียนรู้ในยุค AI จึงไม่ควรเน้นเพียงการใช้เทคโนโลยีเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ แต่ต้องเชื่อมโยงกับการพัฒนาผู้เรียนในฐานะมนุษย์ ประเด็นนี้นำไปสู่แนวคิดมหาวิทยาลัยที่เน้นมนุษย์เป็นศูนย์กลาง ซึ่งให้ความสำคัญกับคุณค่า ความคิด และความรับผิดชอบของมนุษย์ในระบบการศึกษา

2. มหาวิทยาลัยที่เน้นมนุษย์เป็นศูนย์กลาง (Human-Centered University)

หากระบบนิเวศ AI เป็นโครงสร้างสำคัญของมหาวิทยาลัยยุคใหม่ แนวคิดมหาวิทยาลัยที่เน้นมนุษย์เป็นศูนย์กลาง (Human-Centered University) คือหลักคิดที่ช่วยกำหนดทิศทางว่าเทคโนโลยีควรสนับสนุนมนุษย์ ไม่ใช่ลดทอนบทบาทหรือคุณค่าของมนุษย์ในระบบการศึกษา

การพัฒนา Generative AI ทำให้มหาวิทยาลัยทั่วโลกเร่งปรับตัวสู่ระบบดิจิทัลและการใช้ AI ในการเรียนรู้ การบริหารจัดการ และการวิจัย อย่างไรก็ตาม การเปลี่ยนผ่านดังกล่าวทำให้เกิดคำถามสำคัญเกี่ยวกับบทบาทของมหาวิทยาลัยในฐานะพื้นที่พัฒนาความเป็นมนุษย์ เนื่องจากแม้ AI จะมีศักยภาพด้านการประมวลผลข้อมูลและการสร้างองค์ความรู้ แต่ยังไม่สามารถทดแทน "Human Wisdom" หรือปัญญาเชิงมนุษย์ได้อย่างสมบูรณ์

ปัญญาเชิงมนุษย์ (Human Wisdom) ครอบคลุมความสามารถด้านการคิดเชิงวิพากษ์ การตัดสินใจเชิงจริยธรรม ความเข้าใจบริบททางสังคม ความเห็นอกเห็นใจ และการสร้างความหมายจากประสบการณ์ชีวิต ซึ่งเกี่ยวข้องกับคุณค่าความเป็นมนุษย์และกระบวนการเรียนรู้เชิงลึก (Harari, 2018) แม้ Generative AI จะสามารถสร้างข้อความ วิเคราะห์ข้อมูล หรือสื่อสารได้อย่างรวดเร็ว แต่ AI ยังขาดความเข้าใจเชิงคุณค่าและประสบการณ์ทางสังคมแบบมนุษย์แนวคิดมหาวิทยาลัยที่เน้นมนุษย์เป็นศูนย์กลางให้ความสำคัญกับการใช้เทคโนโลยีเพื่อสนับสนุนมนุษย์มากกว่าการลดทอนบทบาทของมนุษย์ในระบบ

การศึกษา (Shneiderman, 2022) มหาวิทยาลัยยุค AI จำเป็นต้องรักษาคุณค่าความเป็นมนุษย์ผ่านการออกแบบการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการคิดวิเคราะห์ การอภิปราย การแลกเปลี่ยนมุมมอง และการเรียนรู้จากประสบการณ์จริง

ทักษะสำคัญประการหนึ่งในมหาวิทยาลัยแห่งอนาคต คือ การคิดเชิงวิพากษ์ (Critical Thinking) ผู้เรียนจำเป็นต้องสามารถตั้งคำถาม วิเคราะห์ความน่าเชื่อถือของข้อมูล และประเมินผลกระทบขององค์ความรู้ได้อย่างมีเหตุผล (Paul & Elder, 2019) การคิดเชิงวิพากษ์มีความสำคัญมากขึ้นในยุคที่ AI สามารถสร้างข้อมูลจำนวนมหาศาลได้อย่างรวดเร็ว มหาวิทยาลัยต้องออกแบบกระบวนการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการอภิปราย การวิเคราะห์กรณีศึกษา และการแก้ปัญหาเชิงซับซ้อนมากกว่าการจดจำเนื้อหาเพียงอย่างเดียว

องค์ประกอบสำคัญ คือ จริยธรรม (Ethics) การใช้ AI เกี่ยวข้องกับประเด็นด้านความเป็นธรรม ความโปร่งใส ความรับผิดชอบ และสิทธิมนุษยชน มหาวิทยาลัยจึงมีบทบาทสำคัญในการพัฒนาจริยธรรมดิจิทัลและความรับผิดชอบต่อสังคมให้กับผู้เรียน (Floridi et al., 2018)

นอกจากนี้ มหาวิทยาลัยยังต้องพัฒนาทักษะด้านความเห็นอกเห็นใจ (Empathy) ซึ่งเป็นความสามารถที่ AI ยังไม่สามารถทดแทนได้อย่างแท้จริง ความเข้าใจความรู้สึกและประสบการณ์ของผู้อื่นเป็นพื้นฐานสำคัญของหลายวิชาชีพ เช่น การศึกษา พยาบาล จิตวิทยา และงานบริการ (Noddings, 2013) มหาวิทยาลัยต้องรักษาพื้นที่ของการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์ การทำงานร่วมกัน และความรับผิดชอบต่อสังคม

ทักษะสำคัญ คือ ความคิดสร้างสรรค์ (Creativity) แม้ Generative AI จะสามารถสร้างเนื้อหาได้หลากหลาย แต่ความคิดสร้างสรรค์ของมนุษย์ยังเกี่ยวข้องกับจินตนาการ ประสบการณ์ และการสร้างความหมายใหม่จากบริบททางสังคมและวัฒนธรรม (Robinson, 2011) การใช้ AI จึงควรทำหน้าที่เป็นเครื่องมือสนับสนุนความคิดสร้างสรรค์มากกว่าการแทนที่กระบวนการคิดของมนุษย์

3. ระบบนิเวศการเรียนรู้รูปแบบใหม่ (Next Learning Ecosystem)

การเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยีดิจิทัลและปัญญาประดิษฐ์ทำให้ระบบการเรียนรู้ของมหาวิทยาลัยก้าวเข้าสู่ระบบนิเวศการเรียนรู้รูปแบบใหม่ (Next Learning Ecosystem) ซึ่งมีลักษณะยืดหยุ่น เชื่อมโยง และขับเคลื่อนด้วยข้อมูลมากขึ้น แตกต่างจากรูปแบบการศึกษาดั้งเดิมที่เน้นการเรียนรู้ภายในห้องเรียนและการถ่ายทอดองค์ความรู้แบบทางเดียว (Siemens, 2005)

ในส่วนนี้ ระบบนิเวศการเรียนรู้รูปแบบใหม่ไม่ได้หมายถึงการใช้เครื่องมือ AI อย่างใดอย่างหนึ่ง แต่หมายถึงการจัดระบบการเรียนรู้ทั้งมหาวิทยาลัยให้เชื่อมโยงผู้เรียน อาจารย์ แพลตฟอร์มดิจิทัล ข้อมูล และ AI เข้าด้วยกันเพื่อสนับสนุนการเรียนรู้ที่ยืดหยุ่นและตอบสนองต่อผู้เรียนได้มากขึ้น

องค์ประกอบสำคัญประการแรก คือ การเรียนรู้เฉพาะบุคคล (Personalized Learning) การเรียนรู้เฉพาะบุคคลจะเกิดขึ้นได้อย่างมีประสิทธิภาพก็ต่อเมื่อองค์ประกอบของระบบนิเวศทำงานร่วมกัน กล่าวคือ แพลตฟอร์มดิจิทัลต้องรองรับการวิเคราะห์ข้อมูลผู้เรียน อาจารย์ต้องมีทักษะในการออกแบบการเรียนรู้ร่วมกับ AI และนโยบายของสถาบันต้องเอื้อให้ใช้เครื่องมืออย่างเหมาะสม โดย Generative AI ทำหน้าที่เป็นกลไกเชื่อมผ่านผู้ช่วยสอนอัจฉริยะ (AI Tutor) และเพื่อนร่วมเรียนรู้ด้วย AI (AI Learning Companion) ที่สามารถตอบคำถาม อธิบายเนื้อหา และให้ข้อเสนอแนะเฉพาะบุคคลได้แบบเรียลไทม์

องค์ประกอบสำคัญต่อมา คือ การเรียนรู้แบบเปิด (Open Learning) ผู้เรียนสามารถเข้าถึงองค์ความรู้จากหลากหลายแหล่งผ่านแพลตฟอร์มออนไลน์ ทรัพยากรการศึกษาแบบเปิด และหลักสูตรออนไลน์จากมหาวิทยาลัยทั่วโลก (Weller, 2014) แนวทางดังกล่าวช่วยลดข้อจำกัดด้านเวลา สถานที่ และต้นทุนทางการศึกษา Generative AI ยังช่วยเพิ่ม

ประสิทธิภาพของการเรียนรู้แบบเปิดผ่านระบบแปลภาษาอัตโนมัติ การสรุปเนื้อหา และการสร้างสื่อการเรียนรู้เฉพาะบุคคล ทำให้ผู้เรียนจากหลากหลายบริบทสามารถเข้าถึงองค์ความรู้ได้ง่ายขึ้น มหาวิทยาลัยจึงต้องปรับบทบาทจากผู้ผูกขาดองค์ความรู้ ไปสู่การเป็นผู้สร้างระบบนิเวศการเรียนรู้ที่เปิดกว้างและเชื่อมโยงกับเครือข่ายระดับโลก

ส่วนองค์ประกอบที่เป็นแนวโน้มสำคัญ คือ การศึกษาที่ใช้ AI เพื่อสนับสนุนการเรียนรู้และการบริหารจัดการ (AI-enhanced Education) AI ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพด้านการวิเคราะห์ข้อมูลผู้เรียน การออกแบบการเรียนรู้ การสร้างสื่อดิจิทัล และการประเมินผลแบบต่อเนื่อง (Holmes et al., 2022)

ขณะเดียวกัน มหาวิทยาลัยกำลังก้าวสู่แนวคิดมหาวิทยาลัยแบบผสมผสาน (Hybrid University) ซึ่งบูรณาการการเรียนรู้ในห้องเรียน การเรียนรู้ออนไลน์ และการเรียนรู้ผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัลเข้าด้วยกันอย่างยืดหยุ่น (Garrison & Vaughan, 2008) แนวคิดดังกล่าวช่วยเพิ่มโอกาสการเข้าถึงการศึกษา รองรับการเรียนรู้ตลอดชีวิต และขยายเครือข่ายการเรียนรู้ในระดับสากล

แม้ว่าNext Learning Ecosystem จะสร้างโอกาสใหม่ด้านการเรียนรู้และการบริหารจัดการ แต่สถาบันอุดมศึกษายังเผชิญความท้าทายด้านความเหลื่อมล้ำทางดิจิทัล ความพร้อมของบุคลากร คุณภาพของเนื้อหาออนไลน์ และความเสี่ยงด้านจริยธรรมและข้อมูลส่วนบุคคล (UNESCO, 2023)

ดังนั้น การพัฒนาระบบนิเวศปัญญาประดิษฐ์ (AI Ecosystem) มหาวิทยาลัยที่เน้นมนุษย์เป็นศูนย์กลาง (Human-Centered University) และระบบนิเวศการเรียนรู้รูปแบบใหม่ (Next Learning Ecosystem) จึงเป็นกลไกสำคัญของการเปลี่ยนผ่านสู่มหาวิทยาลัยแห่งอนาคต มหาวิทยาลัยที่สามารถบูรณาการเทคโนโลยีดิจิทัลเข้ากับคุณค่าความเป็นมนุษย์ การจัดการเรียนรู้ และระบบธรรมาภิบาลได้อย่างสมดุล จะสามารถพัฒนาคุณภาพการศึกษา สร้างนวัตกรรม และผลิตกำลังคนที่สอดคล้องกับสังคมดิจิทัลและเศรษฐกิจฐานความรู้ได้อย่างยั่งยืน

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

ปัญญาประดิษฐ์แบบรู้สร้าง (Generative AI) และปัญญาประดิษฐ์เฉพาะทาง (Specialized AI) กำลังเปลี่ยนโครงสร้างของอุดมศึกษาในระดับโลก ทั้งด้านการเรียนรู้ การบริหารจัดการ การพัฒนาหลักสูตร และการแข่งขันของมหาวิทยาลัย เทคโนโลยีดังกล่าวทำให้รูปแบบอุดมศึกษาแบบดั้งเดิม ซึ่งเน้นการถ่ายทอดองค์ความรู้และการบริหารเชิงลำดับขั้น ไม่สามารถตอบสนองต่อบริบทของสังคมดิจิทัลและเศรษฐกิจฐานความรู้ได้อย่างเพียงพอ ยิ่งกว่านั้น AI ยังกลายเป็นทั้ง "เครื่องมือทางเทคโนโลยี" และ "ยุทธศาสตร์องค์กร" ที่ส่งผลต่อทิศทางการพัฒนาของมหาวิทยาลัยในระยะยาว

มหาวิทยาลัยที่สามารถกำหนดยุทธศาสตร์ AI ได้อย่างเหมาะสม จะมีศักยภาพในการยกระดับคุณภาพการเรียนรู้ พัฒนาหลักสูตร และเพิ่มประสิทธิภาพการบริหารจัดการ ขณะเดียวกันยังสามารถสร้างความสามารถในการแข่งขันในระดับสากลได้มากขึ้น ตรงกันข้าม สถาบันอุดมศึกษาที่ปรับตัวล่าช้าอาจเผชิญข้อจำกัดด้านคุณภาพการศึกษา ความสามารถในการดึงดูดผู้เรียน และความเชื่อมโยงกับตลาดแรงงานแห่งอนาคต

การบริหารมหาวิทยาลัยในยุค AI ต้องเปลี่ยนผ่านจากแนวคิดมหาวิทยาลัยดิจิทัล (Digital University) ไปสู่มหาวิทยาลัยอัจฉริยะ (Intelligent University) ซึ่งหมายถึงมหาวิทยาลัยที่ใช้เทคโนโลยีดิจิทัล ข้อมูล ปัญญาประดิษฐ์ และนวัตกรรม เพื่อสนับสนุนการตัดสินใจการเรียนรู้ และการพัฒนาองค์กรอย่างเป็นระบบ (OECD, 2023) มหาวิทยาลัยอัจฉริยะให้ความสำคัญกับการใช้ AI เพื่อสนับสนุนการบริหารเชิงข้อมูล การเรียนรู้แบบเฉพาะบุคคล และการพัฒนานวัตกรรมทางการศึกษา อย่างไรก็ตาม การพัฒนาเทคโนโลยีต้องดำเนินควบคู่กับการรักษาคุณค่าพื้นฐานของอุดมศึกษา ทั้งด้านจริยธรรม

ความคิดเชิงวิพากษ์ ความรับผิดชอบต่อสังคม และการพัฒนาความเป็นมนุษย์ มหาวิทยาลัยต้องสร้างสมดุลระหว่างความฉลาดทางเทคโนโลยี (Technological Intelligence) กับปัญญาเชิงมนุษย์ (Human Wisdom) เพื่อให้เทคโนโลยีทำหน้าที่สนับสนุนมนุษย์มากกว่าทดแทนมนุษย์อย่างสมบูรณ์

ประเด็นสำคัญ คือ การพัฒนา AI ต้องสอดคล้องกับอัตลักษณ์ของมหาวิทยาลัย เนื่องจากสถาบันอุดมศึกษาแต่ละแห่งมีบริบท ความเชี่ยวชาญ และพันธกิจที่แตกต่างกัน การนำ AI มาใช้ไม่ควรดำเนินการในลักษณะเดียวกันทั้งหมด แต่ควรเชื่อมโยงกับจุดแข็งขององค์กรและสาขาวิชาที่มหาวิทยาลัยมีศักยภาพ เช่น ปฐมวัย อาหารและโภชนาการ สุขภาวะ กฎหมายและการเมือง หรืออุตสาหกรรมบริการ แนวทางดังกล่าวช่วยให้การพัฒนา AI มีความสอดคล้องกับบริบททางวิชาการ ความต้องการของสังคม และความสามารถในการสร้างนวัตกรรมเฉพาะด้านมากขึ้น

สำหรับแนวทางสำคัญ4 ประการสำหรับการบริหารอุดมศึกษายุค AI ได้แก่ 1) การกำหนดยุทธศาสตร์ AI ระดับองค์กร 2) การปรับหลักสูตรและระบบการเรียนรู้ 3) การพัฒนาธรรมาภิบาล AI และ 4) การสร้างระบบนิเวศ AI ภายในมหาวิทยาลัย

ประการแรก ยุทธศาสตร์ AI ระดับองค์กร (Institution-wide AI Strategy)มหาวิทยาลัยควรกำหนดยุทธศาสตร์ AI ระดับองค์กรอย่างชัดเจน ทั้งด้านการบริหาร การเรียนรู้ งานวิจัย และการพัฒนาบุคลากร ผู้บริหารจำเป็นต้องมีความฉลาดรู้ด้านปัญญาประดิษฐ์ (AI Literacy) และสามารถกำหนดวิสัยทัศน์ที่เชื่อมโยงเทคโนโลยีกับพันธกิจของมหาวิทยาลัยได้อย่างเหมาะสม การบริหารในยุค AI ต้องอาศัยภาวะผู้นำเชิงยุทธศาสตร์ ความเข้าใจด้านข้อมูล และความสามารถในการบริหารการเปลี่ยนแปลงควบคู่กัน

ประการที่สอง การปรับหลักสูตรและระบบการเรียนรู้ สถาบันอุดมศึกษาควรปรับหลักสูตรและระบบการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับทักษะแห่งอนาคต ผ่านการบูรณาการ AI ในทุกสาขาวิชา การส่งเสริมการเรียนรู้แบบสหวิทยาการ และการพัฒนาระบบการเรียนรู้ตลอดชีวิต เพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงของตลาดแรงงานและเศรษฐกิจดิจิทัล หลักสูตรในอนาคตจึงต้องให้ความสำคัญกับการคิดเชิงวิพากษ์ ความคิดสร้างสรรค์ การวิเคราะห์ข้อมูล และการใช้ AI อย่างมีจริยธรรม มากกว่าการจดจำองค์ความรู้เพียงอย่างเดียว

ประการที่สาม การพัฒนาธรรมาภิบาลปัญญาประดิษฐ์ (AI Governance)มหาวิทยาลัยควรพัฒนาระบบธรรมาภิบาลประดิษฐ์และวัฒนธรรมการใช้ปัญญาประดิษฐ์อย่างมีความรับผิดชอบ(Responsible AI Culture) ภายในองค์กร โดยกำหนดนโยบาย แนวปฏิบัติ และมาตรการด้านจริยธรรมที่ชัดเจน เพื่อรักษาความโปร่งใส ความน่าเชื่อถือ และความซื่อสัตย์ทางวิชาการในยุคดิจิทัล การใช้ AI ในการเรียนการสอน การวิจัย และการบริหารจัดการต้องดำเนินควบคู่กับมาตรการคุ้มครองข้อมูลส่วนบุคคล การตรวจสอบอัลกอริทึม และการกำกับดูแลด้านจริยธรรม

ประการสุดท้าย การสร้างระบบนิเวศปัญญาประดิษฐ์ (AI Ecosystem) ภายในมหาวิทยาลัยสถาบันอุดมศึกษาควรสร้าง AI Ecosystem ที่เชื่อมโยงบุคลากร เทคโนโลยี ความร่วมมือ และกระบวนการเรียนรู้เข้าด้วยกันอย่างเป็นระบบ ระบบนิเวศดังกล่าวต้องสนับสนุนทั้งการพัฒนานวัตกรรม การเรียนรู้แบบเฉพาะบุคคล และการบริหารจัดการบนฐานข้อมูล เพื่อให้มหาวิทยาลัยสามารถปรับตัวต่อความเปลี่ยนแปลงของสังคมดิจิทัลได้อย่างต่อเนื่อง

ข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย

การขับเคลื่อนอุดมศึกษายุคปัญญาประดิษฐ์จำเป็นต้องอาศัยนโยบายระดับชาติและกลไกกำกับดูแลที่ชัดเจน เนื่องจาก AI ส่งผลต่อทั้งคุณภาพการศึกษา ความสามารถในการแข่งขันของประเทศ การพัฒนากำลังคน และความมั่นคงทางข้อมูล การกำหนดนโยบายด้าน AI สำหรับอุดมศึกษาควรมองในมิติของ "ยุทธศาสตร์การพัฒนาประเทศ" มากกว่าการพัฒนาเทคโนโลยีเพียงบางส่วน

ข้อเสนอเชิงนโยบายประการแรก คือ การจัดทำนโยบายปัญญาประดิษฐ์ระดับชาติสำหรับอุดมศึกษา (National AI Policy for Higher Education) เพื่อกำหนดวิสัยทัศน์ เป้าหมาย และแนวทางการพัฒนา AI ในมหาวิทยาลัยอย่างเป็นระบบ (UNESCO, 2023) นโยบายดังกล่าวควรครอบคลุมการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานดิจิทัล การสนับสนุนงานวิจัย การพัฒนาบุคลากร การสร้าง AI Literacy และการลดความเหลื่อมล้ำด้านเทคโนโลยีระหว่างสถาบันอุดมศึกษา

ประเด็นสำคัญ คือ การสนับสนุน AI เฉพาะทางตามอัตลักษณ์ของมหาวิทยาลัย เนื่องจากแต่ละสถาบันมีความเชี่ยวชาญแตกต่างกัน นโยบายระดับชาติไม่ควรใช้แนวทางเดียวกันทั้งหมด แต่ควรสนับสนุนการพัฒนา Specialized AI ที่สอดคล้องกับศักยภาพของสถาบัน เช่น AI ด้านสุขภาพ อาหาร การศึกษา กฎหมาย หรืออุตสาหกรรมบริการ แนวทางดังกล่าวช่วยสร้างความหลากหลายทางนวัตกรรมและลดการแข่งขันเชิงซ้ำซ้อน

ภาครัฐควรสนับสนุนการพัฒนาแพลตฟอร์มข้อมูลการศึกษาระดับชาติ (National Education Data Platform) เพื่อสนับสนุนการวิจัย การวิเคราะห์ข้อมูล และการพัฒนานโยบายบนฐานข้อมูล (OECD, 2023) อย่างไรก็ตาม การพัฒนาระบบดังกล่าวต้องดำเนินควบคู่กับมาตรการด้านความปลอดภัยทางไซเบอร์ (Cybersecurity) และการคุ้มครองข้อมูลส่วนบุคคลอย่างเข้มงวด

ข้อเสนอสำคัญถัดมา คือ กรอบจริยธรรมปัญญาประดิษฐ์ (Ethical AI Framework) สำหรับสถาบันอุดมศึกษา เนื่องจากการใช้ Generative AI เกี่ยวข้องกับข้อมูลส่วนบุคคล การตัดสินใจทางวิชาการ และความน่าเชื่อถือขององค์ความรู้ หากขาดกรอบกำกับดูแลที่เหมาะสม อาจเกิดปัญหาด้านความโปร่งใส ความไม่เป็นธรรม และการละเมิดจริยธรรมทางวิชาการได้ (Floridi et al., 2018) ทั้งนี้กรอบจริยธรรมปัญญาประดิษฐ์ควรกำหนดหลักการด้านความโปร่งใส ความรับผิดชอบ ความเป็นธรรม การคุ้มครองข้อมูลส่วนบุคคล และการตรวจสอบอัลกอริทึม รวมถึงกำหนดมาตรฐานด้านการอ้างอิงและการเปิดเผยการใช้ AI ในงานวิชาการอย่างชัดเจน

ข้อเสนอแนะเชิงบริหาร

ผู้บริหารทุกระดับของมหาวิทยาลัยควรพัฒนาภาวะผู้นำด้านปัญญาประดิษฐ์ (AI Leadership Development) เพื่อเสริมสร้างความเข้าใจด้าน AI การวิเคราะห์ข้อมูล การบริหารการเปลี่ยนแปลง และจริยธรรมดิจิทัล (Long & Magerko, 2020) ผู้บริหารที่มี AI Literacy จะสามารถกำหนดยุทธศาสตร์ วางแผนการลงทุน และประเมินความเสี่ยงของเทคโนโลยีได้อย่างเหมาะสม

ข้อเสนอสำคัญ คือ การจัดตั้งศูนย์ AI เฉพาะทางตามอัตลักษณ์ของมหาวิทยาลัย (Specialized AI Center) ศูนย์ดังกล่าวควรทำหน้าที่เป็นหน่วยงานกลางด้านการวิจัย การพัฒนาหลักสูตร การสร้างนวัตกรรม และการเชื่อมโยงความร่วมมือกับภาคอุตสาหกรรม ตัวอย่างเช่น มหาวิทยาลัยด้านสุขภาพอาจจัดตั้งศูนย์ AI ด้านสุขภาวะและการแพทย์ ขณะที่มหาวิทยาลัยด้านอาหารอาจพัฒนาศูนย์ AI ด้านโภชนาการและนวัตกรรมอาหาร

ศูนย์ AI เฉพาะทางตามอัตลักษณ์ของมหาวิทยาลัย ยังสามารถทำหน้าที่สนับสนุนการพัฒนาบุคลากรและนักศึกษาผ่านการจัดอบรม การพัฒนาหลักสูตรระยะสั้น และการสร้างพื้นที่ทดลองนวัตกรรมด้าน AI ซึ่งช่วยให้มหาวิทยาลัยสามารถพัฒนาองค์ความรู้และตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของสังคมดิจิทัลได้อย่างต่อเนื่อง

ข้อเสนอแนะเชิงวิชาการ

มหาวิทยาลัยควรพัฒนาหลักสูตรที่บูรณาการ AI เข้ากับทุกสาขาวิชา (AI-integrated Curriculum) เพื่อเตรียมผู้เรียนให้สามารถทำงานและดำรงชีวิตในสังคมที่ AI กลายเป็นส่วนหนึ่งของระบบเศรษฐกิจและวิชาชีพ (UNESCO, 2023) หลักสูตรดังกล่าวควรพัฒนาทั้งด้านความรู้ ทักษะ และจริยธรรม ผู้เรียนทุกสาขาวิชาควรมีความเข้าใจพื้นฐานเกี่ยวกับ AI การวิเคราะห์ข้อมูล การรู้เท่าทันเทคโนโลยี และผลกระทบของ AI ต่อสังคม ขณะเดียวกัน หลักสูตรควรส่งเสริมการคิดเชิงวิพากษ์ ความคิดสร้างสรรค์ และการใช้ AI อย่างมีความรับผิดชอบ

แนวทางสำคัญ คือ การส่งเสริมการศึกษา AI แบบสหวิทยาการ (Interdisciplinary AI Education) เนื่องจากการพัฒนา AI เกี่ยวข้องกับหลายศาสตร์ ทั้งวิทยาการข้อมูล มนุษยศาสตร์ สังคมศาสตร์ สุขภาพ กฎหมาย และธุรกิจ (Marginson, 2016) การเรียนรู้แบบสหวิทยาการช่วยให้ผู้เรียนสามารถมองเห็นความเชื่อมโยงระหว่างเทคโนโลยีกับบริบททางสังคมและวิชาชีพได้อย่างรอบด้าน

มหาวิทยาลัยควรสนับสนุนการวิจัยด้าน AI ในการศึกษา (AI in Education) และนวัตกรรมการเรียนรู้ เพื่อสร้างองค์ความรู้ใหม่เกี่ยวกับผลกระทบของ AI ต่อระบบการศึกษา การเรียนรู้ และการพัฒนามนุษย์ งานวิจัยดังกล่าวมีความสำคัญต่อการกำหนดนโยบายและแนวทางการพัฒนาอุดมศึกษาในระยะยาว

ดังนั้น การพัฒนาหลักสูตรที่บูรณาการ AI เข้ากับทุกสาขาวิชา การส่งเสริมการศึกษา AI แบบสหวิทยาการ และการสร้างระบบนิเวศการเรียนรู้ที่เชื่อมโยงเทคโนโลยีกับคุณค่าความเป็นมนุษย์ ถือเป็นกลไกสำคัญในการเตรียมมหาวิทยาลัยและผู้เรียนให้พร้อมต่อการเปลี่ยนแปลงของโลกยุคปัญญาประดิษฐ์ สถาบันอุดมศึกษาที่สามารถผสานนวัตกรรมเข้ากับจริยธรรม ความคิดสร้างสรรค์ และความรับผิดชอบต่อสังคมได้อย่างสมดุล จะมีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนากำลังคนและสังคมแห่งอนาคตอย่างยั่งยืน

เอกสารอ้างอิง

อสมา กุลวานิชไชยนันท์. (2568). อย่าคิดว่า AI ไม่เสี่ยง AI governance for enterprise สิ่งที่ทุกองค์กรต้องทำ. เออินเทลลิเจนซ์.

Bearman, M., Ajjawi, R., Boud, D., Tai, J., & Dawson, P. (2024). Assessment reform for the age of artificial intelligence. Routledge.

Bender, E. M., Gebru, T., McMillan-Major, A., &Shmitchell, S. (2021). On the dangers of stochastic parrots: Can language models be too big? Proceedings of the 2021 ACM Conference on Fairness, Accountability, and Transparency, 610–623. https://doi.org/10.1145/3442188.3445922

Bommasani, R., Hudson, D. A., Adeli, E., Altman, R., Arora, S., von Arx, S., Bernstein, M. S., Bohg, J., Bosselut, A., Brunskill, E., Brynjolfsson, E., Buch, S., Card, D., Castellon, R., Chatterji, N., Chen, A., Creel, K., Davis, J. Q., Demszky, D., ... Liang, P. (2021). On the opportunities and risks of foundation models. Stanford University. https://arxiv.org/abs/2108.07258

Buhalis, D., &Moldavska, I. (2022). Voice assistants and chatbots in tourism and hospitality. In D. Buhalis (Ed.), Tourism management and marketing in the digital era (pp. 135–150). Springer.

Dignum, V. (2019). Responsible artificial intelligence: How to develop and use AI in a responsible way. Springer.

Dwivedi, Y. K., Kshetri, N., Hughes, L., Slade, E. L., Jeyaraj, A., Kar, A. K., Baabdullah, A. M., Koohang, A., Raghavan, V., Ahuja, M., Albanna, H., Albashrawi, M., Al-Busaidi, A. S., Balakrishnan, J., Barlette, Y., Basu, S., Bose, I., Brooks, L., Buhalis, D., ... Wright, R. (2023). "So what if ChatGPT wrote it?" Multidisciplinary perspectives on opportunities, challenges and implications of generative conversational AI for research, practice and policy. International Journal of Information Management. 71: 102642. https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2023.102642

Eaton, S. E. (2023). Artificial intelligence and academic integrity: An exploratory review of the implications of ChatGPT for teaching, learning, and assessment. International Journal for Educational Integrity, 19(1). 1–14: https://doi.org/10.1007/s40979-023-00140-5

Educause. (2024). 2024 EDUCAUSE horizon report: Teaching and learning edition. EDUCAUSE.

Floridi, L., & Cowls, J. (2019). A unified framework of five principles for AI in society. Harvard Data Science Review. 1(1): 1–15. https://doi.org/10.1162/99608f92.8cd550d1

Floridi, L., Cowls, J., Beltrametti, M., Chatila, R., Chazerand, P., Dignum, V., Luetge, C., Madelin, R., Pagallo, U., Rossi, F., Schafer, B., Valcke, P., &Vayena, E. (2018). AI4People—An ethical framework for a good AI society: Opportunities, risks, principles, and recommendations. Minds and Machines. 28(4): 689–707. https://doi.org/10.1007/s11023-018-9482-5

Garrison, D. R., & Vaughan, N. D. (2008). Blended learning in higher education: Framework, principles, and guidelines. Jossey-Bass.

Harari, Y. N. (2018). 21 lessons for the 21st century. Spiegel & Grau.

Holmes, W., Persson, J., Chounta, I.-A., Wasson, B., & Dimitrova, V. (2022). Artificial intelligence and education: A critical view through the learning sciences. Springer.

Jiang, H., Qin, Y., & He, Z. (2021). Artificial intelligence in food industry: Current applications and future trends. Trends in Food Science & Technology. 112: 268–281. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.03.019

Jobin, A., Ienca, M., &Vayena, E. (2019). The global landscape of AI ethics guidelines. Nature Machine Intelligence, 1(9), 389–399. https://doi.org/10.1038/s42256-019-0088-2

Kasneci, E., Sessler, K., Küchemann, S., Bannert, M., Dementieva, D., Fischer, F., Gasser, U., Groh, G., Günnemann, S., Hüllermeier, E., Krusche, S., Kutyniok, G., Michaeli, T., Nerdel, C., Pfeiffer, F., Poquet, O., Sailer, M., Schmidt, A., Seidel, T., ... Kasneci, G. (2023). ChatGPT for good? On opportunities and challenges of large language models for education. Learning and Individual Differences. 103: 102274. https://doi.org/10.1016/j.lindif.2023.102274

Laurillard, D. (2012). Teaching as a design science: Building pedagogical patterns for learning and technology. Routledge.

Long, D., &Magerko, B. (2020). What is AI literacy? Competencies and design considerations. Proceedings of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, 1–16. https://doi.org/10.1145/3313831.3376727

Luckin, R. (2018). Machine learning and human intelligence: The future of education for the 21st century. UCL Institute of Education Press.

Mandinach, E. B., & Gummer, E. S. (2016). What does it mean for teachers to be data literate? Teachers College Record. 118(11): 1–28.

Marginson, S. (2016). The dream is over: The crisis of Clark Kerr's California idea of higher education. University of California Press.

Noddings, N. (2013). Caring: A relational approach to ethics and moral education (2nd ed.). University of California Press.

OECD. (2023). OECD digital education outlook 2023: Towards an effective digital education ecosystem. OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/b2715dcf-en

OECD. (2024). OECD framework for the governance of artificial intelligence. OECD Publishing.

Paul, R., & Elder, L. (2019). The miniature guide to critical thinking concepts and tools (8th ed.). Foundation for Critical Thinking.

Rigby, D. K., Sutherland, J., & Noble, A. (2020). Agile: The insights you need from Harvard Business Review. Harvard Business Review Press.

Robinson, K. (2011). Out of our minds: Learning to be creative (2nd ed.). Capstone.

Sahlberg, P. (2021). Finnish lessons 3.0: What can the world learn from educational change in Finland? Teachers College Press.

Selwyn, N. (2022). Education and technology: Key issues and debates (3rd ed.). Bloomsbury Academic.

Shneiderman, B. (2022). Human-centered AI. Oxford University Press.

Siemens, G. (2005). Connectivism: A learning theory for the digital age. International Journal of Instructional Technology and Distance Learning. 2(1): 3–10.

Siemens, G., & Long, P. (2011). Penetrating the fog: Analytics in learning and education. EDUCAUSE Review. 46(5): 30–40.

Surden, H. (2019). Artificial intelligence and law: An overview. Georgia State University Law Review. 35(4): 1305–1338.

Topol, E. (2019). Deep medicine: How artificial intelligence can make healthcare human again. Basic Books.

UNESCO. (2023). Guidance for generative AI in education and research. UNESCO.

Vial, G. (2019). Understanding digital transformation: A review and a research agenda. The Journal of Strategic Information Systems. 28(2): 118–144. https://doi.org/10.1016/j.jsis.2019.01.003

Weller, M. (2014). The battle for open: How openness won and why it doesn't feel like victory. Ubiquity Press.

Williamson, B., &Eynon, R. (2020). Historical threads, missing links, and future directions in AI in education. Learning, Media and Technology. 45(3): 223–235. https://doi.org/10.1080/17439884.2020.1798995

World Economic Forum. (2023). The future of jobs report 2023. World Economic Forum.

Zawacki-Richter, O., Marín, V. I., Bond, M., & Gouverneur, F. (2019). Systematic review of research on artificial intelligence applications in higher education. International Journal of Educational Technology in Higher Education. 16(1): 1–27. https://doi.org/10.1186/s41239-019-0171-0

Zuboff, S. (2019). The age of surveillance capitalism: The fight for a human future at the new frontier of power. PublicAffairs.

สมรรถนะภาวะผู้นำแห่งอนาคตสำหรับการรับมือโลกแห่งความไม่แน่นอนและการเปลี่ยนผ่านสู่ความยั่งยืน
Future leadership competencies for navigating global uncertainty and sustainability transitions

นงค์ลักษณ์ โชติวิทยธานินทร์[1] และสุขทิพย์ สุขใส[1]*
Nongluck Chotevithayathanin[1] and Suktip Suksai[1]*

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสวนดุสิต[1]
4Graduate School, Suan Dusit University[1]
**Corresponding Author E-mail: suktip_suk@dusit.ac.th*

บทคัดย่อ

ท่ามกลางวิกฤตพหุมิติ (polycrisis) ที่วิกฤตสภาพภูมิอากาศ ความผันผวนทางภูมิรัฐศาสตร์ การหยุดชะงักของปัญญาประดิษฐ์ และความไม่เท่าเทียมทางสังคม-เศรษฐกิจต่างกระตุ้นและขยายผลซึ่งกันและกัน โลกเข้าสู่สภาวะที่ Cascio (2020) บัญญัติว่า BANI World อย่างเต็มรูปแบบ กรอบทฤษฎีภาวะผู้นำที่ครองพื้นที่วิชาการมาตลอดปลายศตวรรษที่ 20 พัฒนาขึ้นบนบริบทที่มีเสถียรภาพและคาดการณ์ได้ทำให้ไม่เพียงพอต่อการรับมือกับปัญหาซับซ้อนแก้ยาก (wicked problems) ที่เรียกร้องการปรับกระบวนทัศน์ในระดับที่ลึกกว่าการปรับเพียงกลยุทธ์หรือเครื่องมือ บทความวิชาการนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อวิเคราะห์และสังเคราะห์สมรรถนะภาวะผู้นำแห่งอนาคตที่จำเป็นในบริบทความไม่แน่นอนระดับโลกและการเปลี่ยนผ่านสู่ความยั่งยืน 2) เพื่อเสนอกรอบสมรรถนะแบบบูรณาการพร้อมระบุการมีส่วนสนับสนุนทางทฤษฎีเหนือกรอบที่มีอยู่ และ 3) เพื่อนำเสนอนัยยะสำหรับการอุดมศึกษาในบริบทไทยและเอเชียตะวันออกเฉียงใต้

บทความนี้ใช้การวิเคราะห์และสังเคราะห์เอกสาร (document analysis and synthesis) ผ่านการสังเคราะห์เชิงหัวข้อ (thematic synthesis) ตามแนวทางของ Thomas และ Harden (2008) โดยบูรณาการวรรณกรรมร่วมสมัยจากฐานข้อมูล Scopus, Web of Science และ ERIC ในช่วง ค.ศ. 2018–2025 ครอบคลุมทั้งงานเชิงทฤษฎี งานวิจัยเชิงประจักษ์ และรายงานจากองค์กรระหว่างประเทศ

ผลการวิเคราะห์ระบุสมรรถนะภาวะผู้นำแห่งอนาคต 6 ด้านหลัก ได้แก่ 1) การคิดเชิงระบบ 2) ภาวะผู้นำเชิงปรับตัวและความยืดหยุ่น 3) จิตสำนึกด้านความยั่งยืนและจริยธรรม 4) ภาวะผู้นำแบบร่วมมือและมีส่วนร่วม 5) การคิดเชิงอนาคตและการมองการณ์ไกลเชิงยุทธศาสตร์ และ 6) การรู้เท่าทันดิจิทัลและข้อมูล บทความนี้เสนอกรอบสมรรถนะภาวะผู้นำแห่งอนาคตแบบบูรณาการ (Integrated Future Leadership Competency Framework: IFLCF) ที่จัดกลุ่มสมรรถนะทั้ง 6 สมรรถนะเป็น 3 ระดับ ได้แก่ ระดับฐาน ระดับกระบวนการ และระดับยุทธศาสตร์ โดยมีจิตสำนึกด้านความยั่งยืนและจริยธรรมเป็นแกนกลาง IFLCF ขยาย adaptive leadership ของ Heifetz et al. (2009) สู่ระดับระบบสังคม-เทคนิค เสริม sustainability leadership ของ Sajjad et al. (2024) ด้วยมิติดิจิทัล และท้าทาย ESD competency framework ของ UNESCO (2017) ให้อ่านใหม่ในบริบท BANI world กรอบนี้ใช้ภาษาร่วมและโครงสร้างที่สามารถนำไปประยุกต์ออกแบบหลักสูตร การพัฒนาผู้นำ และการกำหนดนโยบายอุดมศึกษาได้อย่างเป็นรูปธรรม ทั้งนี้ยังพบว่าสถาบันอุดมศึกษาไทยมีศักยภาพในการพัฒนาต้นแบบผู้นำที่ผสานรากฐานทางวัฒนธรรม เช่น ปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง กับการรับมือความท้าทายระดับโลกซึ่งอาจเป็นจุดแข็งเฉพาะที่กรอบจากตะวันตกไม่สามารถนำเสนอได้

คำสำคัญ: สมรรถนะภาวะผู้นำแห่งอนาคต ความไม่แน่นอนระดับโลก การเปลี่ยนผ่านสู่ความยั่งยืน BANI World การศึกษาระดับอุดมศึกษา

Abstract

Amid the convergence of a global Polycrisis—in which climate disruption, geopolitical volatility, artificial intelligence transformation, and deepening socioeconomic inequalities mutually amplify one another—the world has fully entered what Cascio (2020) termed the BANI World (Brittle, Anxious, Non-linear, Incomprehensible). Leadership theories dominant throughout the late twentieth century were developed under conditions of relative stability and predictability, rendering them insufficient to address Wicked Problems that demand paradigm-level transformation rather than mere strategic or instrumental adjustment. This academic article pursues three objectives: 1) to analyze and synthesize future leadership competencies essential in contexts of global uncertainty and sustainability transitions; 2) to propose an integrated competency framework and identify its theoretical contributions beyond existing frameworks; and 3) to advance implications for higher education in Thai and Southeast Asian contexts.

The study employs Document Analysis and Synthesis through Thematic Synthesis following Thomas and Harden (2008), integrating contemporary literature from the Scopus, Web of Science, and ERIC databases spanning 2018–2025, encompassing theoretical works, empirical studies, and reports from international organizations.

Analysis identifies six core future leadership competency domains: 1) systems thinking, 2) adaptive and resilient leadership, 3) sustainability and ethical mindset, 4) collaborative and participatory leadership, 5) futures thinking and strategic foresight, and 6) digital and data literacy. An Integrated Future Leadership Competency Framework (IFLCF) is proposed, organizing these six competencies across three hierarchical yet dynamically interrelated levels—foundational, processual, and strategic—anchored by a sustainability and ethical mindset at its core. IFLCF extends Heifetz et al.'s (2009) Adaptive Leadership to the socio-technical system level, complements Sajjad et al.'s (2024) Sustainability Leadership with a digital literacy dimension previously absent from the framework, and challenges UNESCO's (2017) ESD Competency Framework to be reinterpreted within a BANI world context. The framework provides a shared conceptual language and actionable structure for curriculum design, leadership development, and higher education policy formulation. The analysis further indicates that Thai higher education institutions possess the potential to develop leadership models that integrate cultural foundations such as the Sufficiency Economy Philosophy with the capacity to address global challenges. This may constitute a distinctive strength that Western frameworks are unable to offer.

Keywords: Future leadership competencies, Global uncertainty, Sustainability transitions, BANI World, Higher education

บทนำ

สภาวการณ์ร่วมสมัยที่องค์กรและสถาบันทั่วโลกกำลังเผชิญอยู่ ทำให้ไม่อาจอธิบายได้ด้วยกรอบแนวคิดเดิม Lawrence et al. (2024) เสนอแนวคิดวิกฤตพหุมิติ (Polycrisis) เพื่ออธิบายปรากฏการณ์ที่วิกฤตในระบบหนึ่งกระตุ้นและขยายผลวิกฤตในระบบอื่นอย่างไม่อาจคาดการณ์ได้ ไม่ว่าจะเป็นวิกฤตสภาพภูมิอากาศที่ IPCC (2023) ชี้ว่าอุณหภูมิโลกกำลังเข้าใกล้เส้นขีดจำกัด 1.50 องศาเซลเซียส ความตึงเครียดทางภูมิรัฐศาสตร์ที่กระทบห่วงโซ่อุปทานโลก การเติบโตของปัญญาประดิษฐ์เชิงสร้างสรรค์ที่เปลี่ยนโครงสร้างแรงงานอย่างรวดเร็ว ตลอดจนความไม่เท่าเทียมทางสังคมและเศรษฐกิจที่ทำลายความชอบธรรมของสถาบัน วิกฤตเหล่านี้สอดคล้องกับสภาวะที่ Cascio (2020) เคยบัญญัติไว้คือ BANI World ได้แก่ โลกที่เปราะบาง (Brittle) น่าหวาดกังวล (Anxious) ไม่เป็นเส้นตรง (Non-linear) และเข้าใจยาก (Incomprehensible)

จากสภาพการณ์ดังกล่าว คำถามสำคัญที่นักวิชาการและผู้ปฏิบัติต่างเผชิญร่วมกันคือ ผู้นำแห่งยุคนี้ต้องมีสมรรถนะใดบ้าง เพื่อนำพาองค์กรและสังคมผ่านความไม่แน่นอน และขับเคลื่อนการเปลี่ยนผ่านสู่ความยั่งยืน คำถามนี้มีความเร่งด่วนเป็นพิเศษ เพราะทฤษฎีภาวะผู้นำที่ครองพื้นที่วิชาการในช่วงปลายศตวรรษที่ 20 ไม่ว่าจะเป็นภาวะผู้นำการเปลี่ยนแปลง (Transformational Leadership) ของ Bass (1985) ภาวะผู้นำแบบผู้รับใช้ (Servant Leadership) ของ Greenleaf (1977) หรือภาวะผู้นำแบบแลกเปลี่ยน (Transactional Leadership) ของ Burns (1978) ต่างพัฒนาขึ้นในสถานการณ์ที่องค์กรมีเสถียรภาพและคาดการณ์ได้ ทฤษฎีเหล่านี้ไม่ได้ออกแบบมาเพื่อรับมือกับปัญหาซับซ้อนแก้ยาก (Wicked Problems) และไม่มีคำตอบตายตัว หากเปลี่ยนแปลงตามบริบท และเรียกร้องการปรับกระบวนทัศน์ในระดับที่ลึกกว่าการปรับกลยุทธ์หรือเครื่องมืออย่างเดียว

สำหรับประเทศไทย ความท้าทายนี้มีมิติเฉพาะที่ซับซ้อนยิ่งขึ้น ยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี (พ.ศ. 2561–2580) กำหนดวิสัยทัศน์ "ประเทศไทยมีความมั่นคง มั่งคั่ง ยั่งยืน เป็นประเทศพัฒนาแล้ว" ควบคู่กับนโยบาย BCG Economy Model ที่มุ่งขับเคลื่อนการพัฒนาเศรษฐกิจที่สมดุลและยั่งยืน การบรรลุวิสัยทัศน์เหล่านี้จำเป็นต้องอาศัยผู้นำจากทุกภาคส่วนที่มีสมรรถนะการคิดเชิงระบบ การบูรณาการข้ามสาขา และการนำพาการเปลี่ยนแปลงเชิงโครงสร้าง สถาบันอุดมศึกษาไทยนับว่ามีบทบาทสำคัญในการพัฒนาผู้นำแห่งอนาคตที่มีสมรรถนะตอบสนองต่อทั้งบริบทโลกและบริบทชาติไปพร้อมกัน

World Economic Forum (2023) ระบุว่าภาวะผู้นำและอิทธิพลทางสังคม (Leadership and Social Influence) จะก้าวขึ้นสู่สมรรถนะที่มีนัยยะเชิงยุทธศาสตร์สูงสุดขององค์กรภายในปี ค.ศ. 2027 ขณะที่ World Economic Forum (2025) ระบุว่า Environmental Stewardship หรือการดูแลรักษาสิ่งแวดล้อมอย่างรับผิดชอบกำลังกลายเป็นสมรรถนะที่ภาคธุรกิจให้ความสำคัญในเชิงยุทธศาสตร์เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ สะท้อนให้เห็นว่าความต้องการผู้นำแห่งอนาคตได้เคลื่อนพ้นจากวาระเชิงอุดมการณ์ไปสู่ความต้องการเชิงโครงสร้างของระบบเศรษฐกิจและสังคมในยุคการเปลี่ยนผ่านอย่างสมบูรณ์แล้ว

แม้วรรณกรรมที่เกี่ยวข้องจะมีอยู่อย่างหลากหลาย แต่ยังคงมีช่องว่างสำคัญ 3 ประการที่รอการเติมเต็ม ได้แก่ ประการแรก งานส่วนใหญ่ศึกษาสมรรถนะในบริบทเฉพาะแต่ขาดการสังเคราะห์ที่เชื่อมโยงมิติความไม่แน่นอนระดับโลกกับการเปลี่ยนผ่านสู่ความยั่งยืนเข้าด้วยกันอย่างบูรณาการ (Sajjad et al., 2024) ประการที่ 2 วรรณกรรมมีลักษณะกระจัดกระจาย มุ่งศึกษาสมรรถนะเป็นรายด้านโดยไม่แสดงความสัมพันธ์เชิงระบบระหว่างกัน และประการที่ 3 ยังขาดกรอบเชิงปฏิบัติที่นำไปใช้ออกแบบหลักสูตรในบริบทของประเทศกำลังพัฒนาในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ บทความวิชาการนี้จึงมีวัตถุประสงค์ 3 ประการ แก่ 1) เพื่อวิเคราะห์และสังเคราะห์สมรรถนะภาวะผู้นำแห่งอนาคตที่จำเป็นในบริบทดังกล่าว 2) เพื่อเสนอกรอบสมรรถนะภาวะผู้นำแห่งอนาคตแบบบูรณาการ (Integrated Future Leadership Competency Framework:

IFLCF) พร้อมระบุการมีส่วนสนับสนุนทางทฤษฎีเหนือกรอบที่มีอยู่ และ 3) เพื่อนำเสนอนัยยะสำหรับการอุดมศึกษาและการพัฒนาผู้นำในบริบทไทยและเอเชีย

กรอบแนวคิดและการทบทวนวรรณกรรม

1. ความไม่แน่นอนเชิงโครงสร้าง จาก VUCA World สู่ BANI World และวิกฤตพหุมิติ (Polycrisis)

ความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของความไม่แน่นอนในโลกร่วมสมัยพัฒนาขึ้นผ่านกรอบแนวคิดที่เชื่อมโยงกันเป็นลำดับ กรอบ VUCA World (Volatility, Uncertainty, Complexity, Ambiguity) ซึ่งพัฒนาขึ้นในบริบทการทหารของสหรัฐอเมริกาช่วงทศวรรษ 1990 ได้ให้ภาษาแรกสำหรับการอธิบายสภาวะแวดล้อมที่ไม่แน่นอนในการบริหารองค์กร และแพร่หลายในแวดวงวิชาการด้านการจัดการตลอด 2 ทศวรรษที่ผ่านมา โดย Cascio (2020) เสนอว่ากรอบ BANI World สะท้อนลักษณะเชิงโครงสร้างของโลกหลังโควิด-19 ได้แม่นยำกว่าใน 4 มิติ ได้แก่ ความเปราะบางของระบบที่ดูเหมือนแข็งแกร่ง (Brittle) ความวิตกกังวลที่แทรกซึมไปทั่วสังคม (Anxious) ความเชื่อมโยงที่ไม่เป็นเส้นตรงและคาดเดาไม่ได้ (Non-linear) และปรากฏการณ์ที่ก้าวพ้นกรอบความเข้าใจปกติ (Incomprehensible) ความแตกต่างสำคัญระหว่าง 2 กรอบนี้ไม่ใช่เพียงการเปลี่ยนถ้อยคำ หากสะท้อนการเปลี่ยนแปลงเชิงคุณภาพของความท้าทายที่ผู้นำต้องเผชิญ กล่าวคือจากความไม่แน่นอนที่ยังพอบริหารจัดการได้ไปสู่ความซับซ้อนที่ตั้งคำถามต่อขีดจำกัดของการรับรู้และการตัดสินใจของมนุษย์ Syamsir et al. (2025) ยืนยันว่าการเปลี่ยนผ่านนี้มีความสำคัญต่อสมรรถนะที่ผู้นำต้องพัฒนา โดยเฉพาะความสามารถในการตัดสินใจภายใต้สภาวะที่ข้อมูลไม่เพียงพอและผลลัพธ์ไม่อาจคาดการณ์ได้

ความซับซ้อนดังกล่าวขยายตัวมากขึ้นเมื่อพิจารณาจากแนวคิดวิกฤตพหุมิติ (Polycrisis) ของ Lawrence et al. (2024) ที่อธิบายว่าวิกฤตในระบบหนึ่งไม่ได้ดำรงอยู่อย่างโดดเดี่ยว แต่สามารถกระตุ้นและขยายผลวิกฤตสู่ระบบอื่นพร้อมกัน จนผลกระทบรวมรุนแรงเกินกว่าผลรวมของแต่ละวิกฤตแยกกัน ความเชื่อมโยงระหว่างระบบสภาพภูมิอากาศ ระบบการเงินโลก ห่วงโซ่อุปทาน และระบบการเมืองในปัจจุบัน แสดงให้เห็นว่าการตอบสนองเชิงเส้นตรงหรือการแก้ปัญหาแบบแยกส่วนไม่เพียงพอ ในบริบทนี้ ทฤษฎีการเปลี่ยนผ่านสู่ความยั่งยืน (Sustainability Transitions Theory) ของ Geels (2002) จึงมีความเกี่ยวข้องโดยตรง ทฤษฎีดังกล่าวอธิบายว่าการเปลี่ยนแปลงระดับระบบสังคม-เทคนิคสู่รูปแบบที่ยั่งยืนกว่าไม่ได้เกิดขึ้นจากการแทรกแซงจุดเดียว แต่เป็นกระบวนการหลายระดับที่ซับซ้อนทั้งในระดับเฉพาะพื้นที่ (Niche) ระดับระบบ (Regime) และระดับภูมิทัศน์ (Landscape) ซึ่งต้องการภาวะผู้นำที่สามารถดำเนินการข้ามระดับได้พร้อมกัน

2. ข้อจำกัดของทฤษฎีดั้งเดิมและทิศทางใหม่ของวรรณกรรม

การเผชิญกับ ปัญหาซับซ้อนแก้ยากในโลก BANI World แสดงถึงข้อจำกัดเชิงโครงสร้างของทฤษฎีภาวะผู้นำแบบดั้งเดิม Heifetz et al. (2009) แยกแยะระหว่างปัญหาเทคนิค (Technical Problems) ที่แก้ไขได้ด้วยความรู้และความเชี่ยวชาญที่มีอยู่ กับความท้าทายเชิงปรับตัว (Adaptive Challenges) ที่ต้องการการเรียนรู้ใหม่ การทบทวนค่านิยมพื้นฐาน และการยอมรับต้นทุนของการเปลี่ยนแปลงที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ ความท้าทายส่วนใหญ่ในยุค BANI World อยู่ในหมวดหลัง ซึ่งทฤษฎีภาวะผู้นำแบบดั้งเดิมที่เน้นการจูงใจบุคคลและการสร้างวิสัยทัศน์ในสภาวะที่ค่อนข้างมั่นคงไม่ได้ถูกออกแบบมาเพื่อรองรับ ข้อจำกัดนี้ไม่ใช่เพียงเรื่องของการขาดเครื่องมือ หากแต่สะท้อนถึงข้อสมมติฐานพื้นฐานที่แตกต่างกันระหว่างบริบทที่ทฤษฎีเหล่านั้นถูกสร้างขึ้นกับบริบทที่ผู้นำในปัจจุบันต้องเผชิญ

เพื่อตอบสนองต่อข้อจำกัดดังกล่าว วรรณกรรมร่วมสมัยได้ระบุกลุ่มทฤษฎีภาวะผู้นำใหม่ 4 กลุ่มที่มีความเกี่ยวข้องกับบริบทอนาคตและเสริมซึ่งกันและกัน กลุ่มที่ 1 คือ Adaptive Leadership ของ Heifetz et al. (2009) ที่เน้นการนำพาองค์กรผ่านการเปลี่ยนแปลงที่ไม่มีคำตอบสำเร็จรูป โดยให้ความสำคัญกับการสร้างเงื่อนไขให้สมาชิกในองค์กรสามารถเรียนรู้

และปรับตัวได้ด้วยตนเอง มากกว่าการพึ่งพาการตัดสินใจจากผู้นำเพียงฝ่ายเดียว กลุ่มที่ 2 คือ Systems Leadership ซึ่ง Díaz และ Adams (2025) ชี้ว่าประกอบด้วยห้าองค์ประกอบหลัก ได้แก่ ความสามารถในการปรับตัว การมีส่วนร่วมของผู้เกี่ยวข้อง การทำแผนที่ระบบ การขยายแบบจำลองทางความคิด และความยืดหยุ่นเชิงองค์กร กลุ่มที่ 3 คือ Sustainability Leadership ที่ Sajjad et al. (2024) สังเคราะห์ว่าต้องบูรณาการความยืดหยุ่นทั้งในระดับบุคคลและระดับองค์กรเข้าด้วยกัน เพื่อให้สามารถดำรงอยู่และสร้างคุณค่าในระยะยาวท่ามกลางแรงกดดันเชิงระบบ และกลุ่มที่ 4 คือ Responsible Leadership ที่ Heim et al. (2026) นิยามว่ามุ่งเน้นความรับผิดชอบเชิงสัมพันธ์ต่อผู้มีส่วนได้ส่วนเสียหลายกลุ่มพร้อมกัน ครอบคลุมทั้งชุมชน สังคม สิ่งแวดล้อม และคนรุ่นอนาคต อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาวรรณกรรมในภาพรวม พบว่าทฤษฎีทั้ง 4 กลุ่มดังกล่าวขาดการเชื่อมโยงจากกัน แต่ละกลุ่มพัฒนาสมรรถนะเฉพาะด้านโดยไม่ได้แสดงความสัมพันธ์เชิงระบบกับกลุ่มอื่น ส่งผลให้ขาดกรอบบูรณาการที่เชื่อมสมรรถนะในระดับจุลภาค (Micro) มัชฌิมภาค (Meso) และมหภาค (Macro) เข้าด้วยกันอย่างสมเหตุสมผล ซึ่งเป็นช่องว่างที่บทความนี้มุ่งเติมเต็ม

3. สมรรถนะความยั่งยืนในการอุดมศึกษา

UNESCO (2017) เสนอกรอบสมรรถนะหลักเพื่อความยั่งยืน 8 ประการในฐานะรากฐานของการศึกษาเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน (Education for Sustainable Development: ESD) ประกอบด้วย การคิดเชิงระบบ การคิดเชิงอนาคต การคิดเชิงบรรทัดฐาน การคิดเชิงยุทธศาสตร์ สมรรถนะการทำงานร่วมกัน การคิดเชิงวิพากษ์ การจัดการตนเอง และสมรรถนะเชิงบูรณาการ กรอบดังกล่าวเชื่อมโยงโดยตรงกับ Agenda 2030 ภายใต้เป้าหมาย SDG 4.7 ที่มุ่งให้ผู้เรียนทุกคนได้รับความรู้และทักษะที่จำเป็นสำหรับการพัฒนาอย่างยั่งยืน และถือเป็นหมุดหมายสำคัญที่สถาบันอุดมศึกษาทั่วโลกนำไปใช้เป็นกรอบอ้างอิงในการออกแบบหลักสูตร

ในระดับการปฏิบัติ Brundiers et al. (2021) พบช่องว่างที่มีนัยสำคัญคือ โปรแกรมระดับอุดมศึกษาส่วนใหญ่ให้น้ำหนักกับสมรรถนะเชิงวิเคราะห์มากกว่าสมรรถนะเชิงเปลี่ยนแปลง (Transformative Competencies) ซึ่งสะท้อนความขัดแย้งเชิงโครงสร้างที่ลึกกว่าแค่ปัญหาการออกแบบหลักสูตร กล่าวคือระบบการศึกษากำลังผลิตบัณฑิตที่มีความสามารถในการวิเคราะห์และอธิบายปัญหา แต่ยังขาดสมรรถนะการขับเคลื่อนการเปลี่ยนแปลงเชิงระบบที่ก่อให้เกิดปัญหา ช่องว่างนี้สะท้อนว่าสมรรถนะเชิงเปลี่ยนแปลงต้องการเงื่อนไขการเรียนรู้ที่แตกต่างจากการเรียนการสอนในห้องเรียนแบบดั้งเดิม ซึ่งความเร่งด่วนในการปิดช่องว่างนี้ยิ่งชัดเจนขึ้นเมื่อพิจารณาจากทิศทางของตลาดแรงงาน World Economic Forum (2025) ชี้ว่า Environmental Stewardship กำลังก้าวขึ้นมาเป็นสมรรถนะที่ภาคธุรกิจให้ความสำคัญในเชิงยุทธศาสตร์อย่างต่อเนื่อง ซึ่งบ่งชี้ว่าสมรรถนะด้านความยั่งยืนได้เคลื่อนพ้นจากวาระเชิงอุดมการณ์ไปสู่ความต้องการเชิงโครงสร้างของระบบเศรษฐกิจอย่างสมบูรณ์ สถาบันอุดมศึกษาเผชิญแรงกดดัน 2 ทางพร้อมกัน ทั้งจากพันธกิจด้านการพัฒนาที่ยั่งยืนและจากความต้องการของตลาดที่ต่างเรียกร้องให้เร่งพัฒนาบัณฑิตที่เข้าใจปัญหาและสามารถเป็นตัวแทนของการเปลี่ยนแปลงในโลกที่ซับซ้อนและไม่แน่นอน

4. กรอบทฤษฎี 3 ระดับสำหรับการวิเคราะห์

บทความนี้ใช้กรอบทฤษฎี 3 ระดับที่บูรณาการจาก 3 แหล่งหลัก ได้แก่ Multilevel Leadership Theory การวิเคราะห์หลายระดับของ Geels (2002) และกรอบ ESD Competencies ของ UNESCO (2017) การบูรณาการดังกล่าวมีเหตุผลเชิงทฤษฎี กล่าวคือ ทั้ง 3 กรอบต่างให้ความสำคัญกับความสัมพันธ์ระหว่างระดับของการวิเคราะห์ แต่ยังไม่เคยถูกนำมาพิจารณาร่วมกันในบริบทของการพัฒนาสมรรถนะภาวะผู้นำแห่งอนาคต

ระดับที่ 1 คือ บริบทระดับมหภาค (Macro) อันประกอบด้วยวิกฤตพหุมิติ บริบท BANI World การเปลี่ยนผ่านสู่ความยั่งยืน และยุค Anthropocene สิ่งเหล่านี้ทำหน้าที่เป็นแรงขับเคลื่อนภายนอกที่กำหนดเงื่อนไขและข้อจำกัดของภาวะผู้นำในยุคปัจจุบัน ระดับที่ 2 คือ สมรรถนะภาวะผู้นำในระดับมัชฌิมภาค (Meso) ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวกลางที่แปลงแรงกดดัน

จากระดับมหภาค (Marco) ให้กลายเป็นสมรรถนะที่ผู้นำต้องพัฒนา และเชื่อมบริบทโลกกับการปฏิบัติจริงในองค์กร และระดับที่ 3 คือ นัยยะสำหรับการอุดมศึกษาในระดับจุลภาค (Micro) ที่แปลงสมรรถนะเหล่านั้นสู่การออกแบบหลักสูตร กระบวนการเรียนการสอน และการพัฒนาผู้นำในเชิงปฏิบัติได้

ความสำคัญของกรอบนี้อยู่ที่ความสัมพันธ์ระหว่าง 3 ระดับ ซึ่งไม่ใช่ความสัมพันธ์แบบลำดับชั้นเพียงทิศทางเดียว หากแต่เป็นความสัมพันธ์เชิงวงจรที่แต่ละระดับส่งผลต่อและถูกกำหนดโดยระดับอื่นพร้อมกัน กรอบ 3 ระดับนี้จึงเป็นโครงสร้างหลักที่ใช้วิเคราะห์และสังเคราะห์ตลอดบทความ เพื่อให้การนำเสนอมีความสอดคล้องและตรวจสอบได้เชิงทฤษฎี

วิธีการศึกษา

บทความวิชาการนี้ใช้การวิเคราะห์และสังเคราะห์เอกสาร (Document Analysis and Synthesis) เป็นแนวทางหลัก โดยบูรณาการวรรณกรรมร่วมสมัยระดับนานาชาติที่ตีพิมพ์ในช่วง ค.ศ. 2018–2025 จากฐานข้อมูล Scopus, Web of Science และ ERIC การกำหนดช่วงเวลาดังกล่าวมีเหตุผลชัดเจน กล่าวคือเป็นช่วงที่วรรณกรรมด้านภาวะผู้นำในบริบทความไม่แน่นอนและความยั่งยืนมีพัฒนาการอย่างก้าวกระโดด โดยเฉพาะภายหลังวิกฤตโควิด-19 ซึ่งเร่งให้เกิดการทบทวนกรอบทฤษฎีภาวะผู้นำแบบดั้งเดิมอย่างกว้างขวาง

กระบวนการวิเคราะห์ใช้การสังเคราะห์เชิงหัวข้อ (Thematic Synthesis) ตามแนวทางของ Thomas และ Harden (2008) เพื่อระบุรูปแบบสมรรถนะที่ปรากฏซ้ำข้ามวรรณกรรมและสร้างกรอบแนวคิดบูรณาการที่มีความสอดคล้องเชิงทฤษฎี การคัดเลือกวรรณกรรมพิจารณาจากความเกี่ยวข้องกับ 3 มิติหลัก ได้แก่ ภาวะผู้นำในบริบทความไม่แน่นอนและความซับซ้อน บริบทการเปลี่ยนผ่านสู่ความยั่งยืนในระดับองค์กรและระบบ และนัยยะต่อการอุดมศึกษาหรือการพัฒนาผู้นำในเชิงปฏิบัติ วรรณกรรมที่นำมาสังเคราะห์ครอบคลุมทั้งงานเชิงทฤษฎี งานวิจัยเชิงประจักษ์ และรายงานจากองค์กรระหว่างประเทศ อาทิ UNESCO และ World Economic Forum เพื่อให้การสังเคราะห์สะท้อนทั้งพัฒนาการทางวิชาการและความต้องการในเชิงนโยบายและตลาดแรงงานไปพร้อมกัน

การคัดเลือกเอกสารดำเนินการอย่างเป็นระบบจากฐานข้อมูล Scopus, Web of Science และ ERIC โดยใช้คำสำคัญ ได้แก่ “future leadership competencies” “BANI” “sustainability leadership” “adaptive leadership” และ “higher education” ในช่วง ค.ศ. 2018–2025 ตามเกณฑ์การรวม ได้แก่ ความเกี่ยวข้องกับสมรรถนะภาวะผู้นำในบริบทความไม่แน่นอนหรือการเปลี่ยนผ่านสู่ความยั่งยืน และผ่านการทบทวนโดยผู้เชี่ยวชาญหรือจัดพิมพ์โดยองค์กรระหว่างประเทศที่น่าเชื่อถือ เอกสารที่นำมาวิเคราะห์และสังเคราะห์มีจำนวนทั้งสิ้น 24 รายการ ประกอบด้วย บทความวิจัยและบทความทบทวนวรรณกรรม 14 รายการ รายงานจากองค์กรระหว่างประเทศ 5 รายการ และหนังสือ/ตำราวิชาการ 5 รายการ

ผลการศึกษา

ผลการศึกษานำเสนอตามลำดับวัตถุประสงค์ 3 ประการ ดังนี้ วัตถุประสงค์ที่ 1 การวิเคราะห์และสังเคราะห์สมรรถนะภาวะผู้นำแห่งอนาคต 6 ด้าน นำเสนอในหัวข้อที่ 1–7 วัตถุประสงค์ที่ 2 กรอบ IFLCF และการมีส่วนสนับสนุนทางทฤษฎี นำเสนอในหัวข้อกรอบสมรรถนะภาวะผู้นำแห่งอนาคตแบบบูรณาการ (IFLCF) และวัตถุประสงค์ที่ 3 นัยยะสำหรับการอุดมศึกษาในบริบทไทยและเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ นำเสนอในหัวข้อการอภิปรายและข้อเสนอแนะ ข้อ 5–7

1. การวิเคราะห์สมรรถนะภาวะผู้นำแห่งอนาคต

การสังเคราะห์วรรณกรรมระบุสมรรถนะภาวะผู้นำแห่งอนาคต 6 ด้านหลักที่ปรากฏซ้ำอย่างสม่ำเสมอและมีความสอดคล้องกันสูงข้ามสาขาวิชา สมรรถนะเหล่านี้ไม่ได้ดำรงอยู่อย่างโดดเดี่ยว หากแต่มีความสัมพันธ์เชิงเสริมแรงซึ่งกันและกัน กล่าวคือ การคิดเชิงระบบเป็นฐานรองรับการคิดเชิงอนาคต จิตสำนึกด้านความยั่งยืนกำกับทิศทางของการตัดสินใจในทุกสมรรถนะ ขณะที่ภาวะผู้นำแบบร่วมมือเป็นกลไกที่ทำให้สมรรถนะอื่นๆ แปลงเป็นผลลัพธ์ร่วมกัน รายละเอียดของแต่ละสมรรถนะแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สมรรถนะภาวะผู้นำแห่งอนาคต 6 ด้านหลัก

ที่	สมรรถนะหลัก	ลักษณะสำคัญและนัยยะในบริบท BANI World
1	การคิดเชิงระบบ (Systems Thinking)	วิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงซ้อน วงจรป้อนกลับและจุดแทรกแซงเชิงยุทธศาสตร์ เพื่อมองเห็นรากเหง้าของปัญหาแทนการแก้ที่อาการเฉพาะหน้า
2	ภาวะผู้นำเชิงปรับตัวและความยืดหยุ่น (Adaptive & Resilient Leadership)	เรียนรู้อย่างรวดเร็วจากความไม่แน่นอน ตัดสินใจในสภาวะที่ข้อมูลไม่เพียงพอ และนำพาองค์กรฟื้นตัวได้อย่างแข็งแกร่งกว่าเดิม
3	จิตสำนึกด้านความยั่งยืนและจริยธรรม (Sustainability & Ethical Mindset)	ค่านิยมภายในที่ขับเคลื่อนการตัดสินใจโดยคำนึงถึง Triple Bottom Line (TBL) ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียหลายกลุ่ม และความรับผิดชอบต่อคนรุ่นอนาคต
4	ภาวะผู้นำแบบร่วมมือและมีส่วนร่วม (Collaborative & Participatory Leadership)	สร้างเครือข่าย กระจายความเป็นผู้นำ และขับเคลื่อนผลลัพธ์ผ่านความร่วมมือข้ามสาขาและข้ามภาคส่วน
5	การคิดเชิงอนาคตและการมองการณ์ไกล (Futures Thinking & Strategic Foresight)	สร้างสถานการณ์จำลองอนาคตที่หลากหลาย รักษาความยืดหยุ่นเชิงยุทธศาสตร์ และออกแบบองค์กรให้สามารถเรียนรู้และปรับทิศทางได้เมื่ออนาคตปรากฏ
6	การรู้เท่าทันดิจิทัลและข้อมูล (Digital & Data Literacy)	อ่าน วิเคราะห์ และสื่อสารข้อมูลที่ซับซ้อน ครอบคลุมข้อมูลด้านสภาพภูมิอากาศและ ESG ควบคู่กับการรักษาภาวะผู้นำที่ยึดโยงกับความเป็นมนุษย์

ที่มา: สังเคราะห์จากวรรณกรรม (Syamsir et al., 2025; Brundiers et al., 2021; Sajjad et al., 2024; Yang et al., 2025)

สมรรถนะทั้ง 6 ด้านนี้มีนัยยะสำคัญต่อการทำความเข้าใจภาวะผู้นำในยุค BANI World อย่างน้อย 2 ประการ ประการแรก สมรรถนะเหล่านี้ครอบคลุมทั้งมิติการรับรู้ (Cognitive) มิติค่านิยม (Values) และมิติการปฏิบัติ (Action) สะท้อนว่าภาวะผู้นำแห่งอนาคตไม่อาจพัฒนาได้จากการถ่ายทอดความรู้อย่างเดียว หากต้องการกระบวนการเรียนรู้

ที่เปลี่ยนแปลงผู้เรียนในระดับที่ลึกกว่านั้น ประการที่สอง สมรรถนะทั้งหมดมีลักษณะเชิงกระบวนการมากกว่าเชิงเนื้อหา กล่าวคือไม่ใช่สิ่งที่ผู้นำ "รู้" แต่เป็นสิ่งที่ผู้นำ "ทำได้และเป็นได้" ในสถานการณ์จริงที่ซับซ้อนและไม่แน่นอน

1. การคิดเชิงระบบ (Systems Thinking)

ในสมรรถนะทั้ง 6 ด้าน การคิดเชิงระบบถือเป็นสมรรถนะพื้นฐานที่สุด เพราะทำหน้าที่เป็นภาษาและกรอบแนวคิดที่ช่วยให้ผู้นำมองเห็นความเชื่อมโยงระหว่างสมรรถนะอื่นๆ UNESCO (2017) นิยามว่าเป็นความสามารถในการรับรู้ความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบในระบบที่ซับซ้อน วิเคราะห์วงจรป้อนกลับ และระบุจุดแทรกแซงเชิงยุทธศาสตร์ (Leverage Points) ทว่าความสามารถในการวิเคราะห์ระบบยังไม่เพียงพอสำหรับผู้นำแห่งอนาคต Brundiers et al. (2021) ชี้ให้เห็นความแตกต่างเชิงคุณภาพระหว่าง Analytical Systems Thinking ซึ่งเป็นความสามารถในการวิเคราะห์ว่าระบบทำงานอย่างไร กับ Transformative Systems Thinking ซึ่งเป็นความสามารถในการระบุและท้าทายสมมติฐานที่รองรับระบบนั้น ผู้นำแห่งอนาคตต้องพัฒนาสมรรถนะในระดับหลัง ซึ่งหมายถึงความกล้าในการตั้งคำถามต่อสภาวะเดิม (Status Quo) ที่ระบบสร้างขึ้นเพื่อรักษาตัวเอง เส้นทางการพัฒนาสมรรถนะนี้ตามที่ Díaz และ Adams (2025) พบคือการเรียนรู้เชิงประสบการณ์ที่ผู้เรียนได้สัมผัสกับความซับซ้อนของระบบจริงในชุมชนหรือองค์กร มากกว่าการเรียนรู้ผ่านกรณีศึกษาในห้องเรียนเพียงอย่างเดียว

2. ภาวะผู้นำเชิงปรับตัวและความยืดหยุ่น (Adaptive & Resilient Leadership)

ภาวะผู้นำเชิงปรับตัวและความยืดหยุ่นถือเป็นสมรรถนะที่ท้าทายที่สุดในการพัฒนา เพราะต้องการการเปลี่ยนแปลงในระดับค่านิยม ความเชื่อ และพฤติกรรมที่ลึกกว่าการเรียนรู้ทักษะทั่วไป Heifetz et al. (2009) ชี้ว่า Adaptive Challenges ประเภทนี้มักมาพร้อมกับต้นทุนที่บุคคลและองค์กรต้องยอมรับ ผู้นำที่มีสมรรถนะนี้ไม่ใช่ผู้ที่มีคำตอบสำเร็จรูป แต่เป็นผู้ที่สามารถนำพาองค์กรผ่านกระบวนการเรียนรู้ร่วมกันในความไม่แน่นอนได้อย่างมีทิศทาง เมื่อพิจารณาในบริบท BANI World Syamsir et al. (2025) พบว่าความคล่องตัวในการเป็นผู้นำ (Leadership Agility) ต้องการสมรรถนะ 3 ประการที่ดำเนินการพร้อมกัน ได้แก่ ความเร็วในการประมวลผลข้อมูลใหม่ ความยืดหยุ่นในการปรับยุทธศาสตร์ และความมั่นคงของเป้าหมายระยะยาว ทั้ง 3 ประการต้องสมดุลกัน เพราะการให้น้ำหนักประการใดมากเกินไปอาจนำไปสู่การตัดสินใจที่คล่องตัวแต่ขาดทิศทาง หรือมั่นคงแต่ไม่สามารถปรับตัวได้

มิติที่วรรณกรรมร่วมสมัยให้ความสำคัญเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญคือ ความยืดหยุ่นในระดับกลุ่มและองค์กร Sajjad et al. (2024) พบว่าความยืดหยุ่นแบบรวมหมู่ (Collective Resilience) มีความสำคัญไม่น้อยกว่าความยืดหยุ่นของปัจเจกบุคคล และองค์กรที่สร้างความยืดหยุ่นในระดับนี้ได้ดีกว่ามักมีผู้นำที่ลงทุนในความไว้วางใจและการเรียนรู้ร่วมกันอย่างต่อเนื่อง สำหรับบริบทไทย Suriyankietkaew et al. (2022) ยืนยันว่าสมรรถนะดังกล่าวสามารถผสมผสานกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงได้อย่างสอดคล้อง โดยพบว่าหลักความพอประมาณและความมีเหตุผลทำหน้าที่เป็นกรอบกำกับที่ช่วยให้ความยืดหยุ่นไม่กลายเป็นความไม่มีหลักการ

3. จิตสำนึกด้านความยั่งยืนและจริยธรรม (Sustainability & Ethical Mindset)

หากการคิดเชิงระบบเป็นรากฐานทางสติปัญญา จิตสำนึกด้านความยั่งยืนและจริยธรรมก็คือรากฐานทางค่านิยมที่กำกับทิศทางของสมรรถนะทั้งหมด สมรรถนะนี้มีความลึกที่สุดในบรรดาสมรรถนะทั้ง 6 เพราะดำรงอยู่ในระดับอัตลักษณ์และแรงจูงใจภายในของผู้นำ ไม่ใช่เพียงทักษะที่ฝึกได้จากภายนอก ความแตกต่างระหว่างแรงจูงใจภายใน (Intrinsic Motivation) กับแรงจูงใจภายนอก (Extrinsic Motivation) มีนัยยะสำคัญต่อคุณภาพของการเปลี่ยนแปลง Yang et al. (2025) พบว่าผู้นำที่ขับเคลื่อนด้วยแรงจูงใจภายในมีแนวโน้มสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญที่จะสร้างการเปลี่ยนแปลงที่ยั่งยืนและเป็นรูปธรรม ผลนี้มีนัยยะโดยตรงต่อการออกแบบโปรแกรมพัฒนาผู้นำที่ต้องมุ่งพัฒนาค่านิยมภายในควบคู่กับทักษะ และHeim et al. (2026) กล่าวว่าผู้นำที่มีจิตสำนึกนี้จะดำเนินการตาม Triple Bottom Line Framework อย่างสมดุลในทุกการตัดสินใจ ไม่ใช่เฉพาะ

เมื่ออยู่ภายใต้การตรวจสอบจากภายนอก ในระดับสถาบัน Eustachio et al. (2024) พบว่าสถาบันการศึกษาที่เข้าร่วมหลักการศึกษาเพื่อการจัดการอย่างมีความรับผิดชอบ (Principles for Responsible Management Education: PRME) ซึ่งประสบความสำเร็จในการพัฒนาสมรรถนะนี้ล้วนสร้างวัฒนธรรมองค์กรที่เป็นแบบอย่างของค่านิยมความยั่งยืน และใช้ Experiential Learning เพื่อเชื่อมผู้เรียนกับปัญหาสังคมที่เป็นรูปธรรม

4. ภาวะผู้นำแบบร่วมมือและมีส่วนร่วม (Collaborative & Participatory Leadership)

ความเข้าใจเรื่องการคิดเชิงระบบและความยืดหยุ่นเชิงปรับตัวยังไม่เพียงพอหากผู้นำไม่สามารถแปลงสมรรถนะเหล่านั้นสู่การปฏิบัติร่วมกับผู้อื่นได้ Wicked Problems ในยุควิกฤตพหุมิติมีคุณลักษณะร่วมที่สำคัญคือ ไม่มีองค์กร ผู้นำ หรือสาขาวิชาใดเพียงลำพังที่มีความรู้และทรัพยากรเพียงพอสำหรับการแก้ไข ภาวะผู้นำแบบร่วมมือจึงไม่ใช่ทางเลือก หากแต่เป็นเงื่อนไขพื้นฐานของความสำเร็จ Sajjad et al. (2024) ระบุว่าความยืดหยุ่นแบบรวมหมู่ (Collective Resilience) คือ หัวใจของ Sustainability Leadership ที่แตกต่างจากการเน้นความยืดหยุ่นของปัจเจกบุคคลในทฤษฎีดั้งเดิม Díaz และ Adams (2025) แสดงให้เห็นเพิ่มเติมว่า Systems Leadership ที่มีประสิทธิภาพต้องใช้การฟังเชิงลึก (Deep Listening) การสร้างพื้นที่ร่วม (Common Ground) และการกระจายความเป็นผู้นำ (Distributed Leadership) ในบริบทนี้ บทบาทของผู้นำจึงเปลี่ยนจากผู้ที่มีคำตอบไปสู่ผู้ออกแบบกระบวนการ (Process Designer) ที่ช่วยให้กลุ่มค้นพบคำตอบที่มีความชอบธรรมและยั่งยืนด้วยตนเอง

5. การคิดเชิงอนาคตและการมองการณ์ไกล (Futures Thinking & Strategic Foresight)

หากภาวะผู้นำเชิงปรับตัวช่วยให้ผู้นำรับมือกับความไม่แน่นอนในปัจจุบัน การคิดเชิงอนาคตและการมองการณ์ไกลคือสมรรถนะที่ขยายขอบเขตนั้นไปสู่การออกแบบความเป็นไปได้ในอนาคต ในโลก BANI ที่อนาคตไม่อาจคาดการณ์ได้แบบเส้นตรง การมองการณ์ไกลเชิงยุทธศาสตร์ (Strategic Foresight) จึงมีความสำคัญมากขึ้นอย่างชัดเจน ความแตกต่างที่มีนัยยะสำคัญคือระหว่าง Prediction ซึ่งพยายามระบุอนาคตเดียวที่ถูกต้อง กับ Foresight ซึ่งสร้างสถานการณ์จำลองที่หลากหลาย (Multiple Scenarios) เพื่อรักษาความยืดหยุ่นเชิงยุทธศาสตร์ Syamsir et al. (2025) ชี้ว่าการเปลี่ยนกระบวนทัศน์จากการทำนายสู่การสร้างอนาคตนี้เป็นสิ่งที่ผู้นำในยุค BANI ต้องเข้าใจอย่างเป็นระบบ Vervoort และ Gupta (2024) ยืนยันว่า Strategic Foresight ได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวางในการขับเคลื่อน SDGs เพราะธรรมชาติที่ซับซ้อนและปรับตัวได้ของ SDGs สอดคล้องกับกระบวนทัศน์ของ Foresight มากกว่าแนวทางเชิงเส้นตรง ที่น่ากังวลคือ Brundiers et al. (2021) พบว่าสมรรถนะนี้ยังได้รับการพัฒนาน้อยที่สุดในโปรแกรมมหาวิทยาลัย ทั้งที่มีนัยยะสำคัญต่อการสร้างการเปลี่ยนแปลงเชิงระบบในระยะยาว

6. การรู้เท่าทันดิจิทัลและข้อมูล (Digital & Data Literacy)

สมรรถนะ 5 ด้านแรกล้วนต้องการข้อมูลที่ถูกต้อง ครบถ้วน และตีความได้อย่างแม่นยำเป็นเชื้อเพลิง การรู้เท่าทันดิจิทัลและข้อมูลจึงเป็นสมรรถนะที่เพิ่มขีดความสามารถในการประมวลผลที่จำเป็นสำหรับสมรรถนะทั้งหมด Yang et al. (2025) ชี้ว่าสมรรถนะนี้ครอบคลุมสามมิติที่เชื่อมกัน ได้แก่ การอ่านและตีความข้อมูลด้านสภาพภูมิอากาศและสิ่งแวดล้อม (Climate and Environmental Data Literacy) การรู้เท่าทันทางการเงินด้านความยั่งยืน (ESG and Financial Literacy) และการสื่อสารข้อมูลที่ซับซ้อนให้กับผู้มีส่วนได้ส่วนเสียที่หลากหลาย ความเร่งด่วนของสมรรถนะนี้ยิ่งชัดเจนขึ้นเมื่อพิจารณาจากทิศทางของตลาดแรงงาน World Economic Forum (2023) ระบุว่า AI and Big Data อยู่ในกลุ่มสมรรถนะที่มีลำดับความสำคัญสูงสุดในแผนการฝึกอบรมช่วง ค.ศ. 2023–2027 อย่างไรก็ตาม วรรณกรรมเน้นย้ำอย่างสม่ำเสมอว่าสมรรถนะนี้ต้องสมดุลกับ Human-Centric Leadership ผู้นำที่มีสมรรถนะนี้อย่างครบถ้วนจึงไม่ใช่ผู้ที่ใช้ข้อมูลตัดสินใจทุกอย่างหากแต่เป็นผู้ที่รู้ว่าเมื่อใดควรยึดถือจริยธรรมเหนือข้อมูล และเมื่อใดควรให้ความเป็นมนุษย์นำทางเหนือตัวเลข

7. ความสัมพันธ์เชิงบูรณาการระหว่างสมรรถนะทั้ง 6 ด้าน

การวิเคราะห์สมรรถนะแต่ละด้านแยกกันเพื่อความชัดเจนในการนำเสนอนั้น อาจสร้างภาพลวงตาว่าสมรรถนะเหล่านี้ดำรงอยู่อย่างเป็นอิสระจากกัน ในความเป็นจริง ความสัมพันธ์เชิงพลวัตระหว่างสมรรถนะทั้งหกต่างหากที่อธิบายว่าเหตุใดผู้นำบางคนสามารถสร้างการเปลี่ยนแปลงเชิงระบบ ในขณะที่บางคนมีสมรรถนะรายด้านสูงแต่กลับไม่สามารถแปลงสู่ผลลัพธ์ได้ โดยการคิดเชิงระบบทำหน้าที่เป็นรากฐานทางภาษาและแนวคิดที่ช่วยให้ผู้นำมองเห็นความเชื่อมโยงระหว่างสมรรถนะอื่น ภาวะผู้นำเชิงปรับตัวและความยืดหยุ่นเป็นสมรรถนะที่เปิดทางให้สมรรถนะอื่นทำงานได้ในสภาวะความไม่แน่นอน เพราะหากผู้นำขาดความยืดหยุ่น แม้จะมีการคิดเชิงอนาคตที่ดีเพียงใด ก็ไม่สามารถปรับแผนได้เมื่อสถานการณ์เปลี่ยน ภาวะผู้นำแบบร่วมมือทำหน้าที่เป็นตัวคูณ (Multiplier) ที่ขยายพลังของสมรรถนะอื่นสู่การปฏิบัติจริงในระดับกลุ่มและองค์กร การคิดเชิงอนาคตให้ทิศทางและขอบฟ้าระยะยาวที่ป้องกันไม่ให้ความยืดหยุ่นกลายเป็นการตอบสนองเชิงรับเพียงอย่างเดียว และการรู้เท่าทันดิจิทัลเพิ่มขีดความสามารถในการประมวลผลข้อมูลที่จำเป็นสำหรับทุกสมรรถนะ สมรรถนะทั้งหมดนี้ยึดโยงกันด้วยจิตสำนึกด้านความยั่งยืนและจริยธรรมเป็นแกนกลาง ซึ่งทำหน้าที่กำกับว่าสมรรถนะทั้งหมดจะถูกนำไปใช้เพื่อเป้าหมายใดและเพื่อใคร ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ข้อจำกัดที่เกิดขึ้นเมื่อขาดสมรรถนะแต่ละด้าน

สถานการณ์สมรรถนะ	ข้อจำกัดที่เกิดขึ้น
มีการคิดเชิงระบบ แต่ขาดภาวะผู้นำแบบร่วมมือ	วิเคราะห์ปัญหาได้อย่างรอบด้าน แต่ไม่สามารถสร้างฉันทามติหรือขับเคลื่อนการเปลี่ยนแปลงร่วมกับผู้อื่นได้ ความเข้าใจเชิงระบบจึงหยุดอยู่ที่การวินิจฉัยโดยไม่แปลงสู่การกระทำ
มีภาวะผู้นำเชิงปรับตัว แต่ขาดการคิดเชิงอนาคต	ปรับตัวได้รวดเร็วต่อสถานการณ์เฉพาะหน้า แต่ขาดวิสัยทัศน์ระยะยาวที่กำกับทิศทาง การปรับตัวจึงอาจนำองค์กรไปสู่เป้าหมายที่ผิดพลาดได้
มีจิตสำนึกด้านจริยธรรม แต่ขาดการรู้เท่าทันดิจิทัล	มีเจตนาและค่านิยมที่ถูกต้อง แต่ขาดขีดความสามารถในการวิเคราะห์ผลกระทบเชิงระบบในยุคที่ข้อมูลเป็นพื้นฐานของการตัดสินใจ จิตสำนึกที่ดีจึงไม่สามารถแปลงเป็นนโยบายที่มีประสิทธิผลได้
มีการคิดเชิงอนาคต แต่ขาดภาวะผู้นำเชิงปรับตัว	มีวิสัยทัศน์และสถานการณ์อนาคตที่ชัดเจน แต่ไม่สามารถนำพาองค์กรผ่านความไม่แน่นอนและความสูญเสียที่จำเป็นในกระบวนการเดินทางสู่อนาคตนั้นได้
มีการรู้เท่าทันดิจิทัล แต่ขาดจิตสำนึกด้านจริยธรรม	แม้จะวิเคราะห์ข้อมูลได้อย่างแม่นยำและมีประสิทธิภาพ แต่หากปราศจากจริยธรรมที่เป็นหลักกำกับ การตัดสินใจอาจเหมาะสมในเชิงปริมาณ แต่ขัดต่อหลักความยั่งยืนและความเป็นธรรม
มีสมรรถนะครบทั้ง 6 ด้าน แต่ขาดการบูรณาการ	การที่สมรรถนะแต่ละด้านทำงานในลักษณะแยกส่วน โดยไม่บูรณาการกัน ส่งผลให้ผู้นำที่มีขีดความสามารถสูงในระดับรายด้านยังคงไม่สามารถสร้างการเปลี่ยนแปลงเชิงระบบที่ยั่งยืนได้

ที่มา: พัฒนาโดยผู้เขียนจากการสังเคราะห์วรรณกรรม

ตารางที่ 2 แสดงให้เห็นว่าข้อจำกัดจากการขาดสมรรถนะแต่ละด้านไม่ได้เป็นเพียงการลดทอนขีดความสามารถบางส่วน หากแต่สร้างรูปแบบความล้มเหลวที่แตกต่างกันอย่างเป็นระบบ ข้อสังเกตสำคัญคือสมรรถนะที่ดูเหมือนแข็งแกร่งเมื่อขาดคู่สมรรถนะที่เสริมกัน อาจกลายเป็นจุดอ่อนและเป็นอันตรายมากกว่าการขาดสมรรถนะโดยสิ้นเชิง นัยยะนี้ชี้ให้เห็นว่าการพัฒนาสมรรถนะภาวะผู้นำแห่งอนาคตต้องออกแบบในลักษณะบูรณาการ ไม่ใช่การพัฒนาทีละด้านอย่างแยกส่วน

กรอบสมรรถนะภาวะผู้นำแห่งอนาคตแบบบูรณาการ (IFLCF)

1. โครงสร้างและภาพรวมของกรอบ IFLCF

จากการวิเคราะห์และสังเคราะห์สมรรถนะทั้ง 6 ด้านในหัวข้อที่ผ่านมา บทความนี้เสนอกรอบสมรรถนะภาวะผู้นำแห่งอนาคตแบบบูรณาการ (Integrated Future Leadership Competency Framework: IFLCF) ซึ่งจัดระเบียบสมรรถนะเหล่านั้นในโครงสร้างสามระดับที่มีความสัมพันธ์เชิงพลวัตระหว่างกัน ดังแสดงในภาพที่ 1 และตารางที่ 3 ข้อสังเกตสำคัญเกี่ยวกับโครงสร้างของกรอบนี้คือ ระดับทั้ง 3 ไม่ได้มีความสัมพันธ์แบบลำดับชั้นเพียงทิศทางเดียว หากแต่เป็นความสัมพันธ์แบบสองทิศทางที่เสริมแรงซึ่งกันและกัน ระดับฐานหล่อหลอมและกำกับทิศทางของสมรรถนะในสองระดับที่สูงกว่า ในขณะเดียวกัน การฝึกปฏิบัติสมรรถนะในระดับกระบวนการและระดับยุทธศาสตร์ก็เสริมความแข็งแกร่งให้กับค่านิยมในระดับฐานด้วยเช่นกัน



รูปที่ 1 กรอบสมรรถนะภาวะผู้นำแห่งอนาคตแบบบูรณาการ (IFLCF)

ตารางที่ 3 กรอบสมรรถนะภาวะผู้นำแห่งอนาคตแบบบูรณาการ (IFLCF) โครงสร้างสามระดับ

ระดับ IFLCF	สมรรถนะหลัก	บทบาทเชิงหน้าที่	ลักษณะสำคัญ
ระดับยุทธศาสตร์ (Strategic Level)	การคิดเชิงอนาคตและการมองการณ์ไกล / การรู้เท่าทันดิจิทัลและข้อมูล	ออกแบบความเป็นไปได้ในอนาคตและนำทางองค์กรในสภาวะที่ไม่แน่นอน	ต้องการการบูรณาการกับระดับกระบวนการอย่างต่อเนื่อง
ระดับกระบวนการ (Process Level)	การคิดเชิงระบบ / ภาวะผู้นำเชิงปรับตัวและความยืดหยุ่น / ภาวะผู้นำแบบร่วมมือและมีส่วนร่วม	แปลงค่านิยมสู่การปฏิบัตินำพาผ่านความไม่แน่นอนสร้างพลังรวมหมู่	ทั้ง 3 ทำงานร่วมกันในลักษณะเสริมแรง การขาดด้านใดกระทบอีก 2ด้าน
ระดับฐาน (Foundation Level) — แกนกลาง	จิตสำนึกด้านความยั่งยืนและจริยธรรม (Sustainability & Ethical Mindset)	หล่อหลอมทิศทางและกำกับการใช้สมรรถนะทั้งหมดสู่ความยั่งยืน	ดำรงอยู่ในระดับค่านิยมพัฒนาได้ผ่าน Experiential Learning

ที่มา: พัฒนาโดยผู้เขียนจากการสังเคราะห์วรรณกรรม

การอภิปรายและข้อเสนอแนะ

1. จากสมรรถนะสู่การเปลี่ยนแปลงเชิงกระบวนทัศน์

ผลการวิเคราะห์นำไปสู่ข้อสรุปที่มีนัยยะลึกกว่าการระบุรายการสมรรถนะ กล่าวคือ โลกแห่งความไม่แน่นอนและการเปลี่ยนผ่านสู่ความยั่งยืนไม่ได้เพียง "เพิ่มความต้องการ" สมรรถนะบางประการ หากแต่กำลัง "นิยามใหม่" ของภาวะผู้นำในระดับพื้นฐาน ผู้นำที่มีประสิทธิผลในยุคนี้จึงไม่ใช่ผู้ที่รู้คำตอบมากที่สุด หากแต่เป็นผู้ที่สามารถนำพาองค์กรและสังคมผ่านกระบวนการเรียนรู้ร่วมกันในความไม่แน่นอนได้อย่างมีทิศทาง (Heifetz et al., 2009) การเปลี่ยนบทบาทจาก Expert ผู้มีคำตอบ สู่ Facilitator ผู้ออกแบบกระบวนการนี้ไม่ใช่เพียงการปรับทักษะ หากแต่ต้องอาศัยเจตจำนงระดับสถาบันในการทบทวนและปรับเปลี่ยนกระบวนการผลิตและรับรองผู้นำที่หยั่งรากมาอย่างยาวนาน

2. การมีส่วนสนับสนุนทางทฤษฎี (Theoretical Contribution)

IFLCF มีส่วนสนับสนุนทางทฤษฎี 4 ประการเมื่อเปรียบเทียบกับกรอบที่มีอยู่เดิม

ประการแรก IFLCF ขยายทฤษฎี Adaptive Leadership ของ Heifetz et al. (2009) จากการมุ่งเน้นความท้าทายเชิงปรับตัวในระดับองค์กร ไปสู่ระดับระบบสังคม-เทคนิคในบริบทวิกฤตพหุมิติ กล่าวคือ IFLCF ชี้ให้เห็นว่า balcony perspective หรือการมองภาพรวมของระบบในยุค BANI World นั้น ต้องครอบคลุมระบบนิเวศหลายระดับพร้อมกัน มิใช่เพียงระดับองค์กรเดียว

ประการที่2 IFLCF เสริม Sustainability Leadership Framework ของ Sajjad et al. (2024) โดยเพิ่มมิติดิจิทัล (Digital and Data Literacy) ที่ขาดหายไปในกรอบเดิม และแสดงให้เห็นว่าในยุคปัญญาประดิษฐ์ ผู้นำด้านความยั่งยืนไม่

สามารถดำเนินการได้อย่างมีประสิทธิภาพหากขาดความสามารถในการอ่านและสื่อสารข้อมูลสิ่งแวดล้อมและ ESG อย่างแม่นยำ

ประการที่ 3 IFLCF ท้าทาย UNESCO ESD Competency Framework (2017) ด้วยการเพิ่มมิติ BANI World และ Polycrisis ที่ UNESCO ไม่ได้พิจารณาในเวลาที่พัฒนากรอบ โดยเฉพาะอย่างยิ่งสมรรถนะที่ UNESCO ระบุว่ามีความสำคัญรองลงมา เช่น Anticipatory Competency ต้องได้รับการยกระดับความสำคัญขึ้นอย่างมีนัยสำคัญในบริบทปัจจุบัน

ประการที่ 4 IFLCF เป็นกรอบแรกที่แสดงความสัมพันธ์เชิงพลวัตระหว่างสมรรถนะทั้งหกด้านผ่านการวิเคราะห์ข้อจำกัด (ตารางที่ 2) ซึ่งทำให้กรอบมีลักษณะเป็น Dynamic System มากกว่า Static Checklist ตอบสนองต่อข้อเรียกร้องของ Sajjad et al. (2024) และ Heim et al. (2026) ที่ระบุว่าสนามวิชาการต้องการกรอบบูรณาการที่เชื่อมสมรรถนะในระดับจุลภาค มัชฌิมภาค และมหภาคเข้าด้วยกัน

3. IFLCF เปรียบเทียบกับกรอบที่มีอยู่: คุณค่าเพิ่มเติมและข้อแตกต่าง

กรอบสมรรถนะความยั่งยืน 8 ประการของ UNESCO (2017) มีจุดแข็งด้านความครอบคลุมในมิติการศึกษาเพื่อความยั่งยืน แต่ถูกพัฒนาขึ้นก่อนยุค BANI World ที่เต็มรูปแบบ จึงไม่ได้บูรณาการมิติการหยุดชะงักของปัญญาประดิษฐ์ ความตึงเครียดทางภูมิรัฐศาสตร์ และลักษณะ Non-linear ของวิกฤตพหุมิติ ในขณะที่ Future of Jobs Framework ของ WEF (2023, 2025) มีจุดแข็งด้านการสะท้อนความต้องการของตลาดแรงงาน แต่มีลักษณะเป็นการระบุทักษะที่ตลาดต้องการในช่วงเวลาหนึ่ง มากกว่าการสร้างกรอบบูรณาการที่อธิบายความสัมพันธ์เชิงระบบระหว่างทักษะเหล่านั้น IFLCF จึงมีคุณค่าเพิ่มเติมตรงที่บูรณาการมิติความไม่แน่นอนระดับโลก ความยั่งยืน และการหยุดชะงักทางดิจิทัลเข้าด้วยกันเป็นครั้งแรก พร้อมแสดงความเชื่อมโยงระหว่างสมรรถนะ และมีนัยยะเฉพาะสำหรับบริบทเอเชียตะวันออกเฉียงใต้

4. การเปรียบเทียบภาวะผู้นำดั้งเดิมกับภาวะผู้นำแห่งอนาคต

ตารางที่ 4 สรุปความแตกต่างเชิงคุณภาพระหว่างภาวะผู้นำแบบดั้งเดิมและภาวะผู้นำแห่งอนาคต สะท้อนให้เห็นว่าการเปลี่ยนแปลงที่จำเป็นเป็นการปฏิรูปเชิงกระบวนทัศน์ในทุกมิติ ไม่ใช่การปรับปรุงเชิงพัฒนาการ (Incremental Improvement)

ตารางที่ 4 การเปรียบเทียบภาวะผู้นำแบบดั้งเดิมและภาวะผู้นำแห่งอนาคต

มิติ	ภาวะผู้นำแบบดั้งเดิม	ภาวะผู้นำแห่งอนาคต (IFLCF)
ลักษณะปัญหา	ปัญหาเทคนิคที่แก้ได้ด้วยความเชี่ยวชาญ	Wicked Problems (ปัญหาที่ยากจะแก้ไข) ที่ซับซ้อน ไม่มีคำตอบเดียวที่ถูกต้อง
รูปแบบการตัดสินใจ	จากบนลงล่าง ผู้นำเป็นผู้มีคำตอบ	กระจายอำนาจ ออกแบบกระบวนการหาคำตอบร่วมกัน
ขอบเขตเวลา	ระยะสั้น-กลาง (รายไตรมาส/รายปี)	ระยะยาว ครอบคลุมความรับผิดชอบต่อคนรุ่นอนาคต
ตัวชี้วัดความสำเร็จ	ผลกำไร ประสิทธิภาพ และการเติบโต	Triple Bottom Line: เศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม
บทบาทผู้นำ	Expert ผู้มีอำนาจและผู้ตัดสินใจ	Facilitator ผู้ออกแบบระบบและผู้เชื่อมประสาน
ความสัมพันธ์กับความไม่แน่นอน	หลีกเลี่ยงหรือบริหารจัดการให้ลดลง	ยอมรับและสร้างสมรรถนะในการนำทางผ่านความไม่แน่นอน
ฐานความรู้	ความเชี่ยวชาญเฉพาะสาขา	สหวิทยาการและการเรียนรู้ตลอดชีวิต

ที่มา: สังเคราะห์จากวรรณกรรม (Syamsir et al., 2025; Heifetz et al., 2009; Sajjad et al., 2024)

5. ตัวอย่างการประยุกต์ใช้กรอบ IFLCF ในทางปฏิบัติ

เพื่อให้เห็นเส้นทางจากกรอบทฤษฎีสู่การปฏิบัติจริง ขอยกตัวอย่างการออกแบบ "หลักสูตรผู้นำการเปลี่ยนผ่านสู่ความยั่งยืน" สำหรับมหาวิทยาลัยในระดับปริญญาโทด้านการบริหาร ซึ่งสะท้อนโครงสร้างสามระดับของ IFLCF ในระดับฐาน หลักสูตรเปิดด้วยรายวิชา "จริยธรรมและค่านิยมสำหรับผู้นำแห่งอนาคต" ที่ใช้ Reflective Practice และ Ethical Dilemma Cases จากสถานการณ์จริงในประเทศไทยและภูมิภาค เพื่อพัฒนา Intrinsic Motivation ด้านความยั่งยืน ก่อนที่นักศึกษาจะก้าวสู่สมรรถนะระดับที่สูงขึ้น ในระดับกระบวนการ หลักสูตรออกแบบให้นักศึกษาทำงานกับปัญหาชุมชนจริงผ่านโครงการ Community-Based Systems Mapping ที่ต้องใช้การคิดเชิงระบบในการวิเคราะห์ ภาวะผู้นำเชิงปรับตัวในการนำทีมข้ามวัฒนธรรมผ่านความขัดแย้ง และภาวะผู้นำแบบร่วมมือในการสร้างการยอมรับจากชุมชนพร้อมกัน และในระดับยุทธศาสตร์ นักศึกษาเข้าร่วม Futures Lab ที่ใช้กระบวนการ Scenario Planning สำหรับปัญหาความยั่งยืนในบริบทไทย เช่น การปรับตัวต่อวิกฤตน้ำ การเปลี่ยนผ่านพลังงาน และการบริหารแรงงานในยุคปัญญาประดิษฐ์ ควบคู่กับการฝึกทักษะ Data Visualization สำหรับการสื่อสารข้อมูลที่ซับซ้อนกับผู้มีส่วนได้ส่วนเสียที่หลากหลาย

6. นัยยะสำหรับการอุดมศึกษาไทยและเอเชียตะวันออกเฉียงใต้

ผลการวิเคราะห์มีนัยยะเชิงปฏิบัติสำหรับการอุดมศึกษาใน 3 มิติที่เชื่อมโยงกัน และมีความเฉพาะเจาะจงสำหรับบริบทไทยและเอเชียตะวันออกเฉียงใต้อย่างมีนัยสำคัญ

มิติที่ 1 คือการออกแบบหลักสูตร (Curriculum Design) สถาบันอุดมศึกษาไทยที่มุ่งผลิตผู้นำตามกรอบ IFLCF ต้องยกเลิกสมมติฐานที่ว่าสมรรถนะภาวะผู้นำสามารถพัฒนาได้ผ่านรายวิชาเฉพาะ หากแต่ต้องบูรณาการเข้าสู่ทั้งหลักสูตร (Curriculum-Wide Integration) ผ่านแนวทางสหวิทยาการที่ทลายพรมแดนระหว่างสาขาวิชา ในบริบทไทย สิ่งนี้หมายความว่าหลักสูตรรัฐศาสตร์ บริหารธุรกิจ วิศวกรรม และสังคมศาสตร์ต้องออกแบบประสบการณ์การเรียนรู้ร่วมกันผ่าน Wicked Problems จริงที่เกิดขึ้นในชุมชนและสังคมไทย ไม่ใช่กรณีศึกษาจากตะวันตกที่อาจขาดความหมายทางวัฒนธรรมสำหรับผู้เรียนไทย

มิติที่ 2 คือการประเมินสมรรถนะ (Competency Assessment) ปัญหาเชิงโครงสร้างที่ลึกที่สุดในการศึกษาไทยคือระบบประเมินผลที่ยังวัดความรู้ (Knowledge) มากกว่าสมรรถนะ (Competency) และค่านิยม (Disposition) การปฏิรูปที่แท้จริงต้องเปลี่ยนจากการสอบแบบดั้งเดิมไปสู่การประเมินผ่านแฟ้มสะสมผลงาน (Portfolio) การจำลองสถานการณ์วิกฤต (Crisis Simulation) และการวิเคราะห์กรณีศึกษาเชิงจริยธรรม (Ethical Case Analysis) ในบริบทปัญหาที่เกิดขึ้นจริงในสังคมไทย เช่น การจัดการทรัพยากรน้ำในภาคเหนือ การเปลี่ยนผ่านพลังงานในอีสาน หรือการบริหารแรงงานข้ามชาติในภาคใต้ การวัดผลในลักษณะนี้ไม่เพียงแต่ตรงกับสมรรถนะที่ต้องการ แต่ยังส่งสัญญาณที่ชัดเจนให้ผู้เรียนว่าสิ่งใดมีคุณค่าในบริบทไทยที่กำลังเปลี่ยนผ่าน

มิติที่ 3 คือการสร้างวัฒนธรรมองค์กรของสถาบันการศึกษาที่เป็นแบบอย่าง โดยได้ข้อค้นพบจาก Eustachio et al. (2024) และ Suriyankietkaew et al. (2022) คิดเห็นตรงกันว่าสถาบันที่ประสบความสำเร็จในการพัฒนาสมรรถนะเหล่านี้ล้วนเป็นสถาบันที่ "ปฏิบัติสิ่งที่ตนสอน" (Walk the Talk) สำหรับมหาวิทยาลัยไทย นี่หมายความว่าการประกาศค่านิยมด้านความยั่งยืนในพันธกิจสถาบันยังไม่เพียงพอ หากแต่ต้องแสดงให้เห็นผ่านการตัดสินใจเชิงนโยบายจริง เช่น การจัดซื้อพลังงานสะอาด การจ้างงานที่เป็นธรรม การบริหารขยะในวิทยาเขต และการลงทุนในชุมชนโดยรอบ สถาบันที่สามารถสร้างระบบนิเวศที่เป็นแบบอย่างเหล่านี้จะผลิตผู้นำที่ซึมซับค่านิยมผ่านประสบการณ์จริง ไม่ใช่เพียงผ่านการสอนในห้องเรียน

สำหรับบริบทไทยโดยเฉพาะ Suriyankietkaew et al. (2022) ยืนยันว่าจุดแข็งเฉพาะของไทยและเอเชียตะวันออกเฉียงใต้คือการมีปรัชญาท้องถิ่นที่สอดคล้องกับสมรรถนะใน IFLCF อย่างถ่องแท้ ปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง (Sufficiency Economy Philosophy: SEP) ที่เน้นความพอประมาณ ความมีเหตุผล และการมีภูมิคุ้มกัน ไม่เพียงสอดคล้องกับจิตสำนึกด้านความยั่งยืนและจริยธรรมในระดับฐาน แต่ยังเสริมภาวะผู้นำเชิงปรับตัวผ่านหลักภูมิคุ้มกัน และภาวะผู้นำแบบร่วมมือผ่านปรัชญาชุมชนเป็นฐาน (Community-Based Philosophy) ที่หยั่งรากลึกในสังคมไทย สถาบันอุดมศึกษาไทยจึงมีโอกาสไม่เพียงนำกรอบ IFLCF มาใช้ หากแต่ยังสามารถต่อยอดและปรับให้มีความเป็นไทยและเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ที่มีเอกลักษณ์เฉพาะตัว ซึ่งกรอบจากตะวันตกไม่สามารถนำเสนอได้ ทำให้ประเทศไทยมีศักยภาพในการเป็นผู้นำระดับภูมิภาคในการพัฒนาผู้นำแห่งอนาคตที่มีรากฐานทางวัฒนธรรมและตอบสนองต่อความท้าทายระดับโลกพร้อมกัน

7. นัยยะสำหรับนโยบายและการปฏิรูปเชิงสถาบัน

ในระดับนโยบาย ผลการวิเคราะห์ไม่เพียงสนับสนุนการผนวกกรอบ IFLCF เข้าสู่มาตรฐานคุณวุฒิการศึกษาระดับชาติ หากแต่ยังชี้ให้เห็นว่านโยบายการศึกษาไทยต้องการการปฏิรูปเชิงระบบในสามแนวรบพร้อมกัน ซึ่งเป็นข้อเสนอแนะที่เฉพาะเจาะจงกว่าที่วรรณกรรมส่วนใหญ่นำเสนอ

แนวทางแรกคือการปรับเกณฑ์การรับรองมาตรฐานหลักสูตร (Curriculum Accreditation) ปัจจุบันกรอบมาตรฐานคุณวุฒิระดับอุดมศึกษาของไทย (TQF) ยังไม่ได้บูรณาการสมรรถนะด้านความยั่งยืนและความไม่แน่นอนเป็น

มาตรฐานหลัก การปรับปรุง TQF ให้ครอบคลุมสมรรถนะตามกรอบ IFLCF จะส่งสัญญาณที่ชัดเจนต่อสถาบันอุดมศึกษาทุกแห่งว่าการพัฒนาสมรรถนะเหล่านี้ไม่ใช่ทางเลือก หากแต่เป็นพันธกิจหลักของการอุดมศึกษาไทย สอดคล้องกับเป้าหมาย SDG 4.7 (Ocaña Zúñiga et al., 2023) ยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปีด้านการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ และนโยบาย BCG Economy Model อย่างเป็นรูปธรรม

แนวทางที่ 2 คือการพัฒนาอาจารย์ (Faculty Development) ช่องว่างที่ถูกมองข้ามมากที่สุดในการปฏิรูปการศึกษาคือการที่อาจารย์ผู้สอนยังไม่มีสมรรถนะที่ตนสอน งานวิจัยของ Eustachio et al. (2024) แสดงให้เห็นว่าโปรแกรม PRME ที่ประสบความสำเร็จล้วนลงทุนในการพัฒนาอาจารย์อย่างเข้มข้นก่อนที่จะเปลี่ยนแปลงหลักสูตร สำหรับประเทศไทย สำนักงานปลัดกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สป.อว.) และสำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา (สกศ.) ควรพัฒนาโปรแกรม “ผู้นำการเปลี่ยนแปลงเพื่ออาจารย์” ที่ช่วยให้อาจารย์มีประสบการณ์ตรงกับสมรรถนะตามกรอบ IFLCF ก่อนนำไปถ่ายทอดสู่ผู้เรียน

แนวทางที่ 3 คือการสร้างระบบนิเวศพันธมิตร (Partnership Ecosystem) ปัญหาของ Wicked Problems ในสังคมไทยไม่อาจแก้ไขได้ภายในมหาวิทยาลัยเพียงลำพัง สถาบันอุดมศึกษาต้องสร้างพันธมิตรเชิงยุทธศาสตร์กับภาคส่วนที่หลากหลาย ได้แก่ ชุมชนท้องถิ่นและวิสาหกิจชุมชนที่นักศึกษาสามารถเรียนรู้จากปัญหาจริง ภาคธุรกิจที่ต้องการผู้นำที่มีสมรรถนะตามกรอบ IFLCF และเต็มใจมีส่วนร่วมในการออกแบบหลักสูตร และหน่วยงานภาครัฐที่สามารถให้โอกาสนักศึกษาและอาจารย์ทดสอบสมรรถนะในบริบทนโยบายจริง ความท้าทายที่แท้จริงไม่ได้อยู่ที่การระบุว่าภาวะผู้นำแห่งอนาคตต้องการสมรรถนะใด เพราะวรรณกรรมได้ให้ทิศทางที่ชัดเจนพอสมควรแล้ว หากแต่อยู่ที่เจตจำนงทางการเมืองและสถาบันในการสร้างระบบการศึกษาที่สามารถผลิตผู้นำที่มีสมรรถนะเหล่านั้นได้จริงในระดับที่เพียงพอกับความเร่งด่วนของวิกฤตที่ประเทศไทยและโลกกำลังเผชิญอยู่

บทสรุป

บทความนี้ได้วิเคราะห์และสังเคราะห์สมรรถนะภาวะผู้นำแห่งอนาคต 6 ด้านที่จำเป็นในบริบทของโลกแห่งความไม่แน่นอนและการเปลี่ยนผ่านสู่ความยั่งยืน และเสนอกรอบ IFLCF ที่จัดระเบียบสมรรถนะเหล่านั้นในโครงสร้าง 3 ระดับที่มีความสัมพันธ์เชิงพลวัต ข้อค้นพบที่มีนัยยะสำคัญที่สุดคือสมรรถนะเหล่านี้ไม่ใช่ “ทักษะที่เพิ่มเติม” เข้าไปในหลักสูตรที่มีอยู่ หากแต่สะท้อน “กระบวนทัศน์ใหม่” ของภาวะผู้นำที่เรียกร้องการปฏิรูปอย่างเป็นระบบในวิธีที่สถาบันการศึกษาและองค์กรพัฒนา ประเมิน และให้คุณค่ากับภาวะผู้นำ ความแตกต่างนี้ไม่ใช่เรื่องของการเลือกใช้ถ้อยคำ หากแต่มีนัยยะเชิงปฏิบัติที่แท้จริงต่อการออกแบบระบบการศึกษาและการพัฒนาองค์กรในทศวรรษข้างหน้า

ในแง่การมีส่วนสนับสนุนทางทฤษฎี IFLCF ขยายทฤษฎี Adaptive Leadership ของ Heifetz et al. (2009) สู่ระดับระบบสังคม-เทคนิคในบริบทวิกฤตพหุมิติ เสริม Sustainability Leadership Framework ของ Sajjad et al. (2024) ด้วยมิติดิจิทัลที่ขาดหายไป ท้าทาย ESD Competency Framework ของ UNESCO (2017) ให้ถูกอ่านใหม่ในบริบท BANI World และเป็นกรอบแรกที่แสดงความสัมพันธ์เชิงพลวัตระหว่างสมรรถนะทั้งหกในลักษณะ Dynamic System มากกว่า Static Checklist นอกจากนี้ IFLCF ยังให้ภาษาร่วมและโครงสร้างที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้จริงในการออกแบบหลักสูตร การพัฒนาอาจารย์ การประเมินผลการเรียนรู้ และการกำหนดนโยบายอุดมศึกษา โดยเฉพาะในบริบทไทยและเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ที่ยังขาดกรอบเชิงบูรณาการที่มีรากฐานทางวัฒนธรรมที่เหมาะสม

สำหรับทิศทางการวิจัยในอนาคต บทความนี้เสนอ 4 ทิศทางหลักที่เชื่อมต่อกันอย่างมีเหตุผล ทิศทางแรกคือการศึกษาเชิงประจักษ์เพื่อยืนยันโครงสร้างและความสัมพันธ์ระหว่างสมรรถนะใน IFLCF ในบริบทวัฒนธรรมที่หลากหลาย โดยเฉพาะในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ที่มีบริบทเฉพาะซึ่งวรรณกรรมตะวันตกยังสะท้อนได้ไม่เพียงพอ ทิศทางที่ 2 คือการพัฒนาและทดสอบโปรแกรมการพัฒนาผู้นำที่ออกแบบตามกรอบ IFLCF ในสถาบันอุดมศึกษาไทย เพื่อสะสมหลักฐานเชิงปฏิบัติเกี่ยวกับเงื่อนไขที่ทำให้การพัฒนาสมรรถนะแต่ละด้านประสบความสำเร็จ ทิศทางที่ 3 คือการศึกษาระยะยาวเกี่ยวกับผลกระทบของสมรรถนะภาวะผู้นำแห่งอนาคตต่อผลลัพธ์ด้านความยั่งยืนในระดับองค์กรและชุมชน และทิศทางที่ 4 คือ การพัฒนาเครื่องมือประเมินสมรรถนะที่สามารถวัดได้ทั้งในมิติความรู้ ทักษะ และค่านิยม และประยุกต์ใช้ได้อย่างเหมาะสมในบริบทวัฒนธรรมไทยและเอเชีย ซึ่งปัจจุบันยังขาดแคลนอย่างเด่นชัด

ความท้าทายที่แท้จริงไม่ได้อยู่ที่การระบุว่าภาวะผู้นำแห่งอนาคตต้องการสมรรถนะใด เพราะวรรณกรรมได้ให้ทิศทางที่ชัดเจนพอสมควรแล้ว แต่อยู่ที่การสร้างระบบการศึกษาและการพัฒนาองค์กรที่สามารถผลิตผู้นำที่มีสมรรถนะเหล่านั้นในระดับที่เพียงพอกับความเร่งด่วนของวิกฤตที่โลกกำลังเผชิญอยู่ กรอบ IFLCF จึงไม่ใช่จุดสิ้นสุดของการสนทนา แต่เป็นจุดเริ่มต้นของการปฏิบัติการที่มีความหมาย

ข้อจำกัดของการศึกษา

บทความวิชาการนี้มีข้อจำกัดสำคัญ 4 ประการที่ควรรับทราบอย่างตรงไปตรงมา เพื่อให้ผู้อ่านและนักวิจัยที่จะต่อยอดสามารถตีความผลการวิเคราะห์และออกแบบการวิจัยในอนาคตได้อย่างเหมาะสม

ข้อจำกัดประการแรกคือ ลักษณะของวรรณกรรมที่อิงบริบทตะวันตกเป็นหลัก วรรณกรรมส่วนใหญ่ที่รวบรวมได้มาจากสหรัฐอเมริกา สหราชอาณาจักร และออสเตรเลีย ซึ่งอาจทำให้สมรรถนะที่ระบุในกรอบ IFLCF มีน้ำหนักเอนเอียงตามบริบทวัฒนธรรมตะวันตกโดยไม่ตั้งใจ งานวิจัยจากเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ แอฟริกา และลาตินอเมริกา ซึ่งเป็นภูมิภาคที่กำลังเผชิญกับความท้าทายด้านความยั่งยืนในระดับที่รุนแรง ยังมีสัดส่วนน้อยในวรรณกรรมระดับนานาชาติ สมรรถนะบางด้าน โดยเฉพาะภาวะผู้นำแบบร่วมมือ อาจมีนิยามและรูปแบบการปฏิบัติที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในบริบทวัฒนธรรมที่เน้นความสัมพันธ์เชิงลำดับชั้น (Hierarchical Collectivism) เช่น บริบทไทยและเอเชียตะวันออก ซึ่งเป็นสิ่งที่กรอบปัจจุบันยังไม่ได้สะท้อนอย่างเพียงพอ

ข้อจำกัดประการที่ 2 คือกรอบสมรรถนะภาวะผู้นำแห่งอนาคตแบบบูรณาการ (Integrated Future Leadership Competency Framework: IFLCF) ยังต้องการการตรวจสอบความตรงเชิงประจักษ์ (Empirical Validation) กรอบที่เสนอในบทความนี้พัฒนาขึ้นจากการสังเคราะห์วรรณกรรม ยังไม่ผ่านการทดสอบโดยตรงกับผู้นำในองค์กรจริงหรือการนำไปใช้ในหลักสูตรที่ดำเนินการจริง น้ำหนักสัมพัทธ์ของสมรรถนะแต่ละด้านในบริบทที่แตกต่างกันยังขาดข้อมูลเชิงประจักษ์รองรับ และความสัมพันธ์เชิงพลวัตระหว่างสมรรถนะที่วิเคราะห์ไว้ในตารางที่ 2 เป็นข้อเสนอเชิงทฤษฎีที่ต้องการการยืนยันจากการศึกษาในบริบทที่หลากหลายก่อนจะนำไปใช้อย่างเต็มที่

ข้อจำกัดประการที่ 3 เกี่ยวข้องกับขอบเขตเวลาของวรรณกรรมที่ใช้ในการสังเคราะห์ การจำกัดช่วงตีพิมพ์ระหว่าง ค.ศ. 2018–2025 แม้จะให้ความทันสมัย แต่ทำให้งานทฤษฎีรากฐานบางส่วนที่ยังคงมีความเกี่ยวข้องถูกตัดออกไป ยิ่งกว่านั้น การพัฒนาอย่างรวดเร็วของ Generative AI โดยเฉพาะในช่วงปลาย ค.ศ. 2023–2025 ซึ่งกำลังเปลี่ยนแปลงลักษณะของสมรรถนะด้านการรู้เท่าทันดิจิทัลอย่างมีนัยสำคัญ อาจทำให้บางส่วนของกรอบที่นำเสนอต้องได้รับการทบทวนในระยะอันใกล้ ข้อจำกัด

นี้ชี้ให้เห็นความจำเป็นในการพัฒนา IFLCF ให้มีลักษณะเป็น Living Framework ที่ปรับตัวได้ตามบริบทที่เปลี่ยนไป แทนที่จะเป็นกรอบที่ตายตัว

ข้อจำกัดประการที่ 4 คือ ตำแหน่งทางสังคมและจุดยืน (Positionality) ของผู้เขียนในกระบวนการสังเคราะห์การสังเคราะห์เชิงหัวข้อมีลักษณะเชิงตีความ (Interpretive) ที่ขึ้นอยู่กับวิจารณญาณของผู้วิเคราะห์ แม้จะใช้กระบวนการ Thematic Synthesis ที่เป็นระบบตามแนวทางของ Thomas และ Harden (2008) แต่ผู้วิจัยที่มีพื้นหลังทางวิชาการและวัฒนธรรมที่แตกต่างกันอาจสังเคราะห์สมรรถนะออกมาในรูปแบบที่แตกต่างออกไป การตระหนักถึงข้อจำกัดเหล่านี้ไม่ได้ลดคุณค่าของกรอบ IFLCF แต่สะท้อนความซื่อสัตย์ทางวิชาการที่จำเป็น และชี้ให้เห็นทิศทางการวิจัยที่ต้องดำเนินการต่อเพื่อเสริมความแข็งแกร่งให้กับกรอบในระยะยาว

เอกสารอ้างอิง

Bass, B. M. (1985). Leadership and performance beyond expectations. Free Press.

Brundiers, K., Barth, M., Cebrián, G., Cohen, M., Diaz, L., Doucette-Remington, S., Dripps, W., Habron, G., Harré, N., Jarchow, M., Losch, K., McCown, J., Mochizuki, Y., Rieckmann, M., Schaer, A., Singer-Brodowski, M., Slater, M., Smith, T., Tepfer, A., & Zlatkin-Troitschanskaia, O. (2021). Key competencies in sustainability in higher education—Toward an agreed-upon reference framework. Sustainability Science. 16(1): 13–29.

Burns, J. M. (1978). Leadership. Harper & Row.

Cascio, J. (2020). Facing the age of chaos. Medium. https://medium.com/@cascio/facing-the-age-of-chaos-b00687b1f51d

Díaz, L., & Adams, D. (2025). Cultivating systems leadership: Translating real-world practice into classroom opportunities. New Directions for Student Leadership. 2025(188): 125–131.

Eustachio, J. H. P. P., Leal Filho, W., Salvia, A. L., Lourenção, M., Guimarães, Y. M., Trevisan, L. V., Barbir, J., & Caldana, A. C. F. (2024). Responsible management education: The leadership role of PRME business schools. International Journal of Management Education. 22(1): Article 100920.

Geels, F. W. (2002). Technological transitions as evolutionary reconfiguration processes: A multi-level perspective and a case-study. Research Policy. 31(8–9): 1257–1274.

Greenleaf, R. K. (1977). Servant leadership: A journey into the nature of legitimate power and greatness. Paulist Press.

Hallinger, P., & Suriyankietkaew, S. (2018). Science mapping of the knowledge base on sustainable leadership, 1990–2018. Sustainability. 10(12): Article 4846.

Heifetz, R. A., Grashow, A., & Linsky, M. (2009). The practice of adaptive leadership: Tools and tactics for changing your organization and the world. Harvard Business Press.

Heim, I., Laker, B., & Tabaeifard, S. J. (2026). Responsible leadership: A systematic literature review, theoretical framework, and future research directions. Journal of Business Research. 203: Article 115801.

IPCC. (2023). Climate change 2023: Synthesis report. Intergovernmental Panel on Climate Change.

Lawrence, M., Homer-Dixon, T., Janzwood, S., Rockström, J., Renn, O., & Donges, J. F. (2024). Global polycrisis: The causal mechanisms of crisis entanglement. Global Sustainability. 7: Article e6.

Ocaña Zúñiga, C., Miriory, M., Fernández Zarate, F., Quiñones Huatangari, L., Huaccha Castillo, A. E., Morales Rojas, E., & Miguel-Miguel, H. (2023). Implementing the sustainable development goals in university higher education: A systematic review. International Journal of Sustainable Development & Planning. 18(6): 1769–1776. https://doi.org/10.18280/ijsdp.180613

Sajjad, A., Eweje, G., & Raziq, M. M. (2024). Sustainability leadership: An integrative review and conceptual synthesis. Business Strategy and the Environment. 33(4): 2849–2867.

Suriyankietkaew, S., Krittayaruangroj, K., & Iamsawan, N. (2022). Sustainable leadership practices and competencies of SMEs for sustainability and resilience: A community-based social enterprise study. Sustainability. 14(10): Article 5762.

Syamsir, S., Saputra, N., & Mulia, R. A. (2025). Leadership agility in a VUCA world: A systematic review, conceptual insights, and research directions. Cogent Business & Management. 12(1): Article 2482022.

Thomas, J., & Harden, A. (2008). Methods for the thematic synthesis of qualitative research in systematic reviews. BMC Medical Research Methodology. 8(1): Article 45.

UNESCO. (2017). Education for sustainable development goals: Learning objectives. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization.

United Nations. (2015). Transforming our world: The 2030 agenda for sustainable development (Resolution A/RES/70/1). United Nations General Assembly.

Vervoort, J., & Gupta, A. (2024). Foresight and futures thinking for international development co-operation: Promises and pitfalls. Development Policy Review. 42(3): Article e12790.

World Economic Forum. (2023). Future of jobs report 2023. World Economic Forum.

World Economic Forum. (2025). Future of jobs report 2025. World Economic Forum.

Yang, D., Crawford, J., Daugaard, D., & Jia, J. (2025). Environmentally sustainable leadership: A systematic literature review and future research agenda. Australian Journal of Management. Advance online publication.

กรณีศึกษาการฝึกอบรมครูด้วยแพลตฟอร์มปัญญาประดิษฐ์ CiRA CORE เพื่อบูรณาการ STEM Education และโมเดล BCG

A case study of teacher training in artificial intelligence using the CiRA CORE platform for STEM Education and BCG model integration

จิราภรณ์ พงษ์โสภา[1,2*] อุดมศักดิ์ กิจทวี[1,2] โชติมา หนูพริก[4] และรังสันต์ จอมทะรักษ์[1,2,3]

Jiraporn pongsopa[1,2], Udomsak Kiitawee[1,2], Chotima Nooprick[4], Rangsan jomtarak[1,2,3]

[1]หลักสูตรศึกษาศาสตรบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
[1]General Science Education Program, Faculty of Science and technology, Suan Dusit University
[2]ศูนย์ปัญญาประดิษฐ์เพื่อการศึกษา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต
[2]AI Center for Education Faculty of Science and technology, Suan Dusit University
[3]หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาอุตสาหกรรมชีวภาพเพื่อธุรกิจ, คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
[3]Bioindustry for Business Science Program, Faculty of Science and technology, Suan Dusit University
[4]สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน
[4]Office of Basic Education Commission
[*]Corresponding Author E-mail Address : jiraporn_pon@dusit.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนากระบวนการฝึกอบรมครูด้านปัญญาประดิษฐ์ร่วมกับแนวการจัดการเรียนการสะเต็มศึกษา และ โมเดล BCG 2) พัฒนากิจกรรมฝึกอบรมทักษะด้านปัญญาประดิษฐ์ และ 3) ศึกษาผลการฝึกอบรมปัญญาประดิษฐ์ร่วมกับแนวการจัดการเรียนการสอนสะเต็มศึกษา และ โมเดล BCG กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งเป็นครูและนักการศึกษา จำนวน 56 คน โดยการเลือกตัวอย่างแบบเจาะจง ผลการวิจัยพบว่า 1) กิจกรรมฝึกอบรมทักษะด้านปัญญาประดิษฐ์มีการดำเนินการ 3 ขั้นตอนจากการดำเนินการอบรม 5 ขั้นตอน โดยมีจุดเน้นในขั้นตอนมที่ 3 ที่ผู้เข้าอบรมได้ลงมือปฏิบัติ 2) กระบวนการฝึกอบรมครูด้านปัญญาประดิษฐ์ร่วมกับแนวการจัดการเรียนการสอนสะเต็มศึกษาและ BCG โมเดล พบว่าผู้เรียนได้ทำการทดลองทางวิทยาศาสตร์โดยใช้หลักการการเตรียมวัสดุ BCG โมเดลและกระบวนการได้มาของการเรียนแบบสะเต็มศึกษา 3) ผลการฝึกอบรมด้านปัญญาประดิษฐ์ร่วมกับแนวการจัดการเรียนการสอนสะเต็มศึกษาและ BCG โมเดล จากกลุ่มตัวอย่าง 56 คน สามารถเทรนโมเดลจากข้อมูลที่ได้จากการเตรียมการทดลอง และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้

คำสำคัญ: ปัญญาประดิษฐ์ สะเต็มศึกษา บีซีจีโมเดล ซีราคอร์

Abstract

The aims of this study were: 1) to develop a teacher training program in artificial intelligence (AI) that aligns with the STEM education and BCG model teaching approach; 2) to enhance AI skills training activities; and 3), to evaluate the effectiveness of AI training in conjunction with the STEM education and BCG model teaching approach involving 56 participants through a focused sample selection. The study revealed that

AI skills training comprised three out of five key stages, with particular emphasis on hands-on practical activities at stage three. Furthermore, an in-depth examination of the teacher training process in AI, combined with the STEM education and BCG approach, demonstrated that learners effectively conducted scientific experiments utilizing the BCG model and an immersive teaching approach. Remarkably, from the selected 56 participants, a model could be trained using data from experiment preparations, successfully applied. to knowledge acquisition, and knowledge application.

Keywords: Artificial intelligence, STEM Education, BCG Model, CiRA CORE

บทนำ

ปัญญาประดิษฐ์ (AI) จัดเป็นสาขาของวิทยาการคอมพิวเตอร์ที่มีการพัฒนาเครื่องจักร ซอฟต์แวร์ หรือระบบที่สามารถทำงานที่มีความฉลาดเทียบเคียงมนุษย์ นำไปใช้ในการตัดสินใจแทนมนุษย์ การแก้ปัญหา ความเข้าใจภาษา การจดจำรูปแบบ เป็นต้น ซึ่งขอบข่ายของปัญญาประดิษฐ์จะครอบคลุมทั้งส่วนที่เป็น ML และ DL โดยที่ ML จะเป็นกระบวนการที่เกิดจากการสอนคอมพิวเตอร์จากข้อมูลและทำการตัดสินใจจากข้อมูลที่ป้อน ซึ่งจะมีความแตกต่างจาก DL ซึ่งจะมีอัลกอลิทึมที่เป็นเชิงลึกมากขึ้น เนื่องจากกระบวนการทำงานซึ่งใช้ระบบเครือข่ายประสาทเทียมที่เลียนแบบระบบประสาทในสมองของมนุษย์ สามาถตัดสินใจหรือคาดการณ์ได้อย่างอัตโนมัติ (Feldman, 2001) ดังนั้นขอบเขตการทำงานของปัญญาประดิษฐ์จึงถูกนำไปใช้อย่างกว้างขวางและมีการพัฒนาเทคโนโลยีความก้าวหน้าทางด้านปัญญาประดิษฐ์อย่างต่อเนื่อง โดยมีการนำไปใช้ในด้านต่างๆ ได้แก่ ระบบอัตโนมัติ การวิเคราะห์ข้อมูล การเรียนรู้ของเครื่อง การประมวลผลทางภาษา วิทยาการหุ่นยนต์ การแพทย์ ระบบอัตโนมัติ การเงิน เอนเตอร์เทน ด้านสิ่งแวดล้อม และด้านการศึกษา เป็นต้น (Valavanidis, 2023) ในด้านการศึกษาได้มีการนำปัญญาประดิษฐ์ไปใช้เป็นเครื่องมือได้หลากหลาย ทั้งในด้านการสร้างแหล่งเรียนรู้ส่วนบุคคล การจัดการคะแนนและสร้างแบบทดสอบ จัดทำสื่อการสอน การตอบคำถามของสถาบันศึกษา (Seo, et al., 2021) การเสริมทักษะด้านอาชีพของ AI การจัดกิจกรรมการสอนอย่างเกมมิฟิเคชั่น (Duggal, et al., 2021)

การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาจัดเป็นแนวทางที่บูรณาการกับศาสตร์ความรู้ทั้งสี่ด้าน วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีและวิศวกรรม สามารถนำมาแก้ปัญหา พัฒนาหรือใช้องค์ความรู้เพื่อใช้ในชีวิตประจำวัน ให้ใหม่ ทันสมัย เชื่อมโยงการประกอบอาชีพและพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 โดยเน้นให้เกิดความท้าทายทางความคิดและการแสดงความคิดเห็นของผู้เรียนรู้ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ซึ่งกรอบการศึกษาสำหรับผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 มุ่งเน้นพัฒนาความสามารถของผู้เรียนในการแก้ปัญหาที่ท้าทายและความเข้าใจปรากฏการณ์ที่ซับซ้อน (Zhai, 2023) ซึ่งเทคโนโลยี AI สามารถนำมาช่วยส่งเสริมศักยภาพในการเพิ่มขีดความสามารถของครู และยกระดับคุณภาพของการศึกษา STEM จากแผนปฏิบัติการด้านปัญญาประดิษฐ์แห่งชาติเพื่อการพัฒนาประเทศไทย (พ.ศ. 2565 – 2570) (กระทรวงดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม, 2566) ให้ความสำคัญในการพัฒนาและประยุกต์ใช้เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ เนื่องจากปัจจุบันอุตสาหกรรมมีแนวโน้มในการนำปัญญาประดิษฐ์เพิ่มขึ้น เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและลดค่าใช่จ่าย จึงมีความจำเป็นที่ประเทศต้องเตรียมความพร้อมในด้านกำลังคนที่มีความเข้าใจและมีทักษะในการใช้งานด้านปัญญาประดิษฐ์เพื่อเพิ่มความเข็มแข็งทางเศรษฐกิจและการพัฒนาประเทศที่ยั่งยืน โดยร่วมกับนำหลักการนำแนวคิดโมเดลเศรษฐกิจแบบองค์รวม BCG โมเดล ซึ่งมีแนวคิดลดความเหลื่อมล้ำ ชุมชนเข็มแข็ง เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน (สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.)) ดังนั้นการจัดการเรียนการสอน

ให้ครูและผู้เรียนเข้าใจกระบวนการทำงาน นำปัญญาประดิษฐ์ไปใช้เป็นเครื่องมือในการจัดการเรียนการสอนบูรณาการความรู้และแนวคิดที่หลากหลายจึงเป็นเรื่องที่สำคัญ แต่ความเข้าใจเดิมของการนำไปใช้ปัญญาประดิษฐ์มองว่าเป็นเรื่องยาก เนื่องจากต้องมีพื้นฐานความรู้เกี่ยวกับวิทยาการคอมพิวเตอร์ ภาษาคอมพิวเตอร์ระดับสูง คณิตศาสตร์ รวมทั้งความรู้ด้านแมชชีนเลอน์นิ่ง ทำให้เกิดข้อจำกัดของการนำไปใช้ (Ng, 2023) ดังนั้นการนำAI แพลตฟอร์ม low code จึงมีความเหมาะสมสำหรับครู เนื่องจากแพลตฟอร์มไม่ต้องใช้ทักษะการเขียนโค้ดที่ซับซ้อนสามารถใช้ interface แบบลากวาง หรือ โมดูลที่ถูกออกแบบไว้แล้ว ทำให้ใช้งานง่าย เรียนรู้ได้เร็ว มีวิธีการสร้างเครื่องมือและแอปพลิเคชันทางการศึกษาที่เป็นมิตรกับผู้ใช้ เข้าถึงได้ และประหยัดเวลา ครูจึงสามารถออกแบบการเรียนรู้และปรับเปลี่ยนรูปแบบให้สอดคล้องกับกระบวนการสอนและเนื้อหาได้ง่าย รวมทั้งสามารถใช้เป็นเครื่องมือในการประเมิน และวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อปรับแนววิธีการสอนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการสอนและการเรียนรู้ได้ ซึ่งการที่ครูนำแพลตฟอร์มมาประยุกต์ใช้ จะสามารถนำความรู้ด้านต่างๆบูรณาการในการสอน เพื่อพัฒนาทักษะการสอนและสามารถนำมาถ่ายทอดให้กับนักเรียนเกิดการเรียนรู้การบูรณาการองค์ความรู้และทักษะให้กับผู้เรียนได้

CiRA CORE จัดเป็นแพลตฟอร์มปัญญาประดิษฐ์แบบ Low code ซึ่งเป็นปัญญาประดิษฐ์แบบการเรียนรู้เชิงลึก ที่ถูกพัฒนาจากคนไทยที่เกิดจากการความร่วมมือระหว่างสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กับมหาวิทยาลัยขอนแก่นและมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ พัฒนาร่วมกันจนได้รับการยอมรับนำไปแก้ปัญหาในทางอุตสาหกรรมจากบริษัทชั้นนำทั่วโลก (Techsauce, 2021) ซึ่งในส่วนของการศึกษาทางแพลตฟอร์มได้มีการอนุญาตให้ใช้ได้ฟรี จากความสำคัญที่กล่าวมา คณะทำงานวิจัยนี้เลยตระหนักเห็นความสำคัญจึงทำการศึกษาผลที่เกิดจากการอบรมครูด้วยปัญญาประดิษฐ์ด้าน low code platform โดยใช้กรณีศึกษาของการใช้แพลตฟอร์ม CiRA CORE ในการฝึกอบรมครูของ สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน (สพฐ.) เพื่อเสริมสร้างแนวทางในการพัฒนาครู เพื่อร่วมกันนำไปถ่ายทอดและพัฒนานักเรียนซึ่งเป็นกำลังของประเทศต่อไป

วัตถุประสงค์

1. พัฒนากระบวนการฝึกอบรมครูด้านปัญญาประดิษฐ์ร่วมกับแนวการจัดการเรียนการสะเต็มศึกษา และ โมเดล BCG
2. พัฒนากิจกรรมฝึกอบรมทักษะด้านปัญญาประดิษฐ์
3. เพื่อศึกษาผลการฝึกอบรมด้านปัญญาประดิษฐ์ร่วมกับแนวการจัดการเรียนการสอนสะเต็มศึกษาและ BCG โมเดล

ทบทวนวรรณกรรม

Vivienne (2023) ทำการศึกษาเกี่ยวกับความท้าทายและการเปลี่ยนกลยุทธ์การสอนของครูเด็กเล็กในประเทศฮ่องกง โดยสะเต็มศึกษา จากผลการวิจัยโดยครูมีความต้องการการพัฒนาวิชาชีพที่เกี่ยวข้องกับการศึกษา STEM อย่างเร่งด่วน เพื่อเพิ่มความรู้และทักษะด้านเนื้อหาใหม่ๆ ที่เกี่ยวข้อง โดยยกตัวอย่างกิจกรรม STEM ที่ก่อนทำการศึกษาครูให้เด็กๆ สำรวจด้วยของเล่นเขียนโค้ด เพื่อเป็นเครื่องมือทำความสะอาดอเนกประสงค์ ขาดประสบการณ์การสอนที่เกี่ยวข้องกับสะเต็มศึกษา ขาดกลยุทธ์แนวทางในการดำเนินกิจกรรมสะเต็ม ซึ่งหลังจากใช้ปรับแนวคิดและทดลองดำเนินกิจกรรม ครูพบว่าความรู้ด้าน STEM แบบสะท้อนความคิด ทำให้ครูมีกลยุทธ์การสอนหรืองานการเรียนรู้ได้อย่างยืดหยุ่น ตามความต้องการและความสามารถในการเรียนรู้ที่เปลี่ยนแปลงไปของเด็กๆ ในกระบวนการศึกษา STEM กระบวนการเรียนรู้แบบไดนามิกเกิดขึ้นในกิจกรรมที่เด็กมีส่วนร่วม มีปฏิสัมพันธ์ และสื่อสารกับผู้อื่นอย่างกระตือรือร้นได้

Daugherty (2014) ในกล่าวเกี่ยวกับอนาคตของการเรียน STEM โดยระบุว่าไม่กี่ปีที่ผ่านมา ผู้กำหนดนโยบายและนักการศึกษาในสหรัฐอเมริกาได้ทุ่มเทให้กับการเสริมสร้างการศึกษา STEM ตระหนักถึงบทบาทที่สำคัญในการเตรียมนักเรียน

ให้พร้อมสำหรับอาชีพที่มีรายได้สูง เติบโตอย่างรวดเร็ว และมีนวัตกรรม อย่างไรก็ตาม แม้จะมีข้อได้เปรียบที่ชัดเจนของการศึกษา STEM แต่ข้อจำกัดคือขาดแคลนแรงงานที่มีคุณสมบัติเหมาะสม โดยเฉพาะในสาขาต่างๆ เช่น วิศวกรรมศาสตร์ และซึ่งเกิดจากนักเรียนระดับอนุบาลถึงมัธยมศึกษา (K-12) มักจะขาดความรู้เกี่ยวกับหัวข้อ STEM นอกจากนี้ ครูระดับอนุบาลถึงมัธยมศึกษา (K-12) ส่วนใหญ่ยังไม่ได้รับการฝึกอบรมเพียงพอที่จะบูรณาการแนวคิดเรื่อง STEM เข้ากับห้องเรียนของตน ความรู้ด้าน STEM ซึ่งบุรณาการความรู้วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์เข้าด้วยกัน จึงเป็นสิ่งจำเป็นมากขึ้น

Seo et al. (2021) ได้กล่าวถึงผลของการใช้ปัญญาประดิษฐ์ว่าเป็นเครื่องมือสำคัญในการเรียนรู้ออนไลน์ และการเรียนรู้ส่วนบุคคล การทำงานอัตโนมัติ และช่วยในเรื่องการประเมิน แต่ยังพบว่า AI มีผลต่อการมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างนักเรียนและผู้สอน ซึ่งส่งผลต่อความพึงพอใจของนักเรียนและผลลัพธ์การเรียนรู้ ดังนั้นการทำความเข้าใจเกี่ยวกับ AI จึงเป็นสิ่งสำคัญ ผู้วิจัยจึงทำการศึกษา Speed Dating พร้อมสตอรี่บอร์ด ทำการวิเคราะห์ความคิดเห็นนักเรียน 12 คนและผู้สอน 11 คน เกี่ยวกับกรณีการใช้งานต่างๆ ของระบบ AI ในการเรียนรู้ออนไลน์ ผลการทดลองพบว่าการนำ AI มาใช้สามารถเพิ่มปฏิสัมพันธ์ส่วนบุคคลได้ แต่ต้องพิจารณาเพิ่มเติมในเรื่องสังคม จริยธรรม ความรับผิดชอบ ซึ่งผู้วิจัยสรุปว่าการออกแบบระบบ AI ที่มีความชัดเจนในการเปิดโอกาศให้มีส่วนร่วมกับมนุษย์ จะทำให้การปฏิสัมพันธ์ระหว่าง AI กับมนุษย์ข้อบกพร่องลดลง

Ismaila et al. (2022) ได้ศึกษาสมรรถนะของผู้เรียนในปัญญาประดิษฐ์เพื่อการศึกษา ของผู้เรียนในระดับมัธยมศึกษาในประเทศไนจีเรีย โดยพบว่าสิ่งสำคัญที่ทำให้เกิดการเรียนรู้ที่ดี ผู้เรียนต้องเข้าใจการทำงานของปัญญาประดิษฐ์และการนำไปประยุกต์ใช้ในด้านต่างๆ การออกแบบหลักสูตรปัญญาประดิษฐ์ควรมีความสัมพันธ์กับทรัพยากรภายในโรงเรียน และพบว่าการทำงานเป็นทีมสามารถทำให้ผู้เรียนมีความเข้าใจและเข้าถึงเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ได้ดี

Klinieam et.al. (2021) ได้ศึกษาประสิทธิภาพการใช้ CiRA CORE ในการจดจำใบหน้าของนักศึกษา เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของโปรแกรมในการจดจำใบหน้าเมื่อมีความคล้ายคลึงกัน ผลการทดลองระบุตัวนักศึกษาได้รับความแม่นยำ 90 % เมื่อทำการทดสอบพรางตัวโดยการสวมหมวก และได้รับความแม่นยำ 100 % สำหรับการพรางตัวด้วยรูปแบบอื่นๆ

วิธีดำเนินการวิจัย

จากการศึกษาคณะผู้วิจัยได้แบ่งการศึกษาออกเป็น 3 ระยะ

ระยะ 1: การเตรียมการและการวางแผน

สำรวจข้อมูลความต้องการ และแนวทางการนำไปประยุกต์ใช้ ดำเนินการพัฒนากระบวนการฝึกอบรมเพื่อถ่ายทอดความรู้ ทักษะ และความสามารถให้กับครู

ระยะที่ 2 การออกแบบการฝึกอบรมเบื้องต้น

1. การประเมินความต้องการในการฝึกอบรม เป้าหมายและวัตถุประสงค์ของการฝึกอบรม ตลอดจนความรู้หรือทักษะเฉพาะที่ผู้เข้าร่วมจำเป็นต้องได้รับ

2. การกำหนดวัตถุประสงค์ กำหนดวัตถุประสงค์การเรียนรู้ที่ชัดเจนและวัดผลได้ ผู้

3. การออกแบบเนื้อหา พัฒนาเนื้อหาการฝึกอบรมตามวัตถุประสงค์ ออกแบบการนำเสนอ แบบฝึกหัดภาคปฏิบัติ

4. วิธีการสอน เลือกวิธีการสอนในรูปแบบต่างๆ ได้แก่ การบรรยาย เวิร์คช็อป การสาธิต โดยพิจารณาจากความรู้พื้นฐาน และระยะเวลาในการอบรม

5. วัสดุและทรัพยากร รวบรวมเครื่องมือ อุปกรณ์การทดลองทางวิทยาศาสตร์และปัญญาประดิษฐ์ที่ต้องใช้ จัดทำสื่อเอกสารประกอบคำบรรยาย การให้สิทธิ์ในการใช้แพลตฟอร์ม

6. การจัดตารางเวลา วางแผนตารางการฝึกอบรม และระยะเวลาการฝึกอบรม ช่วงพัก และกิจกรรมก่อนการฝึกอบรมหรือหลังการฝึกอบรม

ระยะที่ 3 การศึกษาผลของการฝึกอบรม

1. กลุ่มตัวอย่าง ประชากรที่ใช้ในการอบรมเป็นครูที่เป็นตัวแทนของโรงเรียนจำนวน 56 คน

2. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล แบ่งออกเป็น 3 แบบ ได้แก่

2.1.1 แบบสอบถามวัดความรู้ โดยมีการแบ่งการเก็บข้อมูลแบบสอบถามออกเป็น 2 ตอน คือ สำหรับการเก็บข้อมูลทั่วไปและความรู้พื้นฐานเป็นตัวเลือก เพื่อพิจารณาความรู้พื้นฐานในการเชื่อมความเข้าใจเกี่ยวกับ CiRA CORE แพลทฟอร์ม สะเต็มศึกษา

2.1.2 แบบสอบถามประเมินความพึงพอใจ แบบมาตรส่วนประมาณค่า 4 ระดับ กำหนดเกณฑ์การแปลความหมายค่าเฉลี่ย ดังนี้

3.51 - 4.00 หมายถึง ระดับมากที่สุด

2.51 - 3.50 หมายถึง ระดับมาก

1.51 - 2.50 หมายถึง ระดับปาน

1.00 - 1.50 หมายถึง ระดับน้อย

2.1.3 แบบสอบถามปลายเปิด ที่สอบถามความเข้าใจในการเชื่อมความเข้าใจเกี่ยวกับ CiRA CORE แพลทฟอร์ม สะเต็มศึกษา

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล โดยการส่ง Link ผ่านกลุ่มไลน์ผู้เข้าอบรมและแสกน QR code ผ่านจอห้องอบรม พร้อมระบุจุดประสงค์ และระยะเวลาในการเก็บข้อมูล

4. การวิเคราะห์ข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปโดยการแจกแจงความถี่ร้อยละ และนำเสนอในรูปแบบตารางประกอบคำบรรยาย

ผลการวิจัย

ผลการวิจัยและอภิปรายผล (Results and Discussion)

1. กิจกรรมฝึกอบรมทักษะด้านปัญญาประดิษฐ์

จากข้อมูลสัมภาษณ์ผู้รับผิดชอบโครงการฝึกอบรมจากสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน ได้ให้ข้อมูลในเบื้องต้นเกี่ยวกับพื้นฐานผู้เข้าอบรม โดยร้อยละ 90 ผู้เข้าอบรมมีพื้นฐานเกี่ยวกับคอมพิวเตอร์แต่ไม่เคยใช้ CiRA CORE และจุดประสงค์หลักต้องการให้ผู้เข้าอบรมบูรณาการความรู้ในชั้นเรียนกับการจัดการเรียนแบบสะเต็มศึกษา ร่วมกับ BCG โมเดล โดยใช้ปัญญาประดิษฐ์เป็นเครื่องมือ ดังนั้นในขั้นเตรียมการ คณะผู้วิจัยได้จัดแตรียมรายละเอียดก่อนการเข้าอบรมดังนี้ กำหนดเนื้อหาในการอบรม แจ้งผู้เข้าอบรมลงโปรแกรม CiRA CORE และแจ้งขอ License ฟรี สำหรับการศึกษา จัดเตรียมอุปกรณ์การทดลองทางวิทยาศาสตร์ โดยออกแบบกิจกรรมขั้นตอนออกเป็น 5 ขั้น ตามรูปที่ 1 ซึ่งมีรูปแบบการสอนบรรยายยกตัวอย่าง สาธิตและฝึกปฏิบัติ โดยแต่ละขั้นตอนมีรายละเอียดดังนี้ ขั้นที่ 1 พื้นฐานความรู้ การเรียนรู้เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์เพื่อสร้างแอปพลิเคชัน -ขั้นที่ 2 การเรียนรู้เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ภายในห้องเรียน ขั้นที่ 3 การฝึกปฏิบัติ

ปัญญาประดิษฐ์ และการประยุกต์ใช้ โดยการใช้แพลตฟอร์ม CiRA CORE ขั้นที่ 4 ปฏิบัติการ แลปวิทยาศาสตร์แบบ small Scale เพื่อค้นหาวัสดุจากธรรมชาติ ขั้นที่ 5 วิทยาศาสตร์และปัญญาประดิษฐ์เพื่อสร้างแอปพลิเคชัน ด้วยแพลตฟอร์ม CiRA CORE สู่ชั้นเรียนเพื่อเชื่อมโยงกับ STEM x BCG



รูปที่ 1 แสดงขั้นตอนการฝึกอบรม

โดยในขั้นที่ 1 ถึง 3 ผู้เข้าอบรมจะทำความเข้าใจเกี่ยวกับปัญญาประดิษฐ์ ในเบื้องต้นวิทยากรแจ้งจุดประสงค์ในการอบรม โดยมีรายละเอียดหัวข้อในแต่ละขั้นตอนในการจัดอบรมแสดงดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 แสดงรายละเอียดหัวข้อการจัดอบรมขั้นที่ 1 -3

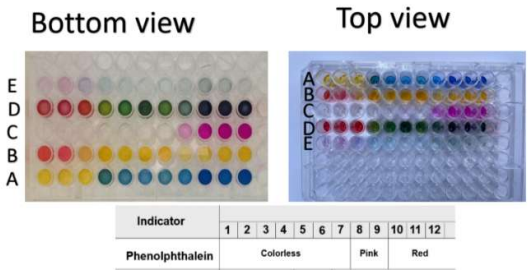
2. รูปแบบการฝึกอบรมครูด้านปัญญาประดิษฐ์ร่วมกับแนวการจัดการเรียนการสอน STEM BCG

ในการดำเนินการจัดกิจกรรมคณะผู้วิจัยได้ทำการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนเกี่ยวกับความรู้พื้นฐานของครูผู้เข้าอบรม พบว่าครูมีความรู้พื้นฐานก่อนเรียนและหลังเรียนเป็นไปตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงผลการทดสอบก่อนและหลังอบรม

แบบทดสอบ	n	$\bar{x}$	SD
ก่อนการอบรม	56	4.3	0.77
หลังการอบรม	56	4.6	0.65

ในขั้นที่ 4 คณะผู้วิจัยได้อธิบายเกี่ยวกับความหมายของ BCG หรือ Bio-Circular-Green Economy และเชื่อมโยงการทำปฏิบัติการในรายวิชาเคมี โดยใช้ Small -scale Chemistry เรื่อง PH อินดิเคเตอร์ ซึ่งเป็นกระบวนการที่ลดขนาดของสารเคมีทั้งปริมาตรและมวลถึงพันเท่า เมื่อเทียบกับการใช้งานของปฏิบัติการเคมีปกติ รวมทั้งเปลี่ยนใช้วัสดุโพลิเมอร์แทนเครื่องแก้ว และใช้วัสดุจากธรรมชาติเป็นส่วนประกอบในการทดลองซึ่งสอดคล้องกับหลักการ BCG โมเดล โดยผู้เข้าอบรมได้ลงมือปฏิบัติการทดลองด้วยตนเองรายกลุ่ม ซึ่งตัวอย่างลักษณะผลการทดลองเป็นไปตามรูปที่ 3 โดยการทดลองที่ผู้เข้าร่วมอบรมทำจะเชื่อมโยงไปสู่การนำข้อมูลไปใช้ในการเทรนโมเดลต่อไป

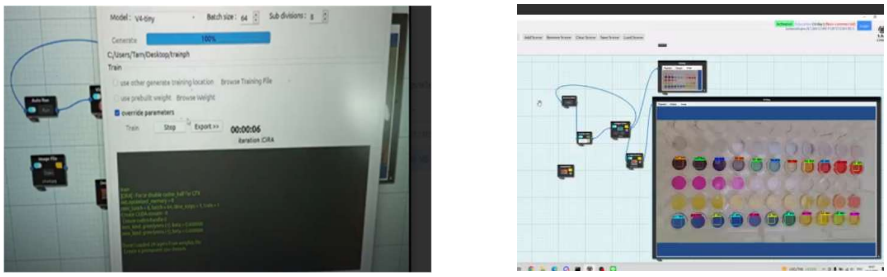


รูปที่ 3 แสดงผลการทดลองการเตรียมอินดิเคเตอร์

3. ผลการฝึกอบรมปัญญาประดิษฐ์ร่วมกับแนวการจัดการเรียนการสอนสะเต็มศึกษาและ BCG โมเดล

3.1 ด้านการเทรนโมเดล

ผู้เข้ารับการอบรมทำการเทรนโมเดลจากภาพการทดลองจริง และส่งโมเดลที่ทำการเทรนผ่าน Google drive โดยตัวอย่างผลของการเทรนโมเดลของผู้เข้าอบรมเป็นไปตามรูปที่ 4



รูปที่ 4 แสดงตัวอย่างของผลงานผู้เข้าอบรม

3.2 ด้านความเชื่อมโยงของปัญญาประดิษฐ์ สะเต็มศึกษา และ โมเดล BCG

ในขั้นตอนนี้ผู้เข้าอบรมจะได้นำโมเดลที่ผ่านการเทรนและมีความเชื่อมั่นที่เหมาะสมในแต่ละกลุ่ม นำโมเดลไปประยุกต์ทำ Application หลังจากนั้นวิทยากรมอบหมายให้ในแต่ละกลุ่มบูรณาการความรู้ที่ได้อบรมมา โดยให้แก้ปัญหาการทำแผนการสอนโดยการนำปัญญาประดิษฐ์ไปประยุกต์ใช้ แนวทางการจัดการเรียนการสอนแบบสะเต็มศึกษาและกิจกรรมการออกแบบที่จะช่วยกระตุ้นผู้เรียน โดยให้แต่ละกลุ่มส่งงานและนำสนอด้วย Google slide

หลังจากการอบรมคณะวิจัยได้ดำเนินการให้ผู้เข้าอบรมตอบคำถามแบบปลายเปิดเพื่อรวบรวมข้อคิดเห็นของผู้เข้าอบรม โดยใช้คำถาม "หลังจากการอบรม ท่านคิดว่าสามารถนำปัญญาประดิษฐ์มาเชื่อมโยงการเรียนรู้สะเต็มศึกษา และโมเดลเศรษฐกิจ BCG ได้ หรือไม่ อย่างไร" โดยผู้เข้าอบรมทั้ง 56 ท่าน ตอบว่าสามารถเชื่อมโยงได้โดยมีตัวอย่างการตอบดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงตัวอย่างการตอบคำถามของผู้เข้าอบรม

ผู้เข้าอบรม	ข้อคิดเห็น
1	เชื่อมโยงได้ แต่ครูผู้สอนต้องมีพื้นฐานในการใช้โปรแกรมต่างๆ
2	นำไปสร้างนวัตกรรม ที่ช่วยเพิ่มคุณค่าทางด้านเกษตรกรรม และลดการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่ให้น้อยลง
3	เทคโนโลยีสื่อปัญญาประดิษฐ์AI เพื่อให้ง่ายต่อการดึงข้อมูลเชิงลึกจากวิดีโอ การค้นพบเนื้อหารูปแบบใหม่ เช่นvการค้นหาคำพูดใบหน้าตัวละครและอารมณ์ กับแอพพลิเคชั่นของผู้เรียนและผู้สอนด้วยข้อมูลเชิงลึกวิดีโอที่ฝังไว้เพื่อกระตุ้นการมีส่วนร่วมของผู้เรียน
4	ได้ นำไปสอนนักเรียนให้สามารถทำโครงงานเพื่อแก้ปัญหาต่าง ๆ ตอบสนอง BCG และพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อแก้ปัญหาและเป็นต้นแบบให้กับนักเรียนในโรงเรียน
5	สามารถนำมาใช้กับ stem ได้เป็นอย่างดี ในส่วนของโมเดลเศรษฐกิจ BCG นั้น เห็นได้จากพวกการนับจำนวนของต่าง ๆ
6	เชื่อมโยงได้ โดยนำปัญญาประดิษฐ์ไปใช้กับผลิตภัณฑ์เพื่อเพิ่มมูลค่าสินค้าและช่วยลดกระบวนการและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม
7	การสนับสนุนเทคโนโลยีเกษตรปราดเปรื่องมาปรับใช้ผนวกเข้ากับภูมิปัญญา เพื่อเข้าสู่ระบบทำน้อยได้มากช่วยเพิ่มประสิทธิภาพสูงขึ้น และผลผลิตต่าง ๆ มีมาตรฐานสูงขึ้น สนับสนุนการใช้ชีวภัณฑ์ทดแทนสารเคมีทำให้ลดต้นทุนการใช้ปุ๋ย และสารเคมีต่าง ๆ
8	ได้ เพราะ ai stem และ bcq สามารถทำงานร่วมกันได้เป็นอย่างดี และผลลัพธ์ที่ออกมา ก็สามารถพัฒนาได้ทุกด้าน
9	ปัญญาประดิษฐ์สามารถนำมาเชื่อมโยงการเรียนรู้สะเต็มศึกษาได้ และโมเดลเศรษฐกิจ BCG ก็เป็นโมเดลที่ใช้ในการวิเคราะห์และวางแผนการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศไทย โดยโมเดลนี้จะแบ่งอุตสาหกรรมออกเป็น 4 กลุ่ม ได้แก่ เกษตรและอาหาร พลังงานและเคมีชีวภาพ การแพทย์
10	สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนการสอนเพื่อให้นักเรียนเตรียมความพร้อมในการประกอบอาชีพในอนาคต ซึ่งในอนาคต AI จะเข้ามามีส่วนช่วยในการทำงานเป็นอย่างมาก

3.3 ด้านความพึงพอใจ

ผลการสำรวจความพึงพอใจของผู้เข้าอบรมโดยการใช้คำถามปลายปิดจากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 56 คน ที่สนใจสมัครเข้าอบรมในรูปแบบ on-site โดยพบว่ามีข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถามตามตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

ข้อมูลทั่วไป	จำนวน	ร้อยละ
เพศ		
ชาย	30	53.6
หญิง	26	46.4
รวม	56	100
อายุ		
20 – 30 ปี	14	25.0
31 – 40 ปี	24	42.9
41 – 50 ปี	18	32.1
รวม	56	100
ระดับการศึกษา		
ปริญญาตรี	29	51.8
ปริญญาโท	26	46.4
ปริญญาเอก	1	1.8
รวม	56	100
รายวิชาที่สอน		
วิทยาการคำนวณ	42	75.0
วิทยาศาสตร์	7	12.5
ศึกษานิเทศก์	3	5.4
อื่น ๆ	4	7.1
รวม	56	100

จากตารางที่ 3 พบว่าผู้เข้าอบรมส่วนใหญ่เป็นเพศชายร้อยละ 53.6 เพศหญิงร้อยละ 46.4 โดยมีอายุในช่วงระหว่าง 31 – 40 ปี ร้อยละ 42.9 ช่วงอายุ 41 – 50 ปี ร้อยละ 32.1 และ อายุ 20 – 30 ปี ร้อยละ 25.0 โดยระดับการศึกษาพบว่าจบการศึกษาระดับปริญญาตรีมากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 51.8 รองลงมาระดับปริญญาโท ร้อยละ 46.4 และระดับปริญญาเอก ร้อยละ 1.8 โดยเป็นครูผู้สอนในรายวิชาวิทยาการคำนวณมากที่สุด ร้อยละ 75 รองลงมาสอนวิทยาศาสตร์ ร้อยละ 12.5 ศึกษานิเทศก์ร้อยละ 5.4 และเป็นผู้สอนรายวิชาอื่นๆ ร้อยละ 7.1

ตารางที่ 4 ความพึงพอใจด้านวิทยากร

ประเด็น	ค่าเฉลี่ย	S.D.	แปลผล
การถ่ายทอดความรู้ของวิทยากรมีความชัดเจน	2.9	0.85	ระดับมาก
การเชื่อมโยงเนื้อหาในการอบรม	3.0	0.80	ระดับมาก
มีความครบถ้วนของเนื้อหาในการอบรม	3.1	0.85	ระดับมาก
ความสามารถในการอธิบายเนื้อหา	2.9	0.87	ระดับมาก
ใช้เวลาตามที่กำหนดไว้	3.2	0.87	ระดับมาก
การตอบข้อซักถามในการอบรม	3.0	0.77	ระดับมาก
ค่าเฉลี่ยรวม	3.0	0.83	มาก

ความพึงพอใจด้านวิทยากร ผู้เข้าอบรมให้ระดับความพึงพอใจเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก (3.0) ซึ่งผู้เข้าอบรมให้ระดับความพึงพอใจในระดับมากทุกประเด็น ซึ่งระดับประเด็นที่ผู้เข้าอบรมให้ระดับคะแนนมากที่สุด คือ ประเด็นการใช้เวลาตามกำหนดและประเด็นที่ให้คะแนนน้อยที่สุดคือ การถ่ายทอดความรู้ของวิทยากรมีความชัดเจน ความสามารถในการอธิบาย เนื่องจากผู้เข้าอบรมส่วนใหญ่สอนรายวิชาการคำนวณ จึงไม่มีพื้นฐานเกี่ยวกับความรู้ทางวิทยาศาสตร์เคมีมากนัก ควบคู่กับการเรียนรู้แพลตฟอร์มใหม่ในเวลาจำกัด ซึ่งการอธิบายของวิทยากรบางท่านอาจมีการใช้ศัพท์เฉพาะทาง ทำให้ผู้เข้าอบรมอาจจะต้องใช้เวลาทำความเข้าใจ

ตารางที่ 5 แสดงความพึงพอใจด้านความรู้

ประเด็น	ค่าเฉลี่ย	S.D.	แปลผล
ความรู้ ความเข้าใจในเรื่องนี้ ก่อน การอบรม	2.5	0.95	ระดับปานกลาง
ความรู้ ความเข้าใจในเรื่องนี้ หลัง การอบรม	3.5	0.80	ระดับมากที่สุด
ค่าเฉลี่ยรวม	3.0	0.88	มาก

ความพึงพอใจด้านความรู้ พบว่าผู้เข้าอบรมมีความพึงพอใจเกี่ยวกับด้านความรู้ของตนเองระหว่างก่อนและหลังแตกต่างกัน โดยหลังการอบรมพบว่ามีระดับความพึงพอใจในระดับมากที่สุด (3.5) และระดับความพึงพอใจของตนเองก่อนการอบรมมีระดับความพึงพอจะดับปานกลาง

ตารางที่ 6 แสดงความพึงพอใจด้านด้านสถานที่ / ระยะเวลา

ประเด็น	ค่าเฉลี่ย	S.D.	แปลผล
สถานที่สะอาดและมีความเหมาะสม	3.3	0.80	ระดับมาก
ความพร้อมของอุปกรณ์โสตทัศนูปกรณ์	3.3	0.73	ระดับมาก
ระยะเวลาในการอบรมมีความเหมาะสม	3.3	0.80	ระดับมาก
ค่าเฉลี่ยรวม	3.3	0.78	ระดับมาก

ความพึงพอใจด้านสถานที่และระยะเวลาพบว่าผู้เข้าอบรมให้ระดับความพึงพอใจเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก (3.3) ในทุกประเด็น

ตารางที่ 7 แสดงความพึงพอใจด้านการนำความรู้ไปใช้

ประเด็น	ค่าเฉลี่ย	S.D.	แปลผล
นำความรู้ที่ได้รับไปประยุกต์ใช้ในการปฏิบัติงาน	3.1	0.80	ระดับมาก
มั่นใจและสามารถนำความรู้ที่ได้ปรับใช้	2.2	0.79	ระดับปานกลาง
คาดว่านำความรู้ไปเผยแพร่หรือถ่ายทอดได้	2.9	0.75	ระดับมาก
ค่าเฉลี่ยรวม	2.7	0.81	ระดับมาก

ความพึงพอใจด้านด้านการนำความรู้ไปใช้ พบว่าผู้เข้าอบรมให้ระดับความพึงพอใจเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก (2.7) โดยมีประเด็นการนำความรู้ที่ได้รับไปประยุกต์ใช้ในการปฏิบัติงานมีค่าคะแนน 3.1 และประเด็นมั่นใจและสามารถนำความรู้ที่ได้ปรับใช้มีค่าน้อยสุดโดยมีค่าคะแนนน้อยสุด 2.2 ซึ่งเกิดจากการที่ผู้เข้าอบรมอาจจะไม่มีความมั่นใจในเนื้อหา และอาจเกิดจากระยะเวลาในการอบรมสั้นเกินไป

บทสรุป

การฝึกอบรมครูด้วยปัญญาประดิษฐ์: กรณีศึกษาการใช้แพลตฟอร์ม CiRA CORE บูรณาการสะเต็มศึกษาและ BCG โมเดล มีดำเนินการอบรม 5 ขั้นตอน โดยมีจุดเน้นในขั้นตอนที่ 3 ถึง 5 ผู้เข้าอบรมได้ลงมือปฏิบัติจริง โดยที่ขั้นตอนที่ 3 เป็นขั้นตอนการใช้เครื่องมือปัญญาประดิษฐ์ทำให้ผู้เข้าอบรมเรียนรู้และมีทักษะในการใช้งาน ในขั้นตอนที่ 4 จะเป็นการบูรณาการความรู้โดยใช้การทดลองทางเคมีและเก็บข้อมูลภาพสำหรับการเทรนโมเดล ขั้นตอนที่ 5 จะเป็นการนำโมเดลไปพัฒนาต่อยอดเป้น Application โดยภาพรวมผลการฝึกอบรมด้านปัญญาประดิษฐ์ร่วมกับแนวการจัดการเรียนการสอนสะเต็มศึกษาและ BCG โมเดล จากกลุ่มตัวอย่าง 56 คน สามารถเทรนโมเดลจากข้อมูลที่ได้จากการเตรียมการทดลอง และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้จากการตอบคำถามปลายเปิดในด้านความพึงพอใจพบว่าด้านวิทยากร ด้านสถานที่และเวลา ด้านความรู้ ด้านการนำความรู้ไปใช้ โดยเฉลี่ยระดับความพึงพอใจในระดับมาก ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Ellen Abakah9 (2023) ที่กล่าวว่าการพัฒนาวิชาชีพครูโดยการให้ครูเข้าร่วมฝึกอบรมและฝึกปฏิบัติ จะทำให้ครูสามารถนำความรู้ใหม่ไปใช้สถานการณ์จริงในห้องเรียนได้ ซึ่งกล่าวโดยสรุปงานวิจัยนี้สามารถใช้เป็นแนวทางในพัฒนาทักษะด้านปัญญาประดิษฐ์และการนำความรู้ไปใช้เพื่อพัฒนาการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาทักษะให้มีความสอดคล้องกับความต้องการของทักะในศตวรรษที่ 21 ต่อไป

ข้อเสนอแนะ

1. สามารถนำไปศึกษาในการบูรณาการกับการทดลองวิทยาศาสตร์ในสาขาอื่น
2. นำแนวทางไปปรับแก้ในการอบรมในครั้งต่อไปสำหรับครูที่มีพื้นฐานแตกต่างกัน
3. นำไปปรับแนวทางในการเพิ่มระยะเวลาในการเรียนรู้เครื่องมือ

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอแสดงความขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ ที่ได้ให้โอกาสแบ่งปันความรู้ ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยสวนดุสิตที่ให้การสนับสนุนให้บุคลากรในการบริการวิชาการและแพลตฟอร์ม CiRA CORE สำหรับการอำนวยความสะดวกในการเข้าใช้ตลอดความสะดวกในการใช้งานด้านต่างๆ

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม. (2566). รายงานประจำปี พ.ศ. 2566 แผนปฏิบัติการด้านปัญญาประดิษฐ์แห่งชาติเพื่อการพัฒนาประเทศ (พ.ศ. 2566-2570). สำนักงานคณะกรรมการดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. https://www.onde.go.th/view/1/เอกสารเผยแพร่/TH-TH

เทคซอสมีเดียจำกัด. (2566, 10 กันยายน). CiRA CORE แพลตฟอร์ม AI สัญชาติไทย จุดเปลี่ยนที่ทำให้ไทยเข้าใกล้คำว่า "หลุดพ้นกับดักรายได้ปานกลาง". Techsauce. https://techsauce.co/tech-and-biz/cira-core-thai-ai-platform

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (ม.ป.ป.). การเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา. https://physics.ipst.ac.th/?page_id=2481

Abakah, E. (2023). Teacher learning from continuing professional development (CPD) participation: A sociocultural perspective. International Journal of Educational Research Open. 4: Article 100242. https://doi.org/10.1016/j.ijedro.2023.100242

Daugherty, M. K., Carter, V., & Swagerty, L. (2014). Elementary STEM education: The future for technology and engineering education?. Journal of STEM Teacher Education. 49(1): 45–54. https://doi.org/10.30707/JSTE49.1Daugherty

Duggal, K., Gupta, L., & Singh, P. (2021). Gamification and machine learning inspired approach for classroom engagement and learning. Mathematical Problems in Engineering. 2021: 1–18. https://doi.org/10.1155/2021/9922775

Feldman, J. (2001). Artificial intelligence. In Encyclopedia of Neuroscience (pp. 561–564). Academic Press. https://doi.org/10.1016/B978-008045046-9.00434-4

Klinieam, K., & Noiying, P. (2021). Deep learning technique for a identify TE student system by face recognition [Paper presentation]. 2021 Research, Invention, and Innovation Congress: Innovation Electricals and Electronics (RI2C), Bangkok, Thailand. https://doi.org/10.1109/RI2C51727.2021.9559823

Leung, W. M. V. (2023). STEM education in early years: Challenges and opportunities in changing teachers' pedagogical strategies. Education Sciences, 13(5), Article 490. https://doi.org/10.3390/educsci13050490

Ng, D. T. K., Leung, J. K. L., Su, J., & Chu, S. K. W. (2023). Teachers' AI digital competencies and twenty-first century skills in the post-pandemic world. Educational Technology Research and Development. 71(1): 137–161. https://doi.org/10.1007/s11423-023-10203-6

Sanusi, I. T., Olaleye, S. A., Agbo, F. J., & Chiu, T. K. F. (2022). The role of learners' competencies in artificial intelligence education. Computers and Education: Artificial Intelligence. 3: Article 100098. https://doi.org/10.1016/j.caeai.2022.100098

Seo, K., Tang, J., Roll, I., Fels, S., & Yoon, D. (2021). The impact of artificial intelligence on learner–instructor interaction in online learning. International Journal of Educational Technology in Higher Education. 18: Article 54. https://doi.org/10.1186/s41239-021-00292-9

Valavanidis, A. (2023). Artificial Intelligence (AI) applications: The most important technology we ever develop and we must ensure it is safe and beneficial to human civilization (Vol. 1, pp. 1-49). Department of Chemistry, National and Kapodistrian University of Athens.

Zhai, X., Neumann, K., & Krajcik, J. (2023). AI for tackling STEM education challenges. Frontiers in Education. 8. https://doi.org/10.3389/feduc.2023.1183030

1

การพัฒนารูปแบบการจัดการชั้นเรียนอัจฉริยะโดยใช้ผู้ช่วยการเรียนรู้ปัญญาประดิษฐ์เพื่อเสริมสร้างสมรรถนะการสอนของนักศึกษาวิชาชีพครูในยุคดิจิทัล

Development of an intelligent classroom management model using an AI-powered learning companion to enhance teaching competencies of pre-service teachers in the digital era

พันพัชร ปิ่นจินดา[1] ศักดิ์ชัย ไชยรักษ์[1*] ชนินทร์ ฐิติเพชรกุล[1] อนุชา แข่งขัน[1] อัษฎา พลอยโสภณ[1] และอลงกรณ์ เกิดเนตร[1]

Panpachara Pinchinda[1], Sakchai Chaiyarak[1*], Chanin Thitipetchakul[1], Anucha Khaengkhan[1], Asada Ploysopon[1] and Alongkorn Koednet[1]

[1]คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต กรุงเทพมหานคร*

[1]Faculty of Education, Suan Dusit University, Bangkok*

[*]Corresponding Author E-mail Address : sakchai_cha@dusit.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) สังเคราะห์แนวคิดของรูปแบบการจัดการชั้นเรียนอัจฉริยะโดยใช้ผู้ช่วยการเรียนรู้ปัญญาประดิษฐ์ 2) พัฒนารูปแบบการจัดการชั้นเรียนอัจฉริยะ และ 3) ประเมินความเหมาะสมของรูปแบบ โดยใช้ระเบียบวิธีวิจัยเอกสารร่วมกับการสังเคราะห์แนวคิดจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง การสืบค้นข้อมูลดำเนินการจากฐานข้อมูล Scopus, IEEE Xplore, ERIC และ Google Scholar โดยใช้คำสำคัญที่เกี่ยวข้อง การคัดเลือกเอกสารใช้เกณฑ์ความสอดคล้องและความทันสมัยของข้อมูลเพื่อนำมาวิเคราะห์เชิงเนื้อหาและสังเคราะห์ผ่านการจำแนกประเด็น การจัดกลุ่มตามกรอบทฤษฎีและการเชื่อมโยงเชิงระบบ เครื่องมือวิจัยเป็นแบบประเมินความเหมาะสมในลักษณะมาตราส่วนประมาณค่าแบบลิเคิร์ต 5 ระดับ โดยมีค่าความตรงเชิงเนื้อหา (IOC) เท่ากับ 0.80 จากผู้เชี่ยวชาญ 5 คน และค่าความเชื่อมั่น (Cronbach's Alpha) เท่ากับ 0.87 จากการทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่าง 30 คน ผู้เชี่ยวชาญประเมินรูปแบบ จำนวน 12 คน วิเคราะห์ข้อมูลด้วยค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิจัย พบว่า (1) รูปแบบการจัดการชั้นเรียนอัจฉริยะมีโครงสร้างเชิงระบบ 5 ชั้น ประกอบด้วย ชั้นที่ 1 ปัจจัยนำเข้า ชั้นที่ 2 กระบวนการ ซึ่งมี AI ทำหน้าที่เป็นกลไกอัจฉริยะศูนย์กลางของระบบ ชั้นที่ 3 ผลลัพธ์และผลกระทบ ชั้นที่ 4 ปัจจัยสนับสนุน และชั้นที่ 5 วงจรป้อนกลับในลักษณะวงจรเกลียวต่อเนื่อง (2) ความเหมาะสมของรูปแบบโดยรวมอยู่ในระดับดี (M = 4.32 S.D. = 0.47) โดยองค์ประกอบด้านบทบาทของ AI ทั้ง 3 ด้านมีค่าเฉลี่ยสูงสุด (M = 4.50 ระดับดี) ส่วนองค์ประกอบด้านความชัดเจนของวงจรป้อนกลับ มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด (M = 4.08 ระดับดี) และรูปแบบมีความเหมาะสมต่อการนำไปใช้เพื่อเสริมสร้างสมรรถนะการสอนของนักศึกษาวิชาชีพครูในยุคดิจิทัล

คำสำคัญ: ปัญญาประดิษฐ์ ผู้ช่วยการเรียนรู้ การจัดการชั้นเรียน สมรรถนะครู นักศึกษาวิชาชีพครู

Abstract

This study aimed to: (1) synthesize the conceptual foundations of an intelligent classroom management model utilizing an AI-powered learning companion; (2) develop the intelligent classroom management model; and (3) evaluate the appropriateness of the developed model. The study employed documentary research combined with conceptual synthesis derived from relevant literature and related studies. Data were retrieved from the Scopus, IEEE Xplore, ERIC, and Google Scholar databases using relevant keywords. The selection of documents was based on relevance and recency criteria. The collected data were analyzed through content analysis and synthesized using thematic classification, theoretical framework grouping, and systemic linkage analysis. The research instrument was a five-point Likert-scale appropriateness evaluation form. The instrument demonstrated a content validity index (IOC) of 0.80, evaluated by five experts, and a reliability coefficient (Cronbach's Alpha) of 0.87 from a pilot study involving 30 participants. The developed model was evaluated by 12 experts. Data were analyzed using mean and standard deviation. The findings revealed that: (1) the intelligent classroom management model comprised a five-layer systemic structure, including Layer 1: Inputs; Layer 2: Process, in which AI functioned as the central intelligent mechanism of the system; Layer 3: Outputs and Impacts; Layer 4: Supporting Factors; and Layer 5: a continuous spiral feedback loop; and (2) the overall appropriateness of the model was rated at a high level (M = 4.32, S.D. = 0.47). Among the evaluated components, the three dimensions related to AI roles received the highest mean score (M = 4.50, high level), whereas the clarity of the feedback loop component received the lowest mean score (M = 4.08, high level). The findings indicate that the developed model is appropriate for enhancing the teaching competencies of pre-service teachers in the digital era.

Keywords: Artificial Intelligence, AI-Powered Learning Companion, Classroom Management, Teaching Competencies, Pre-Service Teacher

บทนำ

การเปลี่ยนแปลงของโลกในยุคดิจิทัลควบคู่กับการพัฒนาอย่างก้าวกระโดดของปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence: AI) ได้ส่งผลให้ระบบการศึกษาต้องปรับกระบวนทัศน์อย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ โดยเฉพาะการเตรียมนักศึกษาวิชาชีพครูให้มีสมรรถนะด้านการสอนที่สอดคล้องกับบริบทการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ซึ่งเน้นความยืดหยุ่น การเรียนรู้แบบเฉพาะบุคคล และการใช้เทคโนโลยีอย่างมีประสิทธิภาพ (Ivan et al., 2023) แต่จากการศึกษารายงานของ UNESCO (2024) เกี่ยวกับกรอบสมรรถนะด้านการใช้ปัญญาประดิษฐ์สำหรับครู พบว่า ยังขาดความพร้อมในการบูรณาการ AI เข้ากับการจัดการเรียนการสอนอย่างเหมาะสม สะท้อนให้เห็นถึงช่องว่างสำคัญในการพัฒนากรอบสมรรถนะครูยุคดิจิทัลที่สามารถนำไปปฏิบัติได้จริง และการจัดการชั้นเรียนที่มีประสิทธิภาพนั้นถือเป็นหัวใจสำคัญของการจัดการเรียนการสอนที่มีคุณภาพ เนื่องจากส่งผลโดยตรงต่อการมีส่วนร่วมของผู้เรียนและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (Evertson & Emmer, 2013)(Judith & Terdue, 2026)

ส่งผลให้นักศึกษาวิชาชีพครูต้องเผชิญกับความท้าทายในการบริหารจัดการชั้นเรียนที่มีความหลากหลาย ทั้งในด้านความสามารถ พฤติกรรมและรูปแบบการเรียนรู้ของผู้เรียน (Wanner & Palmer, 2018; Sharma, 2023) ในบริบทดังกล่าว การนำ AI มาใช้ในลักษณะของผู้ช่วยการเรียนรู้ (AI-Powered Learning Companion) จึงเป็นแนวทางที่มีศักยภาพในการสนับสนุนการทำงานของครูและนักศึกษาวิชาชีพครู ทั้งในด้านการออกแบบการเรียนรู้ การวิเคราะห์ข้อมูลผู้เรียนและการให้ข้อเสนอแนะเชิงวิชาชีพแบบทันเวลา (Tan et al., 2025) สอดคล้องกับงานวิจัยของ บริหารจัดการชั้นเรียนและการสะท้อนคิดเชิงวิชาชีพอย่างบูรณาการ ทั้งนี้สอดคล้องกับ Baidoo-Anu & Ansah (2023) Yilmaz & Karaoglan (2023) และ (Pergantis et al., 2025) ที่แสดงให้เห็นว่า Generative AI และ AI Chatbot สามารถทำหน้าที่เป็นผู้ช่วยทางปัญญา (Cognitive Partner) ที่ช่วยยกระดับประสิทธิภาพการจัดการเรียนรู้ได้อย่างมีนัยสำคัญ และจากการทบทวนวรรณกรรมพบว่า งานวิจัยส่วนใหญ่มุ่งเน้นการใช้ AI ในลักษณะของเครื่องมือสนับสนุนมากกว่าการพัฒนาเป็นรูปแบบเชิงระบบที่บูรณาการ AI เข้ากับกระบวนการจัดการชั้นเรียนอย่างครบวงจรทั้งในระยะก่อนเรียน ระหว่างเรียน และหลังเรียน อีกทั้งยังขาดกรอบแนวคิดที่มุ่งพัฒนาสมรรถนะการสอนของนักศึกษาวิชาชีพครูในเชิงองค์รวม (Garzón et al., 2025) ดังนั้น ผู้วิจัยจึงมุ่งพัฒนารูปแบบการจัดการชั้นเรียนอัจฉริยะโดยใช้ผู้ช่วยการเรียนรู้ปัญญาประดิษฐ์เพื่อเสริมสร้างสมรรถนะการสอนให้กับนักศึกษาวิชาชีพครูในยุคดิจิทัลให้สามารถตอบสนองต่อบริบทการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ได้อย่างมีประสิทธิภาพ สอดคล้องกับนโยบายการพัฒนาครูของสำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา (2562) ที่มุ่งเน้นการใช้เทคโนโลยีดิจิทัลเพื่อยกระดับคุณภาพการเรียนรู้และพัฒนาครูมืออาชีพในยุคดิจิทัล

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อสังเคราะห์แนวคิดของรูปแบบการจัดการชั้นเรียนอัจฉริยะโดยใช้ผู้ช่วยการเรียนรู้ปัญญาประดิษฐ์สำหรับเสริมสร้างสมรรถนะการสอนของนักศึกษาวิชาชีพครูในยุคดิจิทัล
2. เพื่อพัฒนารูปแบบการจัดการชั้นเรียนอัจฉริยะโดยใช้ผู้ช่วยการเรียนรู้ปัญญาประดิษฐ์สำหรับช่วยเสริมสร้างสมรรถนะการสอนของนักศึกษาวิชาชีพครูในยุคดิจิทัล
3. เพื่อประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการจัดการชั้นเรียนอัจฉริยะจากผู้เชี่ยวชาญที่เกี่ยวข้อง

กรอบแนวคิดการวิจัย

รูปแบบการจัดการชั้นเรียนอัจฉริยะ (Intelligent Classroom Management Model: ICMM) พัฒนาขึ้นบนฐานของการบูรณาการทฤษฎีและแนวคิดสำคัญ 4 กลุ่ม ซึ่งเชื่อมโยงกันในลักษณะของระบบ เพื่อช่วยสนับสนุนการพัฒนาสมรรถนะการสอนของนักศึกษาวิชาชีพครูในยุคดิจิทัล ดังนี้

กลุ่มที่ 1 ทฤษฎีการเรียนรู้และการสอน (Learning and Pedagogical Theories) ประกอบด้วยทฤษฎีการเรียนรู้แบบสร้างองค์ความรู้ (Constructivist Learning Theory) ของ Vygotsky (1978) และ McLeod (2022) ซึ่งเน้นแนวคิดเขตพัฒนาการใกล้เคียง (Zone of Proximal Development: ZPD) โดย AI ทำหน้าที่เป็นผู้รู้มากกว่าในการสนับสนุนการเรียนรู้ผ่านกระบวนการ Scaffold ควบคู่กับแนวคิด Active Learning (Bonwell & Eison, 1991; Wanner & Palmer, 2018) ที่ส่งเสริมการมีส่วนร่วมของผู้เรียนและการปฏิบัติแบบสะท้อนคิด (Reflective Practice)(McColl, 2024) ที่เน้นการสะท้อนคิดเพื่อพัฒนาวิชาชีพครูอย่างต่อเนื่อง

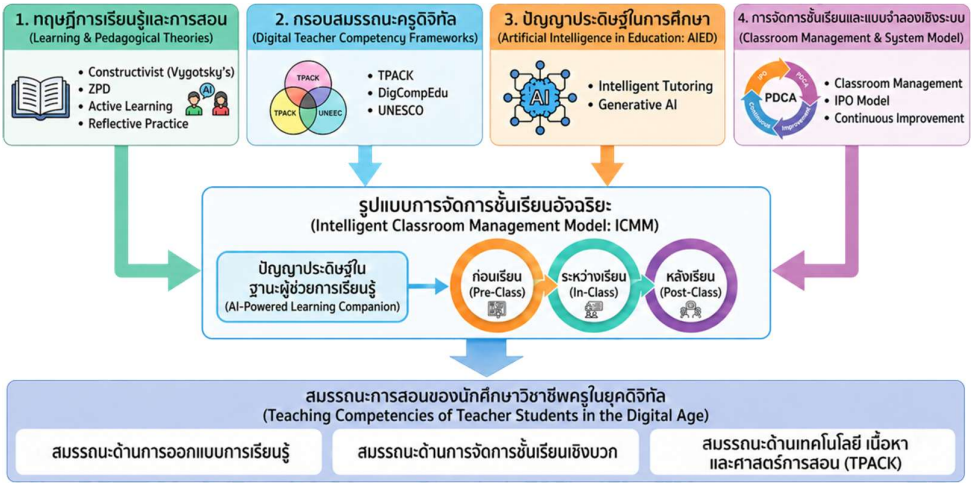
กลุ่มที่ 2 กรอบสมรรถนะครูดิจิทัล (Digital Teacher Competency Frameworks) ใช้กรอบแนวคิด TPACK (Mishra & Koehler, 2006; Petko et al., 2025) เป็นฐานในการบูรณาการความรู้ด้านเทคโนโลยี เนื้อหาและศาสตร์ด้านการสอน

ร่วมกับกรอบสมรรถนะดิจิทัลสำหรับครู (DigCompEdu Framework) ที่พัฒนาโดย European Commission เพื่อกำหนดแนวทางว่าครูควรมีความสามารถด้านดิจิทัลอะไรบ้างในการจัดการเรียนรู้ในยุคดิจิทัล (Redecker & Punie, 2017; Redecker, 2022) และกรอบสมรรถนะด้านปัญญาประดิษฐ์สำหรับครูของ UNESCO (UNESCO, 2024) เพื่อกำหนดผลลัพธ์ด้านสมรรถนะครูที่ครอบคลุมทั้งด้านการใช้เทคโนโลยี การออกแบบการเรียนรู้และจริยธรรมดิจิทัล

กลุ่มที่ 3 ปัญญาประดิษฐ์ในการศึกษา (Artificial Intelligence in Education: AIED) ประกอบด้วยแนวคิด Intelligent Tutoring Systems (Anderson et al., 1985; Zhang & Zhang, 2024) ที่สนับสนุนการเรียนรู้แบบปรับเหมาะ (Learning Analytics) (Siemens, 2013; Tsai et al., 2024) ที่ช่วยวิเคราะห์ข้อมูลผู้เรียนและ Generative AI in Education (Kasneci et al., 2023) ซึ่งทำหน้าที่เป็นผู้ช่วยทางปัญญา (Cognitive Partner) ในการออกแบบและจัดการเรียนรู้ควบคู่กับกรอบจริยธรรม AI (UNESCO, 2021; Holmes et al., 2023) เพื่อให้การใช้เทคโนโลยีเป็นไปอย่างเหมาะสมและรับผิดชอบ

กลุ่มที่ 4 การจัดการชั้นเรียนและแบบจำลองเชิงระบบ (Classroom Management and System Model) อาศัยแนวคิด Classroom Management (Krynowsky, 2006; Wilkins et al., 2023) ซึ่งเน้นการจัดสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ที่เอื้อต่อการมีส่วนร่วมของผู้เรียน บูรณาการกับแบบจำลอง Input–Process–Output (IPO Model) (Stufflebeam, 1971; Feldman, 2026) เพื่อกำหนดโครงสร้างของระบบและแนวคิดการพัฒนาอย่างต่อเนื่องของ Deming (1986) และ Sidik (2022) เพื่อสนับสนุนวงจรป้อนกลับ (Feedback Loop) ในการปรับปรุงการจัดการเรียนรู้อย่างต่อเนื่อง

การบูรณาการแนวคิดทั้ง 4 กลุ่มนำไปสู่การพัฒนารูปแบบการจัดการชั้นเรียนอัจฉริยะที่มีลักษณะเป็นระบบเชิงบูรณาการ โดยมี AI ที่เป็นผู้ช่วยในการเรียนรู้ (AI-Powered Learning Companion) เป็นแกนกลางในการเชื่อมโยงองค์ประกอบต่าง ๆ และขับเคลื่อนกระบวนการจัดการเรียนรู้ใน 3 ระยะ ได้แก่ ก่อนเรียน (Pre-Class) ระหว่างเรียน (In-Class) และหลังเรียน (Post-Class) เพื่อเสริมสร้างสมรรถนะการสอนของนักศึกษาวิชาชีพครูในองค์รวม



รูปที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

ปัญญาประดิษฐ์เพื่อการศึกษา

ในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา การประยุกต์ใช้ปัญญาประดิษฐ์ในบริบทการศึกษา (Artificial Intelligence in Education: AIED) ได้รับการพัฒนาอย่างก้าวกระโดด ทั้งในเชิงเทคโนโลยีและแนวคิดการจัดการเรียนรู้ โดยเฉพาะการนำ AI มาใช้เพื่อสนับสนุนการเรียนรู้แบบปรับเหมาะ (Personalized Learning) การวิเคราะห์ข้อมูลผู้เรียน (Learning Analytics) และการให้ข้อเสนอแนะเชิงทันเวลา (Real-time Feedback) ซึ่งช่วยยกระดับคุณภาพการเรียนรู้ให้มีความสอดคล้องกับความแตกต่างระหว่างบุคคล (Wang et al., 2024; Zhai et al., 2021) ในเชิงเทคโนโลยี AIED ครอบคลุมองค์ประกอบสำคัญหลายประการ ได้แก่ (1) ระบบแนะนำการเรียนรู้ (Recommendation Systems) ที่ใช้ข้อมูลพฤติกรรมเพื่อเสนอเนื้อหาและกิจกรรมที่เหมาะสม (2) ระบบวิเคราะห์การเรียนรู้ (Learning Analytics Systems) ที่ช่วยตรวจจับรูปแบบพฤติกรรมและทำนายผลลัพธ์การเรียนรู้ (3) ระบบประมวลผลภาษาธรรมชาติ (Natural Language Processing: NLP) ที่สนับสนุนการสื่อสารระหว่างมนุษย์กับเครื่อง และ (4) ระบบอัตโนมัติอัจฉริยะ (Intelligent Automation) ที่ช่วยลดภาระงานของครูในด้านการประเมินผลและการบริหารจัดการชั้นเรียน (Hwang & Tu, 2021) จากพัฒนาการดังกล่าว AI ได้เปลี่ยนบทบาทจากเครื่องมือช่วยสอนไปสู่การเป็นผู้ช่วยเชิงปัญญาที่สามารถมีปฏิสัมพันธ์กับผู้เรียนและครูในลักษณะของระบบอัจฉริยะ (Intelligent System) ซึ่งไม่เพียงแต่สนับสนุนการเรียนรู้ แต่ยังสามารถร่วมตัดสินใจ (Decision Support) วิเคราะห์ข้อมูลเชิงลึก และเสนอแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่เหมาะสมในแต่ละบริบท (Holmes et al., 2023) แนวคิดดังกล่าวนำไปสู่การพัฒนาผู้ช่วยการเรียนรู้ปัญญาประดิษฐ์ ซึ่งเป็นรูปแบบของระบบ AI ที่ทำหน้าที่เป็นผู้ช่วยการเรียนรู้แบบองค์รวม โดยมีลักษณะสำคัญ ได้แก่ (1) การมีปฏิสัมพันธ์อย่างต่อเนื่อง (2) การเรียนรู้จากข้อมูลผู้ใช้ (3) การให้ข้อเสนอแนะทันที และ (4) การสนับสนุนการตัดสินใจของผู้สอน ระบบดังกล่าวสามารถวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพฤติกรรม และข้อมูลผลสัมฤทธิ์ เพื่อนำเสนอแนวทางการเรียนรู้ที่เหมาะสมกับผู้เรียนแต่ละบุคคล รวมทั้งช่วยสนับสนุนครูในการออกแบบการเรียนรู้ การติดตามพฤติกรรมและการปรับกลยุทธ์การสอนอย่างมีประสิทธิภาพ (Sadaf et al., 2025)

การประยุกต์ใช้ปัญญาประดิษฐ์ในบริบทการศึกษาแม้จะมีศักยภาพสูงในการยกระดับการจัดการเรียนรู้ แต่จากการทบทวนวรรณกรรมยังพบข้อจำกัดสำคัญหลายประการ ได้แก่ ประการแรก งานวิจัยส่วนใหญ่มุ่งเน้นการพัฒนา AI ในลักษณะของเครื่องมือเฉพาะด้าน เช่น Chatbot หรือระบบแนะนำ โดยขาดการบูรณาการในระดับระบบ ประการที่สอง มีข้อจำกัดด้านการนำไปใช้จริงจากโครงสร้างพื้นฐาน เทคโนโลยีและทักษะของผู้ใช้ (Zawacki-Richter et al., 2024) และประการที่สาม ยังขาดงานวิจัยที่เชื่อมโยงการประยุกต์ใช้ปัญญาประดิษฐ์ในบริบทการศึกษากับการพัฒนาสมรรถนะครูโดยตรง โดยเฉพาะในกลุ่มนักศึกษาวิชาชีพครูซึ่งเป็นช่วงสำคัญของการพัฒนาทักษะวิชาชีพ ดังนั้น การพัฒนาแนวทางที่บูรณาการการประยุกต์ใช้ปัญญาประดิษฐ์ในบริบทการศึกษาเข้ากับกระบวนการจัดการชั้นเรียนอย่างครบวงจรในลักษณะของระบบเชิงโครงสร้างจึงเป็นประเด็นสำคัญที่ต้องได้รับการศึกษาเพิ่มเติม โดยเฉพาะการออกแบบ AI ในบทบาทผู้ช่วยการเรียนรู้ที่สามารถสนับสนุนทั้งกระบวนการก่อน ระหว่าง และหลังการสอน รวมถึงการเชื่อมโยงข้อมูลเพื่อการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง

กรอบแนวคิด TPACK และสมรรถนะครูยุคดิจิทัล

กรอบแนวคิด Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK) ซึ่งเสนอโดย Mishra and Koehler (2006) เป็นกรอบแนวคิดสำคัญที่อธิบายสมรรถนะของครูในการบูรณาการองค์ความรู้ 3 ด้าน ได้แก่ ความรู้ด้านเทคโนโลยี (Technological Knowledge: TK) ความรู้ด้านเนื้อหา (Content Knowledge: CK) และความรู้ด้านวิธีการสอน (Pedagogical Knowledge: PK) เข้าด้วยกันอย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อออกแบบและจัดประสบการณ์การเรียนรู้ที่เหมาะสมกับบริบทของ

ผู้เรียน ในบริบทของการศึกษาในศตวรรษที่ 21 กรอบแนวคิด TPACK ได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวางว่าเป็นพื้นฐานสำคัญของการพัฒนาสมรรถนะครูยุคดิจิทัล โดยเฉพาะในสถานการณ์ที่เทคโนโลยีมีบทบาทสำคัญต่อการจัดการเรียนรู้ งานวิจัยหลายฉบับชี้ให้เห็นว่า การพัฒนา TPACK มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับประสิทธิภาพการสอน การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ และผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียน (Hwang & Tu, 2021) นอกจากนี้ TPACK ยังมีบทบาทสำคัญในการสนับสนุนการตัดสินใจด้านการสอน โดยเฉพาะในสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ที่มีความซับซ้อนและเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว เมื่อพิจารณาในบริบทการใช้เทคโนโลยีขั้นสูง เช่น ปัญญาประดิษฐ์ กรอบแนวคิด TPACK จึงจำเป็นต้องได้รับการขยายความ เพื่อรองรับการใช้เทคโนโลยีที่มีความสามารถเชิงปัญญามากขึ้น โดยครูไม่เพียงแต่ต้องมีความรู้ในการใช้เทคโนโลยีเท่านั้น แต่ยังต้องมีความสามารถในการประเมินความเหมาะสมของระบบ AI การตีความข้อมูลที่ได้จากระบบ และการใช้ข้อมูลดังกล่าวเพื่อปรับปรุงการจัดการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับผู้เรียนแต่ละบุคคล

ในมิติของนักศึกษาวิชาชีพครู การพัฒนา TPACK ถือเป็นกระบวนการสำคัญในการเตรียมความพร้อมสู่การเป็นครูมืออาชีพ แต่จากการทบทวนวรรณกรรม พบว่า การพัฒนา TPACK ในกลุ่มนักศึกษาวิชาชีพครูยังมีข้อจำกัดหลายประการ ได้แก่ ขาดประสบการณ์ในการใช้เทคโนโลยีจริงในบริบทการสอน ขาดระบบสนับสนุนที่ช่วยให้เกิดการเรียนรู้แบบบูรณาการและขาดเครื่องมือที่สามารถเชื่อมโยงองค์ความรู้ทั้งสามด้านให้เกิดการประยุกต์ใช้ในสถานการณ์จริง ด้วยเหตุนี้ การออกแบบระบบสนับสนุนการเรียนรู้ที่สามารถทำหน้าที่เป็นตัวกลางเชิงปัญญาจึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง โดยเฉพาะระบบผู้ช่วยการเรียนรู้ปัญญาประดิษฐ์ซึ่งสามารถช่วยสนับสนุนการพัฒนา TPACK ของนักศึกษาวิชาชีพครูในลักษณะของการเรียนรู้แบบมีปฏิสัมพันธ์ การให้ข้อเสนอแนะทันที และการสะท้อนคิดอย่างเป็นระบบ

การจัดการชั้นเรียนในยุคดิจิทัล

การจัดการชั้นเรียนในยุคดิจิทัลมีลักษณะของการเปลี่ยนแปลงจากรูปแบบดั้งเดิมอย่างมีนัยสำคัญ ทั้งในมิติของบทบาทครู ลักษณะผู้เรียนและสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ โดยมุ่งเน้นสร้างประสบการณ์เรียนรู้ที่ส่งเสริมการมีส่วนร่วมและเรียนรู้ร่วมกันของผู้เรียน การเรียนรู้ที่ยืดหยุ่นภายใต้บริบทของการใช้เทคโนโลยีดิจิทัลเป็นฐาน (Bond, 2020; Zawacki-Richter & Jung, 2023) ส่วนในเชิงแนวคิดการจัดการชั้นเรียนยุคดิจิทัลไม่ได้จำกัดอยู่แค่การควบคุมพฤติกรรมหรือการบริหารจัดการห้องเรียนเท่านั้น แต่ครอบคลุมถึงการออกแบบสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ การจัดการปฏิสัมพันธ์และการสนับสนุนการเรียนรู้แบบมีความหมาย โดยครูต้องมีบทบาทเป็นผู้ออกแบบประสบการณ์การเรียนรู้มากกว่าผู้ถ่ายทอดความรู้เพียงอย่างเดียว การนำเทคโนโลยีมาใช้ในการจัดการชั้นเรียนสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในหลายด้าน เช่น การบริหารจัดการเวลา การติดตามพฤติกรรมและความก้าวหน้าของผู้เรียน การให้ข้อเสนอแนะทันทีและการสร้างสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ที่มีความยืดหยุ่น งานวิจัยจำนวนมากเน้นการใช้เทคโนโลยีในลักษณะของเครื่องมือสนับสนุน เช่น ระบบ LMS หรือแอปพลิเคชันการสื่อสาร โดยขาดการออกแบบในระดับระบบเชิงโครงสร้างที่สามารถบูรณาการข้อมูล กระบวนการและการตัดสินใจเข้าด้วยกันอย่างเป็นองค์รวม ในบริบทนี้ แนวโน้มของการจัดการชั้นเรียนจึงมุ่งไปสู่แนวคิดการจัดการชั้นเรียนอัจฉริยะ (Intelligent Classroom Management) ซึ่งใช้ข้อมูลและปัญญาประดิษฐ์เป็นฐานในการตัดสินใจและช่วยปรับปรุงการสอนอย่างต่อเนื่อง โดยระบบดังกล่าวสามารถวิเคราะห์ข้อมูลผู้เรียนแบบเรียลไทม์ ตรวจจับพฤติกรรมที่สำคัญและสนับสนุนครูในการปรับกลยุทธ์การสอนให้เหมาะกับสถานการณ์จริง นอกจากนี้ การจัดการชั้นเรียนอัจฉริยะยังเชื่อมโยงกับแนวคิดของการเรียนรู้แบบปรับเหมาะและการเรียนรู้แบบตอบสนอง ซึ่งครูสามารถใช้ข้อมูลเชิงลึกเพื่อปรับกิจกรรม เนื้อหาและวิธีการสอนให้สอดคล้องกับความต้องการของผู้เรียนแต่ละบุคคลได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Hwang & Tu, 2021)

การศึกษาแนวคิดการจัดการชั้นเรียนอัจฉริยะถึงจะมีศักยภาพสูง แต่ยังพบข้อจำกัดสำคัญ ได้แก่ (1) การขาดโมเดลเชิงระบบที่เชื่อมโยงองค์ประกอบทั้งหมดของการจัดการชั้นเรียน (2) ความท้าทายในการนำ AI มาใช้ในสถานการณ์จริง และ (3)

การขาดเครื่องมือที่สนับสนุนการพัฒนาทักษะการจัดการชั้นเรียนของนักศึกษาวิชาชีพครูอย่างเป็นระบบ ดังนั้น การพัฒนารูปแบบของการจัดการชั้นเรียนอัจฉริยะที่บูรณาการ AI เข้ากับกระบวนการจัดการชั้นเรียนในลักษณะระบบเชิงโครงสร้างจึงเป็นแนวทางสำคัญในการยกระดับคุณภาพการจัดการเรียนรู้ และตอบสนองต่อความต้องการของการศึกษายุคดิจิทัล โดยเฉพาะในบริบทการพัฒนานักศึกษาวิชาชีพครู ซึ่งต้องการทั้งเครื่องมือ แนวทางและระบบสนับสนุนที่ช่วยพัฒนาสมรรถนะการจัดการชั้นเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืน

แนวคิดการเรียนรู้เชิงสร้างสรรค์และการมีปฏิสัมพันธ์

แนวคิดการเรียนรู้แบบสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง (Constructivism) และทฤษฎีการเรียนรู้ทางสังคม (Social Learning Theory) ซึ่งมีรากฐานจากงานของ Vygotsky (1978) อธิบายว่าการเรียนรู้เป็นกระบวนการที่ผู้เรียนสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองผ่านปฏิสัมพันธ์กับผู้อื่นและบริบททางสังคม โดยผู้เรียนไม่ได้เป็นเพียงผู้รับสาร แต่เป็นผู้มีบทบาทเชิงรุกในการสร้างความหมายและพัฒนาองค์ความรู้ใหม่จากประสบการณ์เดิม ในเชิงแนวคิด Vygotsky เน้นความสำคัญของเขตพัฒนาการใกล้เคียง (Zone of Proximal Development: ZPD) ซึ่งเป็นช่วงที่ผู้เรียนสามารถพัฒนาความรู้หรือทักษะได้ดียิ่งขึ้นเมื่อได้รับการสนับสนุนจากผู้อื่น เช่น ครู หรือเพื่อนร่วมเรียน แนวคิดนี้นำไปสู่กลยุทธ์การสอนแบบการเสริมต่อการเรียนรู้ (Scaffolding) ซึ่งช่วยให้ผู้เรียนสามารถก้าวข้ามข้อจำกัดของตนเองไปสู่ระดับที่สูงขึ้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในบริบทของการเรียนรู้ยุคดิจิทัล แนวคิดแบบสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง และทฤษฎีการเรียนรู้ทางสังคมได้รับการขยายไปสู่การเรียนรู้แบบร่วมสร้างและการเรียนรู้แบบเครือข่าย ซึ่งเน้นการมีส่วนร่วมของผู้เรียน การแลกเปลี่ยนความคิดเห็น และการสร้างองค์ความรู้ร่วมกันผ่านเทคโนโลยีดิจิทัล (Bond, 2020) โดยสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ถูกออกแบบให้เป็นพื้นที่เปิดที่ส่งเสริมการสื่อสารและการทำงานร่วมกันอย่างมีความหมาย เมื่อบูรณาการกับปัญญาประดิษฐ์แนวคิดดังกล่าวจะนำไปสู่การพัฒนาสภาพแวดล้อมของการเรียนรู้แบบอัจฉริยะ ซึ่ง AI สามารถทำหน้าที่เป็นตัวกลางเชิงปัญญาที่ช่วยสนับสนุนปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียน ผู้สอนและเนื้อหา โดยมีบทบาทสำคัญในหลายมิติ ได้แก่ (1) การสนับสนุนการเสริมต่อการเรียนรู้ (Adaptive Scaffolding) ตามระดับความสามารถของผู้เรียน (2) การกระตุ้นการมีส่วนร่วมและการแลกเปลี่ยนความคิดเห็น (3) การจัดกลุ่มผู้เรียนและส่งเสริมการทำงานร่วมกัน (4) การให้ข้อเสนอแนะทันทีเพื่อส่งเสริมการสร้างองค์ความรู้ AI ในบริบทนี้จึงไม่ได้เป็นเพียงเครื่องมือสนับสนุน แต่ทำหน้าที่เป็นผู้มีส่วนร่วมในกระบวนการเรียนรู้ที่สามารถเรียนรู้จากข้อมูลพฤติกรรมของผู้เรียนและปรับรูปแบบการสนับสนุนให้สอดคล้องกับบริบทการเรียนรู้ที่เปลี่ยนแปลงไปอย่างต่อเนื่อง

การทบทวนวรรณกรรม พบว่า แม้จะมีการศึกษาการใช้ AI เพื่อสนับสนุนการเรียนรู้เชิงสร้างสรรค์และการเรียนรู้ร่วมกัน แต่ยังมีข้อจำกัดในด้านการบูรณาการแนวคิดดังกล่าวเข้ากับกระบวนการจัดการชั้นเรียนอย่างเป็นระบบ โดยเฉพาะในบริบทของการพัฒนานักศึกษาวิชาชีพครู ซึ่งยังขาดรูปแบบที่สามารถเชื่อมโยงระหว่างปฏิสัมพันธ์ การสะท้อนคิด และการพัฒนาสมรรถนะวิชาชีพอย่างต่อเนื่อง ดังนั้น การพัฒนารูปแบบการจัดการชั้นเรียนอัจฉริยะที่ผสานแนวคิดแบบสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง การเรียนรู้ทางสังคมและ AI เข้าด้วยกันในลักษณะของระบบเชิงโครงสร้างจึงเป็นแนวทางสำคัญที่ช่วยในการส่งเสริมการเรียนรู้ที่มีความหมาย ส่งเสริมการมีส่วนร่วมในการเรียนรู้และช่วยพัฒนาสมรรถนะของนักศึกษาวิชาชีพครูในยุคดิจิทัลได้อย่างเหมาะสม

การสะท้อนคิดและการพัฒนาวิชาชีพครู

แนวคิดการสะท้อนคิดในการปฏิบัติ (Reflective Practice) ซึ่งเสนอโดย Schon (1983)(McColl, 2024) เป็นกรอบแนวคิดสำคัญในการพัฒนาวิชาชีพครู โดยเน้นให้ครูเรียนรู้จากประสบการณ์ผ่านกระบวนการสะท้อนคิดอย่างเป็นระบบ ทั้งในระหว่างการปฏิบัติ (Reflection-in-action) และหลังการปฏิบัติ (Reflection-on-action) กระบวนการดังกล่าวช่วยให้ครูสามารถประเมิน วิเคราะห์และปรับปรุงการจัดการเรียนรู้ของตนเองได้อย่างต่อเนื่อง อันนำไปสู่การพัฒนาความเชี่ยวชาญเชิงวิชาชีพ ในบริบทของการศึกษายุคดิจิทัล แนวคิดการสะท้อนคิดในการปฏิบัติได้รับการขยายไปสู่การสะท้อนคิดที่ขับเคลื่อน

ด้วยข้อมูล ซึ่งอาศัยข้อมูลจากพฤติกรรมผู้เรียน ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและปฏิสัมพันธ์ในชั้นเรียนเป็นฐานในการวิเคราะห์และตัดสินใจ งานวิจัยหลายฉบับแสดงให้เห็นว่า การใช้ข้อมูลเชิงลึกสามารถช่วยให้ครูเข้าใจรูปแบบการเรียนรู้ของผู้เรียนได้ดียิ่งขึ้น และสามารถปรับกลยุทธ์การสอนให้มีความเหมาะสมและตอบสนองต่อความต้องการของผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Zawacki-Richter et al., 2024) การบูรณาการปัญญาประดิษฐ์เข้ากับกระบวนการสะท้อนคิดทำให้เกิดแนวคิดของผู้ช่วยปัญญาประดิษฐ์สะท้อนคิดในการปฏิบัติ (AI-supported Reflective Practice) ซึ่ง AI ทำหน้าที่เป็นผู้ให้คำปรึกษาเชิงสะท้อนคิด (Reflective Mentor) ที่ช่วยสนับสนุนครูในหลายมิติ ได้แก่ (1) การรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลการจัดการเรียนรู้ (2) การตรวจจับรูปแบบพฤติกรรมและปัญหาที่เกิดขึ้นในชั้นเรียน (3) การตั้งคำถามกระตุ้นการคิดเชิงสะท้อน (4) การให้ข้อเสนอแนะเพื่อปรับปรุงการสอน บทบาทดังกล่าวช่วยให้กระบวนการสะท้อนคิดมีความเป็นระบบมากขึ้น ลดข้อจำกัดของการสะท้อนคิดแบบอัตวิสัยและเพิ่มความแม่นยำในการตัดสินใจเชิงการสอน

ในบริบทของนักศึกษาวิชาชีพครู การพัฒนาทักษะการสะท้อนคิดถือเป็นองค์ประกอบสำคัญของการเตรียมความพร้อมสู่การเป็นครูมืออาชีพ แต่จากการทบทวนวรรณกรรม พบว่า นักศึกษาวิชาชีพครูมักประสบปัญหาในการสะท้อนคิดอย่างมีคุณภาพ เนื่องจากขาดกรอบแนวทาง เครื่องมือสนับสนุนและข้อมูลย้อนกลับที่เพียงพอ ซึ่งส่งผลให้การพัฒนาวิชาชีพไม่เป็นไปอย่างต่อเนื่อง ดังนั้น การใช้ผู้ช่วยการเรียนรู้ปัญญาประดิษฐ์ในบทบาทของผู้ให้คำปรึกษาเชิงสะท้อนคิดจึงเป็นแนวทางสำคัญในการเสริมสร้างกระบวนการสะท้อนคิดอย่างเป็นระบบ โดย AI สามารถช่วยรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์สถานการณ์ และให้ข้อเสนอแนะเชิงลึกที่สอดคล้องกับบริบทการสอนจริง ส่งผลให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาทักษะการสะท้อนคิดเชิงวิชาชีพได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ การผสาน AI เข้ากับการสะท้อนคิดในการปฏิบัติยังสอดคล้องกับแนวคิดการพัฒนาวิชาชีพครูแบบต่อเนื่องและการเรียนรู้ตลอดชีวิต ซึ่งเป็นสมรรถนะสำคัญของครูในศตวรรษที่ 21 โดย AI สามารถทำหน้าที่เป็นระบบสนับสนุนการเรียนรู้ที่ช่วยให้ครูสามารถเรียนรู้ ปรับตัว และพัฒนาตนเองได้อย่างต่อเนื่องในบริบทที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว แต่การใช้ AI เพื่อสนับสนุนการสะท้อนคิดยังต้องพิจารณาถึงข้อจำกัดสำคัญ เช่น ความท้าทายด้านจริยธรรมในการใช้ข้อมูล (Ethical Considerations) ความเป็นส่วนตัวของผู้เรียน (Data Privacy) และความพร้อมของผู้ใช้ในการตีความข้อมูลเชิงลึก (Data Literacy) ซึ่งเป็นประเด็นที่ต้องได้รับการพิจารณาในการออกแบบระบบอย่างรอบคอบ ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงนำแนวคิดการสะท้อนคิดในการปฏิบัติมาบูรณาการกับ AI โดยออกแบบให้ผู้ช่วยการเรียนรู้ปัญญาประดิษฐ์ทำหน้าที่เป็นผู้ให้คำปรึกษาเชิงสะท้อนคิดที่เชื่อมโยงกระบวนการสะท้อนคิดเข้ากับการจัดการชั้นเรียนในทุกระยะ (Pre-Class, In-Class และ Post-Class) และขับเคลื่อนผ่านวงจรป้อนกลับอย่างต่อเนื่อง (Continuous Feedback Loop) เพื่อส่งเสริมการพัฒนาสมรรถนะการสอนของนักศึกษาวิชาชีพครูอย่างเป็นระบบและยั่งยืน

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ระเบียบวิธีการวิจัย

การวิจัยนี้ใช้ระเบียบวิธีวิจัยเชิงเอกสาร (Documentary Research) ร่วมกับการสังเคราะห์เชิงแนวคิด (Conceptual Synthesis) โดยดำเนินการอย่างเป็นระบบตามขั้นตอน ดังนี้

1.1 การสืบค้นวรรณกรรมอย่างเป็นระบบจากฐานข้อมูลวิชาการ ได้แก่ Scopus, IEEE Xplore, ERIC, Google Scholar ตลอดจนแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือ โดยใช้คำสำคัญที่เกี่ยวข้อง เช่น ปัญญาประดิษฐ์ทางการศึกษา (AI in Education) การจัดการห้องเรียนอัจฉริยะ (Intelligent Classroom Management) นักศึกษาครู (Pre-Service Teachers) สมรรถนะครู

(Teaching Competencies) และปัญญาประดิษฐ์ช่วยในการเรียนรู้ (AI-Powered Learning Companion) ครอบคลุมช่วงเวลา 5-10 ปี รวมทั้งทฤษฎีพื้นฐานดั้งเดิมที่ได้รับการยอมรับต่อการวิจัยร่วมสมัย

1.2 คัดเลือกเอกสารตามเกณฑ์ความสอดคล้องกับประเด็นการวิจัย ความทันสมัยของเนื้อหาและความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูลเพื่อนำมาวิเคราะห์

1.3 วิเคราะห์และสังเคราะห์ข้อมูล โดยใช้การวิเคราะห์เชิงเนื้อหา (Content Analysis) ควบคู่กับการจำแนกประเด็น (Thematic Coding) หรือใช้กระบวนการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ โดยจัดกลุ่มตามกรอบแนวคิดทฤษฎีและการเชื่อมโยงความสัมพันธ์เชิงระบบ เพื่อนำไปสู่การสังเคราะห์องค์ประกอบของรูปแบบการจัดการชั้นเรียนอัจฉริยะโดยใช้ผู้ช่วยการเรียนรู้ปัญญาประดิษฐ์สำหรับเสริมสร้างสมรรถนะการสอนของนักศึกษาวิชาชีพครูในยุคดิจิทัล

2. กลุ่มผู้เชี่ยวชาญ

ผู้เชี่ยวชาญที่ใช้ในการประเมินความเหมาะสมของรูปแบบ จำนวน 12 คน ได้มาโดยการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) ประกอบด้วย 1) ผู้เชี่ยวชาญด้านการศึกษาและหลักสูตร จำนวน 4 คน 2) ผู้เชี่ยวชาญด้านวิชาชีพครูและการฝึกปฏิบัติ จำนวน 4 คน และ (3) ผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีดิจิทัลและปัญญาประดิษฐ์เพื่อการศึกษา จำนวน 4 คน โดยผู้เชี่ยวชาญทุกคนมีประสบการณ์ในสาขาที่เกี่ยวข้องไม่น้อยกว่า 5 ปี

3. เครื่องมือวิจัย

เครื่องมือวิจัยเป็นแบบประเมินความเหมาะสมของรูปแบบในลักษณะมาตราส่วนประมาณค่าแบบลิเคิร์ต 5 ระดับ ครอบคลุมองค์ประกอบของรูปแบบ โดยผ่านการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) ด้วยดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์ (IOC) จากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 คน และหาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบประเมินโดยใช้สัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's Alpha) จากการทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งเป็นครูและนักศึกษาหลักสูตรประกาศนียบัตรบัณฑิตวิชาชีพครู จำนวน 30 คน และใช้เกณฑ์การแปลผลคะแนน ดังนี้ 4.51-5.00 หมายถึง ดีมาก 3.51-4.50 หมายถึง ดี 2.51-3.50 หมายถึง ปานกลาง 1.51-2.50 หมายถึง พอใช้ และ 1.00-1.50 หมายถึง ควรปรับปรุง

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าเฉลี่ย (Mean: M) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation: S.D.) ส่วนข้อมูลเชิงคุณภาพจากข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ ใช้วิธีการวิเคราะห์เชิงเนื้อหาร่วมกับการจำแนกประเด็นเพื่อสังเคราะห์ข้อเสนอแนะและระบุแนวทางในการปรับปรุงรูปแบบการจัดการชั้นเรียนอัจฉริยะ

ผลการวิจัย

1. ผลการสังเคราะห์แนวคิดของรูปแบบการจัดการชั้นเรียนอัจฉริยะโดยใช้ผู้ช่วยการเรียนรู้ปัญญาประดิษฐ์สำหรับเสริมสร้างสมรรถนะการสอนของนักศึกษาวิชาชีพครูในยุคดิจิทัล

การสืบค้นวรรณกรรมดำเนินการอย่างเป็นระบบเพื่อวิเคราะห์สังเคราะห์องค์ประกอบโครงสร้างของรูปแบบการจัดการชั้นเรียนอัจฉริยะจากแนวคิดและทฤษฎีที่รองรับตามกรอบแนวคิดในการวิจัย แสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 องค์ประกอบโครงสร้าง 5 ชั้นของรูปแบบการจัดการชั้นเรียนอัจฉริยะและแนวคิดทฤษฎีรองรับ

องค์ประกอบ	ผลการสังเคราะห์		
	องค์ประกอบสำคัญ	รายละเอียด	แนวคิดทฤษฎีรองรับ
1. ปัจจัยนำเข้า (Input Layer) บริบทและทรัพยากรพื้นฐานของระบบ	1.1 ผู้ใช้งานและบริบท 1.2 ทรัพยากรและข้อมูล 1.3 สภาพแวดล้อมดิจิทัล	1.1 นักศึกษาวิชาชีพครูและผู้เรียนที่มีความหลากหลาย 1.2 หลักสูตร สื่อการเรียนรู้และข้อมูลเชิงวิเคราะห์การเรียนรู้ 1.3 LMS แพลตฟอร์มดิจิทัล เครื่องมือ AI อุปกรณ์ดิจิทัล และระบบความปลอดภัยของข้อมูล	TPACK (Mishra & Koehler, 2006; Rosenberg & Koehler, 2015; Petko et al., 2025) Digital Learning Environment (Bates, 2022); DigCompEdu (Redecker & Punie, 2017; Pelletier et al., 2022)
2. กระบวนการ (Process Layer - Core System)	2.1 กระบวนการ 3 ระยะ 2.2 ผู้ช่วยการเรียนรู้ปัญญาประดิษฐ์ที่ทำหน้าที่เป็นกลไกอัจฉริยะศูนย์กลางระบบ 2.3 ความสามารถของ AI	2.1 กระบวนการจัดการชั้นเรียนแบ่งเป็น 3 ระยะ ได้แก่ ก่อนเรียน: ออกแบบและวางแผนร่วมกับปัญญาประดิษฐ์ ระหว่างเรียน: ดำเนินการจัดการเรียนรู้แบบเรียลไทม์ หลังเรียน: สะท้อนคิดและปรับปรุงการจัดการเรียนรู้ 2.2 บทบาทของปัญญาประดิษฐ์ ปัญญาประดิษฐ์ทำหน้าที่หลักใน 3 บทบาท ได้แก่ - ผู้ร่วมออกแบบการเรียนรู้ - ผู้ช่วยบริหารจัดการชั้นเรียน - ผู้อำนวยความสะดวกการสะท้อนคิดเชิงวิชาชีพ 2.3 ความสามารถของปัญญาประดิษฐ์ ได้แก่ - การประมวลผลภาษาธรรมชาติ - การวิเคราะห์ข้อมูลการเรียนรู้ - ระบบแนะนำ - ระบบอัตโนมัติและเครื่องมืออัจฉริยะ - จริยธรรมและความเป็นส่วนตัวของปัญญาประดิษฐ์	Active Learning (Bonwell & Eison, 1991; Wanner & Palmer, 2022); Reflective Practice (Schön, 1983; McColl, 2024); AI Chatbot (Wollny et al., 2021; Baidoo & Ansah, 2023); Intelligent Tutoring Systems (Anderson et al., 1985; Zhang & Zhang, 2024); Learning Analytics (Siemens, 2013; Tsai et al., 2024)
3. ผลลัพธ์และผลกระทบ (Output & Impact Layer)	3.1 ผลลัพธ์ (Output) สมรรถนะเป้าหมาย 3 ด้าน 3.2 ผลกระทบ (Impact) 4 ระดับ	3.1 ผลลัพธ์ด้านสมรรถนะ (Output: Competencies) - สมรรถนะด้านการออกแบบการเรียนรู้ - สมรรถนะด้านการจัดการชั้นเรียนเชิงบวก	TPACK (Mishra & Koehler, 2006; Petko et al., 2025); Teaching Competency (Darling-Hammond et al., 2017); Data-Driven Decision Making (Mandinach &

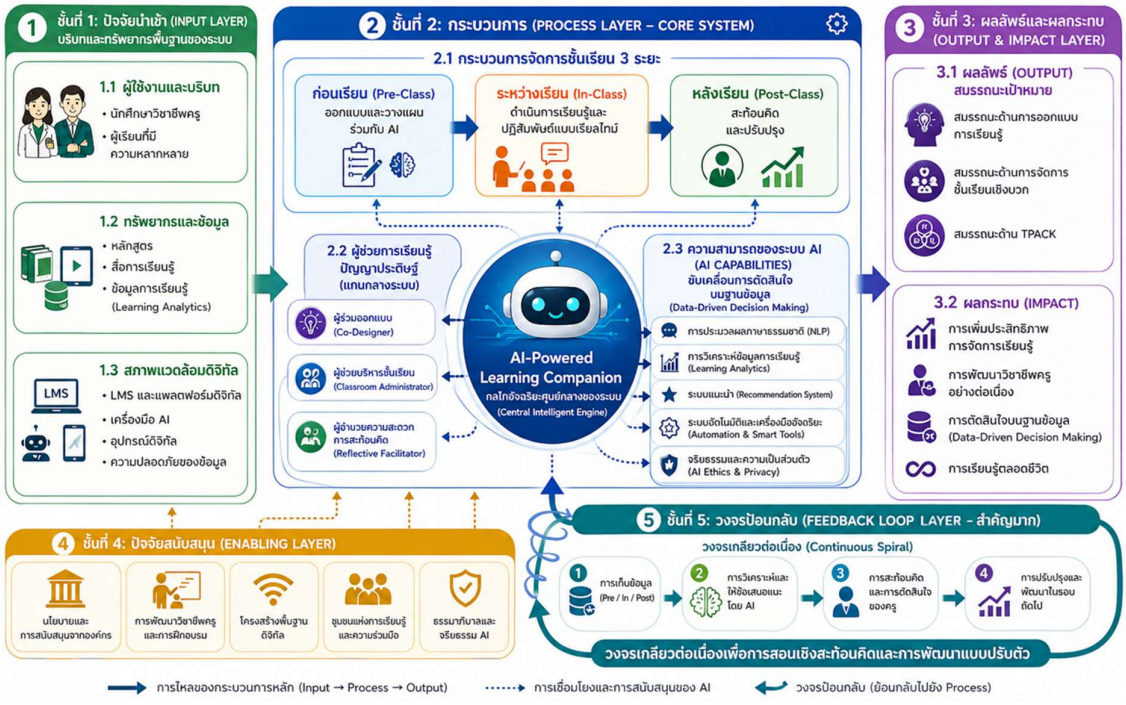
องค์ประกอบ	ผลการสังเคราะห์		
	องค์ประกอบสำคัญ	รายละเอียด	แนวคิดทฤษฎีรองรับ
		- สมรรถนะด้านเทคโนโลยี เนื้อหา และศาสตร์การสอน (TPACK) 3.2 ผลกระทบ (Impact) - การเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการเรียนรู้ - การพัฒนาวิชาชีพครูอย่างต่อเนื่อง - การตัดสินใจบนฐานข้อมูล - การเรียนรู้ตลอดชีวิต	Schildkamp, 2021; Marín-Marín et al., 2024)
4. ปัจจัยสนับสนุน (Enabling Layer)	1) นโยบายและองค์กร 2) พัฒนาวิชาชีพและฝึกอบรม 3) โครงสร้างพื้นฐานดิจิทัล 4) ชุมชนแห่งการเรียนรู้ 5) ธรรมาภิบาลและจริยธรรม AI	ปัจจัยภายนอกที่เอื้อต่อการทำงานของระบบ ครอบคลุมนโยบายและการสนับสนุนจากองค์กร การพัฒนาวิชาชีพครูและการฝึกอบรม โครงสร้างพื้นฐานดิจิทัล ชุมชนแห่งการเรียนรู้และความร่วมมือ และธรรมาภิบาล AI ที่ครอบคลุม PDPA, ความโปร่งใสของระบบ AI (Explainable AI: XAI) และการตรวจสอบอคติของอัลกอริทึม (Bias Auditing)	Institutional Support (Bates, 2022; García-Cabot et al., 2015); AI Governance (UNESCO, 2021; Holmes et al., 2023); Digital Infrastructure (Pelletier et al., 2022)
5. วงจรป้อนกลับ (Feedback Loop) วงจรเกลียวต่อเนื่อง	ขั้น 1: เก็บข้อมูล ขั้น 2: วิเคราะห์และเสนอแนะโดย AI ขั้น 3: สะท้อนคิดและตัดสินใจของครู ขั้น 4: ปรับปรุงและพัฒนาในรอบถัดไป	วงจรเกลียวต่อเนื่อง เป็นกลไกป้อนกลับที่เชื่อมโยงย้อนกลับไปยังชั้นกระบวนการ (Process Layer) เพื่อขับเคลื่อนการพัฒนาและปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง โดยปัญญาประดิษฐ์ทำหน้าที่วิเคราะห์ข้อมูลและให้ข้อเสนอแนะเชิงลึก ส่วนครูทำหน้าที่เป็นผู้ตัดสินใจขั้นสุดท้ายภายใต้แนวคิดมนุษย์กำกับการตัดสินใจ	Continuous Improvement (Kortas, 2024); Reflective Teaching (Schön, 1983; McColl, 2024); Formative Feedback (Hattie & Timperley, 2007; Morris et al., 2021)

จากตารางที่ 1 องค์ประกอบโครงสร้าง 5 ชั้นของรูปแบบการจัดการชั้นเรียนอัจฉริยะแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์เชิงระบบอย่างชัดเจน โดยชั้นที่ 1 (Input Layer) ทำหน้าที่กำหนดบริบทและทรัพยากรพื้นฐานของระบบ ชั้นที่ 2 (Process Layer) เป็นกลไกหลักในการขับเคลื่อนรูปแบบ โดยมีผู้ช่วยการเรียนรู้ปัญญาประดิษฐ์ (AI-Powered Learning Companion) ทำหน้าที่เป็นกลไกอัจฉริยะศูนย์กลางของระบบ ซึ่งบูรณาการกระบวนการจัดการชั้นเรียน 3 ระยะเข้ากับความสามารถของ

ปัญญาประดิษฐ์ทั้ง 5 ด้านอย่างเป็นเอกภาพ ชั้นที่ 3 (Output & Impact Layer) ผสานผลลัพธ์ด้านสมรรถนะครูกับผลกระทบในระดับระบบการศึกษาและสังคมไว้ในชั้นเดียว เพื่อสะท้อนความเชื่อมโยงโดยตรงระหว่างการพัฒนาสมรรถนะครูกับคุณภาพการเรียนรู้ของผู้เรียน ชั้นที่ 4 (Enabling Layer) ทำหน้าที่เป็นระบบนิเวศเชิงสนับสนุนที่เอื้อต่อการดำเนินงานของทุกชั้นองค์ประกอบ และชั้นที่ 5 (Feedback Loop) ถูกออกแบบในลักษณะวงจรเกลียวต่อเนื่อง (Continuous Spiral) ที่ย้อนกลับไปยังชั้นกระบวนการ (Process Layer) เพื่อขับเคลื่อนการพัฒนาเชิงลึกอย่างต่อเนื่องในแต่ละรอบของวงจร ลักษณะดังกล่าวแตกต่างจากวงจรป้อนกลับแบบเชิงเส้นหรือวงกลมที่พบในรูปแบบการจัดการเรียนรู้ทั่วไป โดยเน้นการพัฒนาเชิงปรับตัว (adaptive development) และการสะท้อนคิดบนฐานข้อมูล (Data-informed Reflection) อย่างต่อเนื่อง (Schön, 1983) (McColl, 2024)

2. ผลการพัฒนารูปแบบการจัดการชั้นเรียนอัจฉริยะโดยใช้ผู้ช่วยการเรียนรู้ปัญญาประดิษฐ์สำหรับช่วยเสริมสร้างสมรรถนะการสอนของนักศึกษาวิชาชีพครูในยุคดิจิทัล

จากการสังเคราะห์วรรณกรรมที่เกี่ยวข้องและได้ผลลัพธ์ตามตารางสังเคราะห์องค์ประกอบโครงสร้าง 5 ชั้นของรูปแบบการจัดการชั้นเรียนอัจฉริยะ ผู้วิจัยนำมาออกแบบเป็นกระบวนการโดยเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของแต่ละองค์ประกอบได้เป็นรูปแบบการจัดการชั้นเรียนอัจฉริยะ (Intelligent Classroom Management Model: ICMM) ซึ่งมีโครงสร้างเชิงระบบจำนวน 5 ชั้น ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 กระบวนการคัดเลือกวรรณกรรมเพื่อสังเคราะห์รูปแบบการจัดการชั้นเรียนอัจฉริยะ

จากรูปที่ 2 รูปแบบการจัดการชั้นเรียนอัจฉริยะ (ICMM) สามารถอธิบายได้ใน 3 มิติหลัก ดังนี้

มิติที่ 1 การดำเนินงานของกระบวนการหลัก (Input ⟶ Process ⟶ Output) แสดงด้วยลูกศรทึบ โดยชั้นที่ 1 (Input Layer) ทำหน้าที่ป้อนบริบทของผู้ใช้งาน ทรัพยากรและสภาพแวดล้อมดิจิทัลเข้าสู่ชั้นที่ 2 กระบวนการ (Process Layer) ซึ่ง

เป็นแกนกลางของระบบ (Core System) ประกอบด้วยกระบวนการจัดการชั้นเรียน 3 ระยะ ได้แก่ ก่อนเรียน ระหว่างเรียน และหลังเรียน โดยมีผู้ช่วยการเรียนรู้ปัญญาประดิษฐ์ (AI-Powered Learning Companion) ทำหน้าที่เป็นกลไกอัจฉริยะศูนย์กลางของระบบ เชื่อมโยงทุกระยะอย่างเป็นเอกภาพ ก่อนส่งผลไปยังชั้นที่ 3 ผลลัพธ์และผลกระทบ (Output & Impact Layer) ซึ่งมุ่งพัฒนาสมรรถนะการสอน 3 ด้าน ได้แก่ สมรรถนะด้านการออกแบบการเรียนรู้ สมรรถนะด้านการจัดการชั้นเรียนเชิงบวกและสมรรถนะด้านเทคโนโลยี เนื้อหา และศาสตร์การสอน (TPACK)

มิติที่ 2 การเชื่อมโยงและสนับสนุนของ AI แสดงด้วยลูกศรประ ผู้ช่วยการเรียนรู้ปัญญาประดิษฐ์ (AI-Powered Learning Companion) ทำงาน 3 บทบาทพร้อมกัน ได้แก่ ผู้ร่วมออกแบบการเรียนรู้ (Co-Designer) ในระยะก่อนเรียน (Pre-Class) ผู้ช่วยบริหารชั้นเรียน (Classroom Administrator) ในระยะระหว่างเรียน (In-Class) และผู้อำนวยความสะดวกการสะท้อนคิด (Reflective Facilitator) ในระยะหลังเรียน (Post-Class) โดยใช้ความสามารถของ AI 5 ด้าน ได้แก่ การประมวลผลภาษาธรรมชาติ (NLP) การวิเคราะห์ข้อมูลการเรียนรู้ (Learning Analytics) ระบบแนะนำ (Recommendation System) ระบบอัตโนมัติและเครื่องมืออัจฉริยะ (Automation & Smart Tools) และจริยธรรมและความเป็นส่วนตัวของปัญญาประดิษฐ์ (AI Ethics & Privacy) เพื่อขับเคลื่อนการตัดสินใจบนฐานข้อมูล (Data-Driven Decision Making) ในลำดับชั้นกระบวนการ (Process Layer) ทั้งหมด ทั้งนี้ ชั้นที่ 4 ปัจจัยสนับสนุน (Enabling Layer) ทำหน้าที่เป็นระบบนิเวศเชิงสนับสนุนที่ครอบคลุมนโยบายองค์กร การพัฒนาวิชาชีพครู โครงสร้างพื้นฐานดิจิทัล ชุมชนแห่งการเรียนรู้และธรรมาภิบาลและจริยธรรมด้านปัญญาประดิษฐ์

มิติที่ 3 วงจรป้อนกลับ (Feedback Loop) แสดงด้วยลูกศรวงโค้งย้อนกลับ โดยชั้นที่ 5 วงจรป้อนกลับ (Feedback Loop) ถูกออกแบบเป็นวงจรเกลียวต่อเนื่อง (Continuous Spiral) ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ได้แก่ 1) การเก็บข้อมูลจากทุกระยะของการจัดการเรียนรู้ 2) การวิเคราะห์และให้ข้อเสนอแนะโดยปัญญาประดิษฐ์ 3) การสะท้อนคิดและการตัดสินใจของครูภายใต้แนวคิดมนุษย์กำกับการตัดสินใจ (Human-in-the-Loop) และ 4) การปรับปรุงและพัฒนาในรอบถัดไป ซึ่งวงจรดังกล่าวย้อนกลับไปยังชั้นกระบวนการ (Process Layer) อย่างต่อเนื่อง เพื่อส่งเสริมการพัฒนาเชิงลึก รวมถึงการปรับตัวและการยกระดับคุณภาพการจัดการเรียนรู้ในทุกวงรอบของการสอนหรือการจัดการเรียนรู้

รายละเอียดองค์ประกอบของรูปแบบการจัดการชั้นเรียนอัจฉริยะ (ICMM)

รูปแบบการจัดการชั้นเรียนอัจฉริยะโดยใช้ผู้ช่วยการเรียนรู้ปัญญาประดิษฐ์เพื่อเสริมสร้างสมรรถนะการสอนของนักศึกษาวิชาชีพครู เป็นรูปแบบเชิงระบบแบบ IPO Model ที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ปัจจัยนำเข้า กระบวนการ ผลลัพธ์และวงจรป้อนกลับ โดยมีผู้ช่วยการเรียนรู้ปัญญาประดิษฐ์ (AI-Powered Learning Companion) เป็นแกนกลางของระบบ

1. ชั้นปัจจัยนำเข้า (Input Layer) เป็นเงื่อนไขพื้นฐานที่จำเป็นต่อการดำเนินรูปแบบ แบ่งเป็น 3 กลุ่มหลัก ได้แก่

1.1 ผู้ใช้งานและบริบท (User & Context) ประกอบด้วย นักศึกษาวิชาชีพครู ซึ่งเป็นผู้ใช้หลักของรูปแบบ ทำหน้าที่เป็นผู้ตัดสินใจ ออกแบบ ดำเนินการสอนและสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ โดย AI ทำหน้าที่สนับสนุน (ไม่ใช่ทดแทนครู) นอกจากนี้ยังมี ผู้เรียน ซึ่งมีความแตกต่างหลากหลายทั้งด้านความต้องการ ความสนใจ ระดับความสามารถ พฤติกรรมการเรียนรู้และระดับการมีส่วนร่วม ข้อมูลเหล่านี้เป็นฐานสำคัญในการออกแบบการจัดการชั้นเรียนให้เหมาะสมกับบริบทจริง

1.2 ทรัพยากรและข้อมูล (Resources & Data) ประกอบด้วยข้อมูลประวัติผู้เรียน ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน พฤติกรรมการมีส่วนร่วม หลักสูตร มาตรฐานการเรียนรู้ สื่อการสอน บริบทห้องเรียน เช่น เวลา พื้นที่ กฎกติกา และประสบการณ์สอนเดิมของนักศึกษาวิชาชีพครู ข้อมูลเหล่านี้ถูกนำเข้าสู่ระบบเพื่อให้ AI วิเคราะห์และเสนอแนวทางการจัดการชั้นเรียนที่เหมาะสม

1.3 สภาพแวดล้อมดิจิทัล (Digital Environment) ประกอบด้วยแพลตฟอร์มการเรียนรู้หรือ LMS อุปกรณ์ดิจิทัล เช่น คอมพิวเตอร์ แท็บเล็ต โทรศัพท์มือถือ ระบบอินเทอร์เน็ต เครื่องมือและแอปพลิเคชัน AI รวมถึงมาตรการด้านความปลอดภัยของข้อมูลและความเป็นส่วนตัว ซึ่งเป็นโครงสร้างพื้นฐานที่ช่วยให้การใช้ AI ในการจัดการชั้นเรียนสามารถเกิดขึ้นได้จริง

2. ชั้นกระบวนการ (Process Layer – Core System) แบ่งเป็น 3 กลุ่มหลัก ได้แก่

2.1 กระบวนการจัดการชั้นเรียน 3 ระยะ ได้แก่ ก่อนเรียน (Pre-Class) ระหว่างเรียน (In-Class) และหลังเรียน (Post-Class) โดยแต่ละระยะเชื่อมโยงกับบทบาทของ AI อย่างต่อเนื่อง

1) ระยะก่อนเรียน (Pre-Class - Preparation & Design) เป็นระยะเตรียมการสอนและออกแบบการจัดการเรียนรู้ นักศึกษาวิชาชีพครูใช้ข้อมูลผู้เรียนและบริบทชั้นเรียนร่วมกับ AI เพื่อวิเคราะห์ผู้เรียน ออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ สร้างสื่อและแบบประเมิน รวมถึงวางแผนกลยุทธ์การจัดการชั้นเรียน เช่น การจัดกลุ่มผู้เรียน การออกแบบกิจกรรมที่ยืดหยุ่น การใช้หลักการเรียนรู้แบบสากล (UDL) การปรับระดับความยากง่าย และเตรียมแนวทางรับมือกับพฤติกรรมหรือสถานการณ์ที่อาจเกิดขึ้นในชั้นเรียน

2) ระยะระหว่างชั้นเรียน (In-Class – Implementation & Interaction) เป็นระยะนำแผนไปใช้จริงในชั้นเรียน โดยนักศึกษาวิชาชีพครูดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้ จัดการปฏิสัมพันธ์ ดูแลพฤติกรรม ติดตามการมีส่วนร่วม ให้การสนับสนุนผู้เรียนตามสถานการณ์ที่เกิดขึ้นจริง และใช้เครื่องมือ AI ช่วยในงานระหว่างสอน เช่น การสุ่มคำถาม การติดตามเวลา การเก็บข้อมูลการมีส่วนร่วม การให้ข้อเสนอแนะเบื้องต้น และช่วยให้ข้อมูลประกอบการตัดสินใจเชิงสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในชั้นเรียน

3) ระยะหลังชั้นเรียน (Post-Class – Reflection & Improvement) เป็นระยะสะท้อนผลและปรับปรุงการสอน ข้อมูลจากระหว่างเรียนจะถูกนำมาวิเคราะห์ร่วมกับบันทึกหลังสอนของนักศึกษาวิชาชีพครู เพื่อพิจารณาว่าสิ่งใดได้ผล สิ่งใดควรปรับปรุงและควรวางแผนอย่างไรในรอบถัดไป โดย AI จะช่วยวิเคราะห์ข้อมูลที่เกิดขึ้นในชั้นเรียนเพื่อให้ข้อเสนอแนะ กระตุ้นการสะท้อนคิด เสนอแนวทางปรับปรุง และช่วยวางแผนสำหรับการสอนครั้งต่อไป

2.2 แกนกลางของระบบผู้ช่วยการเรียนรู้ปัญญาประดิษฐ์ (AI-Powered Learning Companion) เป็นศูนย์กลางของรูปแบบ ทำหน้าที่เป็นผู้ช่วยอัจฉริยะที่สนับสนุนนักศึกษาวิชาชีพครูตลอดวงจรการจัดการชั้นเรียน โดยมี 3 บทบาทสำคัญ ได้แก่

1) ผู้ร่วมออกแบบการเรียนรู้ (Co-Designer) ทำหน้าที่เป็นคู่คิดในการออกแบบการเรียนรู้ ช่วยเสนอแนวทางสำหรับการจัดกิจกรรม สร้างแผนการสอน ออกแบบสื่อ แบบประเมินรูบริกและกิจกรรมที่สอดคล้องกับผู้เรียนและเป้าหมายการเรียนรู้

2) ผู้ช่วยบริหารชั้นเรียน (Classroom Admin) ทำหน้าที่เป็นผู้ช่วยจัดการชั้นเรียน ช่วยสนับสนุนการเช็กชื่อ จัดกลุ่ม การติดตามพฤติกรรมและการมีส่วนร่วม การบริหารเวลา การใช้กลไกเกม (Gamification) การสุ่มผู้เรียน การจัดแบบสำรวจ และสนับสนุนการตัดสินใจระหว่างจัดการเรียนรู้

3) ผู้อำนวยความสะดวกการสะท้อนคิด (Reflective Mentor) ทำหน้าที่เป็นพี่เลี้ยงเพื่อการสะท้อนคิด ช่วยวิเคราะห์ข้อมูลหลังสอน ตั้งคำถามกระตุ้นการคิดเชิงสะท้อน เสนอแนวทางปรับปรุงการสอนและช่วยให้นักศึกษาวิชาชีพครูสามารถพัฒนาตนเองได้อย่างต่อเนื่อง

2.3 ความสามารถของปัญญาประดิษฐ์ (AI Capabilities) เป็นความสามารถของ AI ที่สนับสนุนรูปแบบของการจัดการชั้นเรียนอัจฉริยะ ได้แก่ การเข้าใจภาษาธรรมชาติ (NLP) การวิเคราะห์ข้อมูลการเรียนรู้ (Learning Analytics) ระบบแนะนำ (Recommendation System) การทำงานอัตโนมัติและเครื่องมืออัจฉริยะ (Automation & Smart Tools) รวมถึงการคุ้มครอง

ความเป็นส่วนตัวและจริยธรรมของข้อมูล (AI Ethics & Privacy) ซึ่งความสามารถเหล่านี้ทำให้ AI ทำหน้าที่เป็นผู้ช่วยที่ปรับเหมาะกับบริบทการสอนได้จริง

3. ชั้นผลลัพธ์และผลกระทบ (Output & Impact Layer) โดยผลลัพธ์หลักของรูปแบบการจัดการชั้นเรียนอัจฉริยะ คือ การเสริมสร้างสมรรถนะการสอนของนักศึกษาวิชาชีพครูใน 3 ด้านสำคัญ ได้แก่ 1) สมรรถนะด้านการออกแบบการจัดการเรียนรู้ เป็นความสามารถในการออกแบบประสบการณ์การเรียนรู้ที่ยืดหยุ่น ครอบคลุมผู้เรียนหลากหลาย และสอดคล้องกับเป้าหมายการเรียนรู้ 2) สมรรถนะด้านการจัดการชั้นเรียนเชิงบวก เป็นความสามารถในการสร้างบรรยากาศการเรียนรู้ที่ปลอดภัย มีส่วนร่วม เป็นระบบและส่งเสริมพฤติกรรมเชิงบวกของผู้เรียน 3) ด้านเทคโนโลยี เนื้อหาและศาสตร์การสอน (TPACK) เป็นความสามารถในการบูรณาการเทคโนโลยีเข้ากับศาสตร์การสอนและเนื้อหาอย่างเหมาะสม เพื่อยกระดับการเรียนรู้และแก้ปัญหาในชั้นเรียนจริง ส่วนผลกระทบ (Impact) คือ ผลกระทบที่คาดหวังจากรูปแบบ ได้แก่ ประสิทธิภาพการสอนที่สูงขึ้น การเติบโตทางวิชาชีพและการสะท้อนคิดอย่างเป็นระบบ การตัดสินใจจากข้อมูล และการพัฒนาแนวคิดการเรียนรู้ตลอดชีวิตของนักศึกษาวิชาชีพครู

4. ชั้นปัจจัยสนับสนุน (Enabling Layer) การนำรูปแบบไปใช้ให้เกิดผลจำเป็นต้องมีปัจจัยสนับสนุน ได้แก่ การสนับสนุนเชิงนโยบายจากสถาบัน การพัฒนาวิชาชีพและการอบรมทักษะการใช้ AI โครงสร้างพื้นฐานทางเทคโนโลยี ชุมชนการเรียนรู้และความร่วมมือ ธรรมาภิบาลและจริยธรรมด้านปัญญาประดิษฐ์ ตลอดจนการใช้ AI อย่างมีจริยธรรมและการคุ้มครองข้อมูลส่วนบุคคล

5. ชั้นวงจรป้อนกลับ (Feedback Loop Layer) รูปแบบการจัดการชั้นเรียนอัจฉริยะไม่ได้สิ้นสุดที่ผลลัพธ์ แต่ทำงานเป็นวงจรพัฒนาอย่างต่อเนื่อง (Continuous Spiral) โดยเริ่มจากการเก็บข้อมูลจากก่อนเรียน (Pre-Class) ระหว่างเรียน (In-Class) และหลังเรียน (Post-Class) จากนั้น AI จะวิเคราะห์ข้อมูลและให้ข้อเสนอแนะนักศึกษาวิชาชีพครูนำข้อมูลไปสะท้อนคิดและตัดสินใจ ก่อนปรับปรุงนวัตกรรมการสอนในรอบถัดไป วงจรนี้ทำให้การจัดการชั้นเรียนพัฒนาเป็นระบบ ต่อเนื่องและมีหลักฐานเชิงประจักษ์รองรับ ซึ่งเป็นระบบการจัดการชั้นเรียนอัจฉริยะที่เน้นความร่วมมือระหว่างครูผู้สอนกับ AI โดย AI ทำหน้าที่เป็นผู้ช่วยหรือพี่เลี้ยงที่คอยให้คำแนะนำเท่านั้น ส่วนนักศึกษาวิชาชีพครูจะต้องเป็นผู้ตัดสินใจด้วยตนเองเป็นหลัก

3. ผลการประเมินความเหมาะสมของรูปแบบ

ผลการประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการจัดการชั้นเรียนอัจฉริยะ โดยใช้แบบประเมินมาตราส่วนประมาณค่าแบบลิเคิร์ต 5 ระดับ ซึ่งผ่านการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (IOC = 0.80) จากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 คนและมีค่าความเชื่อมั่น (Cronbach's Alpha = 0.87) จากการทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 คน และดำเนินการประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการจัดการชั้นเรียนอัจฉริยะฯ จากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 12 คน และวิเคราะห์ข้อมูลด้วยค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน แสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการจัดการชั้นเรียนอัจฉริยะ

ลำดับที่	โครงสร้าง (Layer)	รายการประเมิน	ผลการประเมิน		
			ค่าเฉลี่ย (Mean)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)	ระดับความเหมาะสม
1	Layer 1	ความชัดเจนและครบถ้วนของปัจจัยนำเข้า (Input Layer)	4.33	0.44	ดี
2	Layer 2	ความสมบูรณ์ของกระบวนการ 3 ระยะ (Pre-In-Post-Class Process)	4.40	0.43	ดี
3	Layer 2	ความเหมาะสมของบทบาท AI 3 ด้าน (Co-Designer / Admin / Facilitator)	4.50	0.39	ดี
4	Layer 2	ความสอดคล้องของความสามารถ AI กับการตัดสินใจบนฐานข้อมูล	4.38	0.42	ดี
5	Layer 3	ความครบถ้วนของผลลัพธ์สมรรถนะครู 3 ด้าน (Output)	4.40	0.43	ดี
6	Layer 3	ความเหมาะสมของผลกระทบ 4 ระดับ (Impact)	4.43	0.45	ดี
7	Layer 4	ความครอบคลุมของปัจจัยสนับสนุน 5 ด้าน (Enabling Layer)	4.32	0.47	ดี
8	Layer 5	ความชัดเจนของวงจรป้อนกลับ (Feedback Loop)	4.08	0.52	ดี
		ผลรวมค่าเฉลี่ย	4.32	0.47	ดี

จากตารางที่ 3 ผลการประเมินความเหมาะสมของรูปแบบโดยรวมทุกชั้นอยู่ในระดับดี (M = 4.32 S.D. = 0.47) เมื่อพิจารณาเป็นรายชั้น พบว่า ชั้นที่ 2 กระบวนการ (Process Layer) ได้รับการประเมินในระดับสูงที่สุด โดยเฉพาะในด้านบทบาทของปัญญาประดิษฐ์ (M = 4.50 ระดับดี) ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงการยอมรับของผู้เชี่ยวชาญต่อแนวทางการออกแบบผู้ช่วยการเรียนรู้ปัญญาประดิษฐ์ในฐานะเป็นกลไกอัจฉริยะศูนย์กลางของระบบที่สามารถปฏิบัติได้พร้อมกันทั้ง 3 บทบาทอย่างเหมาะสม ขณะเดียวกัน ชั้นที่ 3 ผลลัพธ์และผลกระทบ (Output & Impact Layer) ในด้านสมรรถนะครู 3 ด้าน และกระบวนการจัดการชั้นเรียน 3 ระยะ ได้รับการประเมินในระดับดีเท่ากัน (M = 4.40) แสดงให้เห็นถึงความสอดคล้องระหว่างการออกแบบกระบวนการเรียนรู้กับผลลัพธ์ด้านสมรรถนะครูได้อย่างเป็นระบบ แต่ในทางตรงกันข้าม ชั้นที่ 5 วงจรป้อนกลับ (Feedback Loop) ได้รับการประเมินระดับต่ำที่สุด (M = 4.08 ระดับดี) ซึ่งสะท้อนถึงประเด็นที่ควรพัฒนาเพิ่มเติม โดยเฉพาะในด้านการออกแบบกลไกแสดงผลข้อมูล (Dashboard) และตัวชี้วัดเชิงปฏิบัติการ (Actionable Indicators) ที่มีความชัดเจนและสามารถนำไปใช้สำหรับสนับสนุนการตัดสินใจได้อย่างเป็นรูปธรรมมากยิ่งขึ้น

ส่วนผลการวิเคราะห์เชิงเนื้อหาจากข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ สามารถสังเคราะห์ประเด็นสำคัญเป็นหลายมิติที่สะท้อนทั้งจุดแข็งของรูปแบบและแนวทางการพัฒนาในอนาคต โดยประเด็นที่ได้รับการยอมรับสูงสุดจากผู้เชี่ยวชาญส่วนใหญ่ คือ

บทบาทของปัญญาประดิษฐ์ในชั้นกระบวนการ (Process Layer) ซึ่งประกอบด้วย บทบาทผู้ร่วมออกแบบการเรียนรู้ (Co-Designer) ผู้ช่วยบริหารจัดการชั้นเรียน (Classroom Administrator) และผู้อำนวยความสะดวกการสะท้อนคิดเชิงวิชาชีพ (Reflective Facilitator) ผู้เชี่ยวชาญเห็นสอดคล้องกันว่า การออกแบบ AI ให้ทำงานในหลายบทบาทพร้อมกันดังกล่าวช่วยสร้างความแตกต่างจากระบบบริหารจัดการการเรียนรู้ (LMS) ทั่วไปอย่างมีนัยสำคัญ และมีข้อเสนอแนะให้พัฒนาแนวทางสำหรับการนำไปใช้เชิงปฏิบัติ โดยเฉพาะการจัดทำคู่มือ Prompt Engineering สำหรับครูในบทบาทผู้ร่วมออกแบบการเรียนรู้ (Co-Designer) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการออกแบบการเรียนรู้ร่วมกับ AI ในด้านโครงสร้างการจัดการชั้นเรียน 3 ระยะ (Pre–In–Post-Class) ผู้เชี่ยวชาญส่วนใหญ่เห็นว่า รูปแบบมีความสอดคล้องกับบริบทการสอนจริงและมีความต่อเนื่องเชิงกระบวนการที่ชัดเจน และมีข้อเสนอแนะให้กำหนดสัดส่วนเวลาในแต่ละระยะอย่างเหมาะสม รวมถึงพัฒนาแนวทางในการเปลี่ยนผ่านระหว่างระยะ (Transition Protocol) เพื่อเพิ่มความต่อเนื่องในการนำไปใช้จริง สำหรับชั้นผลลัพธ์และผลกระทบ (Output & Impact Layer) ผู้เชี่ยวชาญเห็นว่าสมรรถนะครูทั้ง 3 ด้านมีความครอบคลุมและสามารถประเมินได้อย่างชัดเจน แต่เสนอให้พัฒนาเครื่องมือประเมินในรูปแบบรูบริก (Competency Rubric) ที่เชื่อมโยงกับบทบาทของ AI อย่างเป็นรูปธรรม รวมถึงการกำหนดตัวชี้วัดผลกระทบระยะยาว เพื่อสะท้อนผลลัพธ์เชิงระบบ

ในส่วนของชั้นปัจจัยสนับสนุน (Enabling Layer) ผู้เชี่ยวชาญเห็นว่า อาจจะมีองค์ประกอบที่ครบถ้วน แต่เน้นย้ำความสำคัญของธรรมาภิบาลด้านปัญญาประดิษฐ์ โดยเสนอให้พัฒนากรอบการกำกับดูแลที่ชัดเจนในบริบทการศึกษาไทย ครอบคลุมถึงการคุ้มครองข้อมูลส่วนบุคคล (PDPA) ความโปร่งใสของระบบ (Explainable AI: XAI) และการตรวจสอบอคติของอัลกอริทึม (Bias Auditing) ส่วนชั้นวงจรป้อนกลับ (Feedback Loop) ซึ่งออกแบบเป็นวงจรเกลียวต่อเนื่อง แม้จะได้รับการยอมรับในด้านแนวคิดเชิงนวัตกรรม แต่ยังคงเป็นประเด็นที่ควรพัฒนาเพิ่มเติม โดยเฉพาะในด้านความชัดเจนของกลไกในการแสดงผลข้อมูลและตัวชี้วัดที่สามารถนำไปใช้ได้จริง ผู้เชี่ยวชาญเสนอให้พัฒนาหน้าจอแสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลแบบเรียลไทม์ (Real-time Analytics Dashboard) ที่ครูสามารถเข้าใจและใช้ในการตัดสินใจได้อย่างมีประสิทธิภาพ และสุดท้าย คือ มิติของความพร้อมในการนำไปใช้จริง ผู้เชี่ยวชาญ เสนอให้มีการทดสอบนำร่อง (Pilot Testing) ในสถาบันผลิตครู และพัฒนาแผนการนำไปใช้แบบเป็นขั้นตอน โดยเริ่มจากการเตรียมความพร้อมในชั้นปัจจัยนำเข้าและปัจจัยสนับสนุนก่อน จากนั้นจึงขยายไปสู่ชั้นกระบวนการ และวงจรป้อนกลับตามลำดับ

การอภิปรายผล

ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่า รูปแบบการจัดการชั้นเรียนอัจฉริยะฯ ซึ่งมีโครงสร้างเชิงระบบ 5 ชั้น สามารถบูรณาการปัญญาประดิษฐ์เข้ากับกระบวนการจัดการชั้นเรียนได้อย่างเหมาะสม โดยเฉพาะการออกแบบผู้ช่วยการเรียนรู้ปัญญาประดิษฐ์ในฐานะกลไกอัจฉริยะศูนย์กลางของระบบที่ทำงานใน 3 บทบาทสอดคล้องกับ 3 ระยะของการจัดการเรียนรู้ ได้แก่ ก่อนเรียน ระหว่างเรียนและหลังเรียน ซึ่งได้รับการประเมินในระดับสูงสุด (M = 4.50) สะท้อนให้เห็นถึงศักยภาพของ AI ในการสนับสนุนการออกแบบการเรียนรู้ การบริหารจัดการชั้นเรียนและการสะท้อนคิดเชิงวิชาชีพอย่างบูรณาการ ทั้งนี้สอดคล้องกับ Baidoo-Anu & Ansah (2023), Yilmaz & Karaoglan (2023) และ Pergantis et al. (2025) ที่ชี้ให้เห็นว่า Generative AI สามารถสนับสนุนการทำงานของครูได้อย่างมีบริบทและแบบเรียลไทม์ การออกแบบให้ชั้นผลลัพธ์และผลกระทบ (Output & Impact Layer) รวมอยู่ในชั้นเดียวกัน สะท้อนแนวคิดเชิงระบบที่มองว่าสมรรถนะครู (Output) และผลลัพธ์ในระดับผู้เรียนและสังคม (Impact) มีความสัมพันธ์โดยตรงและควรได้รับการออกแบบควบคู่กัน ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Darling-Hammond et al. (2017) และ Zawacki-Richter et al. (2024) ที่เน้นว่าการพัฒนาวิชาชีพครูที่มีประสิทธิผลต้องเชื่อมโยงสมรรถนะของครูกับผลลัพธ์การเรียนรู้ของผู้เรียนอย่างชัดเจนและเป็นรูปธรรม ส่วนผลการประเมินที่พบว่าชั้นวงจรป้อนกลับ (Feedback

Loop) ได้รับคะแนนต่ำที่สุด (M = 4.08) แม้จะยังอยู่ในระดับดี สะท้อนถึงความท้าทายในการออกแบบกลไกป้อนกลับที่สามารถนำไปใช้ได้จริงในบริบทการสอน โดยเฉพาะการแปลงข้อมูลให้เป็นข้อเสนอแนะเชิงปฏิบัติสำหรับครู สอดคล้องกับ Tsai et al. (2024) ที่ระบุว่า หน้าจอแสดงผลวิเคราะห์ข้อมูลการเรียนรู้ (Learning Analytics Dashboard) ที่มีประสิทธิภาพควรมุ่งเน้นการสนับสนุนการตัดสินใจมากกว่าการนำเสนอข้อมูลเชิงพรรณนาเพียงอย่างเดียว นอกจากนี้ การออกแบบวงจรป้อนกลับในลักษณะวงจรเกลียวต่อเนื่อง (Continuous Spiral) ยังสะท้อนมุมมองเชิงพัฒนาการที่เน้นการเรียนรู้เชิงลึกและการปรับตัวในแต่ละรอบของการสอน ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิด Reflective Practice ของ Schön (1983) ในส่วนของชั้นปัจจัยสนับสนุน (Enabling Layer) การออกแบบให้เป็นชั้นอิสระที่ครอบคลุมทั้งโครงสร้างพื้นฐาน นโยบายและธรรมาภิบาลด้านปัญญาประดิษฐ์ สะท้อนถึงการให้ความสำคัญกับการใช้ AI อย่างรับผิดชอบในบริบทการศึกษา ซึ่งสอดคล้องกับ Holmes et al. (2023) และ UNESCO (2021) ที่เน้นถึงความจำเป็นของวงจรมนุษย์กำกับการตัดสินใจ (Human-in-the-Loop) และโปร่งใสของระบบ AI (Explainable AI) เพื่อให้การใช้ AI มีความโปร่งใส ตรวจสอบได้และคำนึงถึงจริยธรรม นอกจากนี้ บทบาทของปัญญาประดิษฐ์ทั้ง 3 ด้านในชั้นกระบวนการ ซึ่งสร้างความแตกต่างจากระบบ LMS ทั่วไปยังสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Zhang & Zhang (2024) ที่พบว่า AI ที่ทำงานในหลายบทบาทภายในกระบวนการสอนสามารถส่งผลเชิงบวกต่อการพัฒนาสมรรถนะครูได้อย่างมีนัยสำคัญ กล่าวโดยสรุป รูปแบบการจัดการชั้นเรียนอัจฉริยะที่ออกแบบสะท้อนให้เห็นถึงศักยภาพของการบูรณาการปัญญาประดิษฐ์ในฐานะกลไกขับเคลื่อนการจัดการเรียนรู้เชิงระบบที่มุ่งเน้นการพัฒนาผู้เรียนได้อย่างต่อเนื่อง มีการตัดสินใจบนฐานข้อมูลและช่วยยกระดับสมรรถนะครูในบริบทการเรียนรู้ยุคดิจิทัลได้อย่างเหมาะสม

บทสรุป

การวิจัยนี้ได้พัฒนารูปแบบการจัดการชั้นเรียนอัจฉริยะที่มีโครงสร้างเชิงระบบ 5 ชั้น ได้แก่ ปัจจัยนำเข้า (Input Layer) กระบวนการ (Process Layer - Core System) ผลลัพธ์และผลกระทบ (Output & Impact Layer) ปัจจัยสนับสนุน (Enabling Layer) และวงจรป้อนกลับ (Feedback Loop) โดยมีผู้ช่วยการเรียนรู้ปัญญาประดิษฐ์ทำหน้าที่เป็นกลไกอัจฉริยะศูนย์กลางของระบบในชั้นกระบวนการ ซึ่งสามารถปฏิบัติได้ 3 บทบาท ได้แก่ ผู้ร่วมออกแบบการเรียนรู้ ผู้ช่วยบริหารจัดการชั้นเรียนและผู้อำนวยความสะดวกการสะท้อนคิดเชิงวิชาชีพ ผลการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ พบว่า รูปแบบมีความเหมาะสมโดยรวมอยู่ในระดับดี (M = 4.32 S.D. = 0.47) โดยมีจุดเด่นในด้านบทบาทของปัญญาประดิษฐ์ที่ได้รับการประเมินในระดับดี (M = 4.50) สะท้อนถึงการยอมรับศักยภาพของ AI ในการสนับสนุนการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการและความจำเป็นในการพัฒนากลไกที่สามารถแปลงข้อมูลให้เป็นแนวทางปฏิบัติที่ชัดเจนและนำไปใช้ได้จริง โดยภาพรวม รูปแบบการจัดการชั้นเรียนอัจฉริยะแสดงให้เห็นถึงศักยภาพในการเสริมสร้างสมรรถนะการสอนของนักศึกษาวิชาชีพครูใน 3 ด้าน ได้แก่ การออกแบบการเรียนรู้ การจัดการชั้นเรียนเชิงบวก และสมรรถนะด้าน TPACK ซึ่งช่วยสนับสนุนการตัดสินใจบนฐานข้อมูลและการพัฒนาอย่างต่อเนื่องในบริบทการเรียนรู้ยุคดิจิทัล

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยในอนาคตควรมุ่งเน้นการต่อยอดรูปแบบการจัดการชั้นเรียนอัจฉริยะจากระดับแนวคิดไปสู่การประยุกต์ใช้ในบริบทจริงอย่างเป็นระบบ โดยประการแรก ควรมีการพัฒนาและทดสอบต้นแบบ (Prototype) ของผู้ช่วยการเรียนรู้ปัญญาประดิษฐ์ที่สามารถรองรับทั้ง 3 บทบาท ได้แก่ ผู้ร่วมออกแบบการเรียนรู้ ผู้ช่วยบริหารจัดการชั้นเรียน และผู้อำนวยความสะดวกการสะท้อนคิดเชิงวิชาชีพ ภายในบริบทสถานศึกษาจริง (Pilot School) เพื่อประเมินความเป็นไปได้ในการใช้งานและผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นในสภาพแวดล้อมจริง ประการที่สอง ควรให้ความสำคัญกับการออกแบบกลไกสำหรับแสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลการเรียนรู้สำหรับครูที่สามารถนำเสนอข้อมูลในลักษณะข้อเสนอแนะเชิงปฏิบัติแบบเรียลไทม์ เพื่อ

สนับสนุนการตัดสินใจและการปรับปรุงการจัดการเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ประการที่สาม การพัฒนากรอบธรรมาภิบาลด้านปัญญาประดิษฐ์ สำหรับชั้นปัจจัยสนับสนุนควรได้รับการศึกษาเพิ่มเติม โดยเน้นการกำหนดแนวทางที่เหมาะสมกับบริบทการศึกษาไทย ครอบคลุมทั้งการคุ้มครองข้อมูลส่วนบุคคล (PDPA) ความโปร่งใสของระบบและการตรวจสอบอคติของอัลกอริทึม เพื่อให้การใช้ AI เป็นไปอย่างมีจริยธรรมและตรวจสอบได้ สุดท้าย ควรมีการดำเนินการวิจัยเชิงทดลองเพื่อประเมินประสิทธิผลของรูปแบบการจัดการชั้นเรียนอัจฉริยะต่อการพัฒนาสมรรถนะการสอนของนักศึกษาวิชาชีพครูในสถาบันผลิตครูที่มีบริบทและระดับความพร้อมแตกต่างกัน เพื่อยืนยันความสามารถในการประยุกต์ใช้และขยายผลในระดับระบบการศึกษาอย่างยั่งยืน

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากหลักสูตรประกาศนียบัตรบัณฑิตวิชาชีพครู คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต ผู้วิจัยขอขอบคุณผู้มีส่วนเกี่ยวข้องกับการวิจัยในครั้งนี้ โดยเฉพาะนักศึกษาหลักสูตรประกาศนียบัตรบัณฑิตวิชาชีพครู และผู้เชี่ยวชาญทุกท่านที่กรุณาให้ความอนุเคราะห์ในการประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการจัดการชั้นเรียนอัจฉริยะ (ICMM) ตลอดจนให้ข้อเสนอแนะเชิงวิชาการอันทรงคุณค่า ซึ่งมีส่วนสำคัญอย่างยิ่งต่อการพัฒนาและปรับปรุงรูปแบบให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (2562). แนวปฏิบัติของการสร้างและส่งเสริมการรู้ดิจิทัลสำหรับครู. บริษัท พริกหวาน กราฟฟิค จำกัด: กรุงเทพฯ.

Anderson, J. R., Boyle, C. F., & Reiser, B. J. (1985). Intelligent tutoring systems. Science. 228(4698): 456–462. https://doi.org/10.1126/science.228.4698.456

Baidoo-Anu, D., & Ansah, L. O. (2023). Education in the Era of Generative Artificial Intelligence (AI): Understanding the Potential Benefits of ChatGPT in Promoting Teaching and Learning. Accessed 10 Mar. 2026. https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=4337484

Bates, A. W. (2022). Teaching in a Digital Age - Third Edition. Tony Bates Associates Ltd.

Bond, M. (2020). Facilitating student engagement through the flipped learning approach in K-12: A systematic review. Computers & Education. 151: 1-36. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.103819

Bonwell, C. C., & Eison, J. A. (1991). Active Learning: Creating Excitement in the Classroom.

Darling-Hammond, L., Hyler, M. E., & Gardner, M. (2017). Effective teacher professional development. Palo Alto, CA: Learning Policy Institute. https://doi.org/10.54300/122.311

Evertson, C. M., & Emmer, E. T. (2013). Classroom Management for Elementary Teachers. Pearson. Accessed 10 Mar. 2026. https://books.google.co.th/books?id=hx6mygAACAAJ

Feldman, K. (2026). A Comprehensive Guide to Input-Process-Output Models. Accessed 10 Mar. 2026. https://www.isixsigma.com/dictionary/input-process-output-i-p-o

García-Cabot, A., de-Marcos, L., & García, E. (2015). An empirical study on m-learning adaptation: Learning performance and learning contexts. Computers & Education. 82: 450-459. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2014.12.007

Garzón, J., Patiño, E., & Marulanda, C. (2025). Systematic Review of Artificial Intelligence in Education: Trends, Benefits, and Challenges. Multimodal Technologies and Interaction. 9: 1-19. https://doi.org/10.3390/mti9080084

Hattie, John, & Timperley, Helen. (2007). The Power of Feedback. Review of Educational Research. 77(1): 81–112. https://doi.org/10.3102/003465430298487

Holmes, W., Bialik, M. and Fadel, C. (2023). Artificial Intelligence in Education. Globethics Publications. 621–653. https://doi.org/10.58863/20.500.12424/4276068

Hwang, G.-J., & Tu, Y.-F. (2021). Roles and Research Trends of Artificial Intelligence in Mathematics Education: A Bibliometric Mapping Analysis and Systematic Review. Mathematics. 9: 1–19. https://doi.org/10.3390/math9060584

Ivan, K., Shapurov, O., Voronkova, V., Nikitenko, V., Олексенко, Р., Khavina, I., & Chebakova, Y. (2023). Digital Transformation of Education Based on Artificial Intelligence. TEM Journal. 12(4): 2625–2634. https://doi.org/10.18421/TEM124-74

Judith, J. N., & Terdue, I. H. (2026). Effective Classroom Management Practices on Student Academic Performance Among Selected Secondary Schools in Buruku Local Government Area Benue State-Nigeria. UKR Journal of Arts, Humanities and Social Sciences (UKRJAHSS). 2(1): 66–72. https://ukrpublisher.com/wp-content/uploads/2026/01/UKRJAHSS-1001-2026.pdf

Kasneci, E., Sessler, K., Küchemann, S., Bannert, M., Dementieva, D., Fischer, F., Gasser, U., Groh, G., Günnemann, S., Hüllermeier, E., Krusche, S., Kutyniok, G., Michaeli, T., Nerdel, C., Pfeffer, J., Poquet, O., Sailer, M., Schmidt, A., Seidel, T., Kasneci, G. (2023). ChatGPT for good? On opportunities and challenges of large language models for education. Learning and Individual Differences. 103: 1-9. https://doi.org/10.1016/j.lindif.2023.102274

Kortas, T. (2024). Continuous improvement: principles, goals, relationships. Accessed 10 Mar. 2026. https://otrs.com/blog/itsm/continuous-improvement

Krynowsky, B. (2006). Models of Classroom Management: Principles, Practices, and Critical Considerations. Journal of Teaching and Learning. 1(1): 57-58. https://doi.org/10.22329/jtl.v1i1.113

Mandinach, E. B., & Schildkamp, K. (2021). Misconceptions about data-based decision making in education: An exploration of the literature. Studies in Educational Evaluation. 69: 1–10. https://doi.org/10.1016/j.stueduc.2020.100842

Marín-Marín, J. A., García-Tudela, P. A., & Duo-Terrón, P. (2024). Computational thinking and programming with Arduino in education: A systematic review for secondary education. Heliyon. 10(8): 1–15. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e29177

McColl, E. (2024). Reflective Practitioner. In Dental Update (Vol. 51, Issue 4). Basic Books, Inc. https://doi.org/10.12968/denu.2024.51.4.221

McLeod, S. (2022). Zone of Proximal Development. Accessed 10 Mar. 2026. https://www.simplypsychology.org/zone-of-proximal-development.html

Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). Technological Pedagogical Content Knowledge: A Framework for Teacher Knowledge. Teachers College Record. 108(6): 1017–1054. https://doi.org/10.1111/j.1467-9620.2006.00684.x

Morris, R., Perry, T., & Wardle, L. (2021). Formative assessment and feedback for learning in higher education: A systematic review. Review of Education. 9(3): 1–26. https://doi.org/10.1002/rev3.3292

Pelletier, K., Mccormack, M., Reeves, J., Robert, J., Arbino, N., Al-freih, M., Dickson-deane, C., Guevara, C., Koster, L., Sánchez-mendiola, M., Bessette, L. S., & Stine, J. (2022). Teaching and Learning Edition. 2022 EDUCAUSE Horizon Report. Accessed 10 Mar. 2026. https://library.educause.edu/-/media/files/library/2022/4/2022hrteachinglearning.pdf

Pergantis, P., Bamicha, V., Skianis, C., & Drigas, A. (2025). AI Chatbots and Cognitive Control: Enhancing Executive Functions Through Chatbot Interactions: A Systematic Review. Brain Sciences. 15(1): 1–22. https://doi.org/10.3390/brainsci15010047

Petko, D., Mishra, P., & Koehler, M. J. (2025). TPACK in context: An updated model. Computers and Education Open, 8, 1–5. https://doi.org/10.1016/j.caeo.2025.100244

Redecker, C. (2022). European Framework for the Digital Competence of Educators: DigCompEdu. Accessed 10 Mar. 2026. https://epale.ec.europa.eu/sites/default/files/pdf_digcomedu_a4_final.pdf

Redecker, C., & Punie, Y. (2017). European framework for the digital competence of educators. In Publications Office of the European Union. Accessed 10 Mar. 2026. https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC107466

Rosenberg, J. M., & Koehler, M. J. (2015). Context and Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK): A Systematic Review. Journal of Research on Technology in Education. 47: 186–210. https://doi.org/10.1080/15391523.2015.1052663

Sadaf Saleem, Muhammad Umar Aziz, Muhammad Jawed Iqbal, & Shahid Abbas. (2025). AI in Education: Personalized Learning Systems and Their Impact on Student Performance and Engagement. The Critical Review of Social Sciences Studies. 3(1): 2445–2459. https://doi.org/10.59075/c35qa453

Schon, D. A. (1983). The Reflective Practitioner: How Professionals Think in Action. Basic Books.

Sharma, S. (2023). Challenges in Diverse Classroom of School: Teachers' Perspectives. Chaturbhujeshwar Academic Journal. 1(1): 38–50. https://doi.org/10.3126/caj.v1i1.63133

Sidik, F. (2022). Input, Process and Output System Theory Approach in Educational Institutions. Irfani, 18, 34–40. https://doi.org/10.30603/ir.v18i1.2658

Siemens, G. (2013). Learning Analytics: The Emergence of a Discipline. American Behavioral Scientist. 57: 1380–1400. https://doi.org/https://doi.org/10.1177/0002764213498851

Stufflebeam, D. L. (1971). The Relevance of the CIPP Evaluation Model for Educational Accountability. Journal of Research and Development in Education. 5: 1–31. https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED062385.pdf

Tan, X., Cheng, G., & Ling, M. H. (2025). Artificial intelligence in teaching and teacher professional development: A systematic review. Computers and Education: Artificial Intelligence. 8: 1–19. https://doi.org/10.1016/j.caeai.2024.100355

Tsai, C.-Y., Lin, Y.-T., & Brown, I. (2024). Impacts of ChatGPT-assisted writing for EFL English majors: Feasibility and challenges. Education and Information Technologies. 29: 22427–22445. https://doi.org/10.1007/s10639-024-12722-y

UNESCO. (2021). The Ethics of Artificial Intelligence. In the United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (Issue November). The United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. Accessed 10 Mar. 2026. https://doi.org/10.7551/mitpress/14102.003.0010

UNESCO. (2024). AI competency framework for teachers. In The Global Education 2030 Agenda. United Nations Educational, Scientifi c and Cultural Organization. Accessed 10 Mar. 2026. https://doi.org/10.54675/zjte2084

Wang, S., Wang, F., Zhu, Z., Wang, J., Tran, T., & Du, Z. (2024). Artificial intelligence in education: A systematic literature review. Expert Systems with Applications. 252: 1–19. https://doi.org/10.1016/j.eswa.2024.124167

Wanner, T., & Palmer, E. (2018). Formative self-and peer assessment for improved student learning: the crucial factors of design, teacher participation and feedback. Assessment & Evaluation in Higher Education. 43(3): 1–16. https://doi.org/10.1080/02602938.2018.1427698

Wilkins, N. J., Verlenden, J. M. V, Szucs, L. E., & Johns, M. M. (2023). Classroom Management and Facilitation Approaches That Promote School Connectedness. The Journal of School Health. 93(7): 582–593. https://doi.org/10.1111/josh.13279

Wollny, S., Schneider, J., Di Mitri, D., Weidlich, J., Rittberger, M., & Drachsler, H. (2021). Are We There Yet? - A Systematic Literature Review on Chatbots in Education. Frontiers in Artificial Intelligence. 4(7): 1–18. https://doi.org/10.3389/frai.2021.654924

Yilmaz, R., & Karaoglan Yilmaz, F. G. (2023). The effect of generative artificial intelligence (AI)-based tool use on students' computational thinking skills, programming self-efficacy and motivation. Computers and Education: Artificial Intelligence. 4: 1–14. https://doi.org/10.1016/j.caeai.2023.100147

Zawacki-Richter, O., Bai, J. Y. H., Lee, K., Slagter van Tryon, P. J., & Prinsloo, P. (2024). New advances in artificial intelligence applications in higher education? International Journal of Educational Technology in Higher Education. 21(1): 1–4. https://doi.org/10.1186/s41239-024-00464-3

Zawacki-Richter, O., & Jung, I. (2023). Handbook of Open, Distance and Digital Education. In Handbook of Open, Distance and Digital Education. Accessed 10 Mar. 2026. https://doi.org/10.1007/978-981-19-2080-6

Zhai, X., Chu, X., Chai, C. S., Jong, M. S. Y., Istenic, A., Spector, M., Liu, J.-B., Yuan, J., & Li, Y. (2021). A Review of Artificial Intelligence (AI) in Education from 2010 to 2020. Complexity. 2021(1): 1–18. https://doi.org/10.1155/2021/8812542

Zhang, J., & Zhang, Z. (2024). AI in Teacher Education: Unlocking New Dimensions in Teaching Support, Inclusive Learning, and Digital Literacy. Journal of Computer Assisted Learning. 40: 1871–1885. https://doi.org/10.1111/jcal.12988

การจัดการเรียนรู้เชิงสร้างสรรค์ด้านการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร จากแผ่นแป้งตอร์ติญ่าเสริมถั่วแดง

Development of learning activities for enhancing food innovation competencies through red bean-enriched tortilla products

นุจิรา รัศมีไพบูลย์[1] ธนพร รัศมีแพทย์[1] ฉัตรธิดา ประวัติ[1] วิโรษณา เดชณรงค์ณัฐกุล[1] ทศพร ธีรวงศ์กาญจนา[1] และสุวรรณา พิชัยยงค์วงศ์ดี[1*]

Nujira Rasamipaiboon[1], Thanaporn Rusmepate[1], Chatthida Prawat[1], Wirosana Datnarongnattakul[1], Thotsaporn Theerawongkanjana[1] and Suwanna Pichaiyongvongdee[1*]

[1] โรงเรียนการเรือน มหาวิทยาลัยสวนดุสิต กรุงเทพมหานคร

[1]School of Culinary Arts, Suan Dusit University, Bangkok Province

**Corresponding Author E-mail Address suwanna_pic@dusit..ac.th*

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อพัฒนาการเรียนการสอนในรายวิชาที่เกี่ยวข้องกับการระเบียบการวิจัยและพัฒนาด้านอาหารดังนี้ 1) เพื่อคัดเลือกตำรับมาตรฐานของแผ่นแป้งตอร์ติญ่า และ 2) เพื่อทดสอบการยอมรับแผ่นแป้งตอร์ติญ่าเสริมถั่วแดงต่อคุณภาพประสาทสัมผัสของผู้บริโภค ดำเนินการศึกษาค้นคว้าตำรับมาตรฐานของแผ่นแป้งตอร์ติญ่าจำนวน 3 ตำรับ ประเมินคุณภาพอาหารด้วยวิธีทางประสาทสัมผัส (9-point hedonic scale) โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 คน และทดสอบการยอมรับแผ่นแป้งตอร์ติญ่าเสริมถั่วแดง ประเมินคุณภาพอาหารด้วยวิธีทางประสาทสัมผัส ผู้บริโภคจำนวน 30 คน เครื่องมือที่ใช้คือ แบบทดสอบการประเมินคุณภาพอาหารด้วยวิธีทางประสาทสัมผัสใน 6 ด้าน ได้แก่ ลักณะที่ปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และคุณลักษณะโดยรวม สถิติที่ใช้ในงานวิจัยคือ ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิจัยมีดังนี้ แผ่นแป้งตอร์ติญ่าตำรับที่ 3 เป็นตำรับที่ยอมรับมากที่สุดในทุกด้าน มีค่าคะแนนเฉลี่ยด้านคุณลักษณะโดยรวม เท่ากับ 7.80±0.84 รองลงมาคือ ด้านสี และด้านรสชาติ มีค่าคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 7.60±0.55 และ 7.60±0.89 ตามลำดับ และผลการศึกษาการทดสอบการยอมรับแผ่นแป้งตอร์ติญ่าเสริมถั่วแดง พบว่า ตำรับที่ 3 แผ่นแป้งตอร์ติญ่าเสริมถั่วแดงปั่น 50 กรัม ได้รับการยอมรับมากที่สุดในทุกด้าน มีคะแนนประสาทสัมผัสด้านคุณลักษณะโดยรวม เท่ากับ 7.80±0.84 รองลงมาคือ ด้านสี และด้านรสชาติ มีค่าคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 7.60±0.55 และ 7.60±0.89 ตามลำดับ ผลจากการจัดการเรียนการสอนทำให้นักศึกษามีพัฒนาการด้านการเรียนรู้ในรายวิชาการวิจัยและพัฒนาด้านอาหาร โดยสามารถประยุกต์ใช้ความรู้ด้านการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร การออกแบบการทดลอง การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส และการวิเคราะห์ผลทางสถิติได้อย่างเป็นระบบ ส่งผลให้นักศึกษาเกิดทักษะการคิดวิเคราะห์ การทำงานเป็นทีม และสามารถเชื่อมโยงองค์ความรู้ทางทฤษฎีกับการปฏิบัติจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: แผ่นแป้งตอร์ติญ่า ถั่วแดง พัฒนาการเรียนการสอน

Abstract

This research aims to develop teaching in subjects related to research and food development regulations, specifically: 1) to select a standard tortilla wraps recipe, and 2) to evaluate consumer sensory acceptance of tortilla wraps added with red kidney beans. Three traditional recipes were selected and subjected to sensory evaluation using a 9-point hedonic scale by 5 experts and evaluated the acceptance of tortilla wraps added with red kidney beans for consumer acceptance by 30 volunteers. Sensory evaluation focused on six attributes: appearance, color, aroma, taste, texture, and overall acceptability. Structured sensory evaluation forms were used as assessment tools, and the data were analyzed using means and standard deviations. The results indicated that the third recipe for tortilla wraps the highest sensory across all attributes, with an average overall acceptability score of 7.80±0.84. Color and taste followed, with mean scores of 7.60±0.55 and 7.60±0.89, respectively. In the second phase of this research. The third recipe, tortilla wraps added with red kidney beans 50 grams the highest sensory across all attributes, with an average overall acceptability score of 8.00±0.85 appearance and taste followed, with mean scores of 8.00±0.87 and 7.80±0.90, respectively. As a result of the teaching, students have shown improved learning in the Food Research and Development course. They are able to systematically apply knowledge of food product development, experimental design, sensory evaluation, and statistical analysis. This has led to students developing analytical thinking skills, teamwork abilities, and the ability to effectively connect theoretical knowledge with practical application.

Keyword: Tortilla wraps, Red bean, Teaching and learning development

บทนำ

ตอร์ติญ่า (Tortilla) เป็นผลิตภัณฑ์อาหารประเภทแผ่นแป้งรูปวงกลมที่ทำจากแป้งสาลีหรือแป้งข้าวโพด นิยมใช้สำหรับห่อไส้อาหารทั้งคาวและหวาน ซึ่งถือเป็นอาหารหลักของประเทศเม็กซิโกและอเมริกากลาง (Wartenberg, 2023) ปัจจุบันตอร์ติญ่าได้รับความนิยมเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องทั่วโลก เนื่องจากเป็นอาหารที่สะดวกต่อการบริโภค ใช้เวลาในการเตรียมน้อย ขั้นตอนการประกอบอาหารไม่ยุ่งยาก และเหมาะกับวิถีชีวิตในยุคปัจจุบันที่ต้องการความรวดเร็ว อีกทั้งยังสามารถประยุกต์ใช้กับวัตถุดิบได้หลากหลาย รวมถึงเป็นทางเลือกสำหรับผู้บริโภคที่ต้องการควบคุมปริมาณพลังงานและคาร์โบไฮเดรตแทนการบริโภคขนมปังขาว

ถั่วแดง (Red Bean) เป็นพืชตระกูลถั่วที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง ประกอบด้วยคาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน และใยอาหาร ร้อยละ 58.10, 21.97, 0.58 และ 24.90 ตามลำดับ (สุรีย์พร กังสนันท์ และคณะ, 2566) นอกจากนี้ ถั่วแดงยังเป็นแหล่งโปรตีนจากพืชและใยอาหารที่สำคัญ รวมทั้งมีธาตุเหล็กและสารแอนโทไซยานิน ซึ่งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่มีบทบาทในการช่วยลดการอักเสบ ชะลอความเสื่อมของเซลล์ และลดความเสี่ยงของโรคหัวใจและหลอดเลือด (อุษาพร ภูคัสมาศ,

2564) ด้วยคุณสมบัติดังกล่าว ถั่วแดงจึงเป็นวัตถุดิบที่มีศักยภาพในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพและเพิ่มมูลค่าทางโภชนาการให้กับผลิตภัณฑ์อาหารประเภทแป้ง

ในด้านการจัดการเรียนรู้เชิงสร้างสรรค์ งานวิจัยที่ผ่านมาได้สะท้อนให้เห็นถึงความสำคัญของการบูรณาการการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเข้ากับกระบวนการเรียนรู้ อัจรพร บุญรุ่ง และคณะ (2567) ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความพึงพอใจของนักเรียนต่อการสร้างสรรค์สูตรอาหารโดยใช้วัตถุดิบท้องถิ่น ผลพบว่านักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้อยู่ในระดับมากที่สุด แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวช่วยส่งเสริมการเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ นภัสชนันท์พร เหมือนจันทร์ และคณะ (2568) ศึกษานวัตกรรมการจัดการเรียนรู้ทักษะการแปรรูปผลิตภัณฑ์อาหารในท้องถิ่น โดยใช้ชุมชนเป็นฐานสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา พบว่าองค์ความรู้จากงานวิจัยนี้สะท้อนให้เห็นถึงความสำคัญของการบูรณาการภูมิปัญญาท้องถิ่นร่วมกับบริบทของชุมชนในการพัฒนานวัตกรรมการจัดการเรียนรู้ เพื่อเสริมสร้างทักษะและศักยภาพของผู้เรียนให้สามารถประยุกต์ใช้ในการดำรงชีวิตและการประกอบอาชีพได้อย่างยั่งยืน อีกทั้งยังเป็นแนวทางสำคัญในการพัฒนาหลักสูตรที่สอดคล้องกับบริบทของชุมชนและการเปลี่ยนแปลงของสังคมในยุคปัจจุบัน สาวิตรี ฉลูทอง.(2562) ได้ศึกษาการพัฒนากระบวนการทำงานในรายวิชาอาหารไทยสี่ภาคโดยใช้กาจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ผลการวิจัยพบว่า การจัดการเรียนรู้แบบโครงงานในรายวิชาอาหารไทยสี่ภาคมีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด ส่งผลให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและกระบวนการทำงานอยู่ในระดับดี อีกทั้งนักเรียนยังมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้อยู่ในระดับมากที่สุด แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานสามารถพัฒนาทักษะการเรียนรู้และกระบวนการทำงานของผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพเรียนรู้แบบโครงงาน นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ผลการวิจัยพบว่า การจัดการเรียนรู้แบบโครงงานในรายวิชาอาหารไทยสี่ภาคมีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด ส่งผลให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและกระบวนการทำงานอยู่ในระดับดี อีกทั้งนักเรียนยังมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้อยู่ในระดับมากที่สุด แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานสามารถพัฒนาทักษะการเรียนรู้และกระบวนการทำงานของผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

จากแนวคิดและงานวิจัยดังกล่าว ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาการจัดการเรียนรู้เชิงสร้างสรรค์ด้านการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารจากแผ่นแป้งตอร์ติญ่าเสริมถั่วแดง วัตถุประสงค์เพื่อส่งเสริมให้นักศึกษาได้เรียนรู้ผ่านกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารจริงโดยบูรณาการองค์ความรู้ด้านโภชนาการ การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร และการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสเข้าด้วยกัน อันจะนำไปสู่การพัฒนาทักษะการคิดสร้างสรรค์ การคิดวิเคราะห์ และสมรรถนะทางวิชาชีพด้านอาหาร อีกทั้งยังเป็นแนวทางในการเพิ่มมูลค่าให้กับวัตถุดิบทางการเกษตรและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพที่สอดคล้องกับความต้องการของผู้บริโภคในปัจจุบัน

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

การศึกษาคัดเลือกตำรับมาตรฐานของแผ่นแป้งตอร์ติญ่า และการเสริมถั่วแดงในแผ่นแป้งตอร์ติญ่า มีวิธีการดำเนินการดังนี้

1. การคัดเลือกตำรับมาตรฐานของแผ่นแป้งตอร์ติญ่า

1.1 ศึกษา ค้นคว้า และรวบรวมจาก 3 ตำรับ คือ 1) ตำรับของเชฟวิน วีแกน โลกา (2564) ส่วนผสมประกอบด้วย แป้งขนมปัง น้ำ น้ำมันรำข้าว ผงฟู และเกลือ ใช้ในปริมาณ 360, 220, 60, 5 และ 5 กรัม ตามลำดับ 2) ตำรับของอิ่มหมี (2566) ส่วนผสมประกอบด้วย แป้งสาลีอเนกประสงค์ เกลือ น้ำมันรำข้าว และน้ำ ใช้ในปริมาณ 375, 5, 60 และ 180 กรัม

ตามลำดับ และ 3) ตำรับของวรรณดาลักษณ์ เสตสุวรรณ (2559) ส่วนผสมประกอบด้วยแป้งสาลีอเนกประสงค์ ผงฟู เกลือ น้ำ และน้ำมันรำข้าว ใช้ในปริมาณ 250, 5, 5, 150 และ 75 กรัม ตามลำดับ

1.2 ขั้นตอนการทำแผ่นแป้งตอร์ติญ่า เตรียมส่วนผสมแต่ละตำรับผสมให้เข้ากัน ใส่น้ำมันผสมให้เข้ากับแป้ง แล้วค่อยๆ ใส่น้ำร้อนในส่วนผสมแป้งทีละนิด นวดจนแป้งมีเนื้อเนียน พักแป้ง 1 ชั่วโมง แบ่งเป็นก้อนละ 60 กรัม นำแป้งมารีดให้เป็นรูปทรงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 นิ้ว นำไปย่างบนกระทะด้านละ 2 นาที

2. การศึกษาการเสริมถั่วแดงในแผ่นแป้งตอร์ติญ่า

2.1 นำแผ่นแป้งตอร์ติญ่าตำรับมาตรฐานที่ได้รับการคัดเลือก โดยใช้ค่าเฉลี่ยที่ได้รับการประเมินมากที่สุด มาพัฒนาแผ่นแป้งตอร์ติญ่าเสริมถั่วแดง โดยใช้ถั่วแดงต้มบดละเอียดในปริมาณ 3 ระดับ คือ ตำรับที่ 1 ใช้ถั่วแดง 30 กรัม ตำรับที่ 2 ใช้ถั่วแดง 40 กรัม และตำรับที่ 3 ใช้ถั่วแดง 50 กรัม

2.2 ขั้นตอนการทำแผ่นแป้งตอร์ติญ่าเสริมถั่วแดง นำถั่วแดงแช่น้ำ 12 ชั่วโมง แล้วนำมาต้มในน้ำเดือดนาน 4 ชั่วโมง บดถั่วแดงสุกให้ละเอียดโดยเครื่องบดไฟฟ้า เตรียมส่วนผสมและนำมาผสมให้เข้ากัน ใส่น้ำมันผสมให้เข้ากับแป้ง นำถั่วแดงสุกบดละเอียดมาเสริมแต่ละตำรับเท่ากับ 30, 40 และ 50 กรัม มาผสมให้เข้ากัน แล้วค่อยๆ ใส่น้ำร้อนในส่วนผสมแป้งทีละนิด นวดจนแป้งมีเนื้อเนียน พักแป้ง 1 ชั่วโมง แบ่งเป็นก้อนละ 60 กรัม นำแป้งมารีดให้เป็นรูปทรงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 นิ้ว นำไปย่างบนกระทะด้านละ 2 นาที

3. การประเมินคุณภาพอาหาร

การศึกษาผลของการเสริมถั่วแดงในแผ่นแป้งตอร์ติญ่า โดยวิธีทางประสาทสัมผัส (9-Point Hedonic Scale)

3.1 คัดเลือกตำรับมาตรฐานของแผ่นแป้งตอร์ติญ่า จาก 3 ตำรับ เครื่องมือที่ใช้คือ แบบประเมินคุณภาพอาหารด้วยวิธีทางประสาทสัมผัสในด้านลักษณะที่ปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และคุณลักษณะโดยรวม ประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 คน

3.2 ศึกษาการเสริมถั่วแดงในแผ่นแป้งตอร์ติญ่า เครื่องมือที่ใช้คือ แบบประเมินคุณภาพอาหารด้วยวิธีทางประสาทสัมผัสในด้านลักษณะ ที่ปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และคุณลักษณะโดยรวม ประเมินโดยผู้บริโภค จำนวน 30 คน

3.3 กำหนดเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้ 9 หมายถึง ชอบมากที่สุด 8 หมายถึง ชอบมาก 7 หมายถึง ชอบปานกลาง 6 หมายถึง ชอบเล็กน้อย 5 หมายถึง เฉย ๆ 4 หมายถึง ไม่ชอบเล็กน้อย 3 หมายถึง ไม่ชอบปานกลาง 2 หมายถึ ง ไม่ชอบมาก และ 1 หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด

3.4 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลคือ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการศึกษา

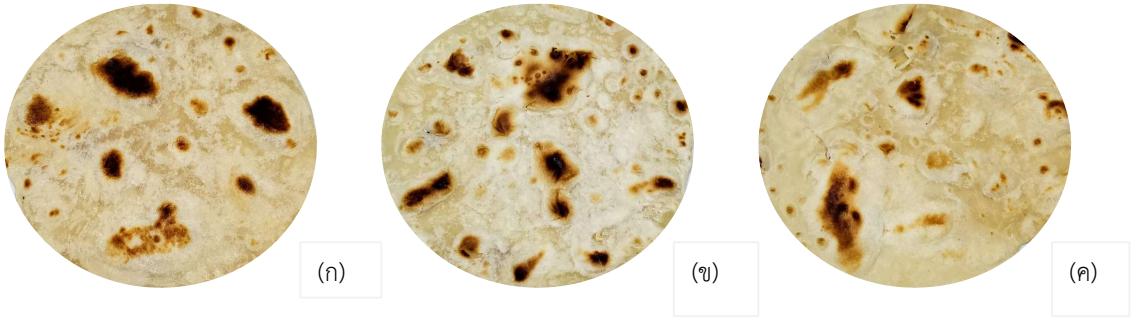
1. การคัดเลือกตำรับมาตรฐานของแผ่นแป้งตอร์ติญ่า

1.1 ลักษณะของแผ่นแป้งตอร์ติญ่า ดำเนินการศึกษา ค้นคว้า นำตำรับของแผ่นแป้งตอร์ติญ่ามาทดลองทั้ง 3 ตำรับ ดังนี้ ตำรับที่ 1 ของเชฟวิน วีแกน โลกา (2564) ตำรับที่ 2 ของอิ่มหมี (2566) และตำรับที่ 3 วรรณดาลักษณ์ เสตสุวรรณ (2559) ได้ผลการศึกษา ดังนี้ (รูปที่ 1)

ตำรับที่ 1 แผ่นแป้งมีความเงามันวาวเล็กน้อย มีสีขาวออกครีม รสชาติเค็มเล็กน้อย เนื้อสัมผัสแป้งมีความยืดหยุ่นและเหนียวเล็กน้อย

ตำรับที่ 2 แผ่นแป้งมีลักษณะด้านไม่มีความเงามัน มีสีขาวออกครีมอ่อน รสชาติเค็มเล็กน้อย เนื้อสัมผัสแป้งค่อนข้างแข็งกระด้างกว่าทุกตำรับ

ตำรับที่ 3 แผ่นแป้งมีความเงามันมากกว่าทุกตำรับ มีสีขาวออกครีมเข้มเล็กน้อย มีรสชาติเค็มเล็กน้อย เนื้อสัมผัสแป้งมีความยืดหยุ่นและเหนียวนุ่มมากกว่าทุกตำรับ



รูปที่ 1 ลักษณะของแผ่นแป้งตอร์ติญ่า (ก) ตำรับที่ 1 (ข) ตำรับที่ 2 และ (ค) ตำรับที่ 3

1.2 การประเมินประสาทสัมผัสของแผ่นแป้งตอร์ติญ่า ใช้วิธีการประเมินคุณภาพอาหารด้วยวิธีทางประสาท สัมผัส 6 ด้าน คือ ลักษณะที่ปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และคุณลักษณะโดยรวม ได้ผลการศึกษา ดังนี้ (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยคะแนนการประเมินคุณภาพอาหารด้วยวิธีทางประสาทสัมผัสของแผ่นแป้งตอร์ติญ่า

รายการประเมินคุณภาพ	ตำรับที่ 1 ค่าเฉลี่ย±SD	ตำรับที่ 2 ค่าเฉลี่ย±SD	ตำรับที่ 3 ค่าเฉลี่ย±SD
ลักษณะที่ปรากฏ	6.80±0.45	6.80±0.84	7.20±0.84
สี	6.60±0.89	6.80±0.84	7.60±0.55
กลิ่น	6.40±0.89	7.00±0.71	7.20±0.84
รสชาติ	6.80±0.84	6.40±0.55	7.60±0.89
เนื้อสัมผัส	6.60±0.89	5.80±0.45	7.40±0.55
คุณลักษณะโดยรวม	6.60±0.89	6.80±0.84	7.80±0.84

ค่าเฉลี่ยคะแนนการประเมินคุณภาพอาหารด้วยวิธีทางประสาทสัมผัสของแผ่นแป้งตอร์ติญ่า พบว่า ตำรับที่ 3 มีค่าเฉลี่ยคะแนนประเมินประสาทสัมผัสมากที่สุดในด้านลักษณะที่ปรากฏ สี รสชาติ เนื้อสัมผัส และคุณลักษณะโดยรวม เมื่อพิจารณารายละเอียดด้านลักษณะที่ปรากฏ ตำรับที่ 3 มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด (7.20±0.84) รองลงมาคือ ตำรับที่ 1 (6.80±0.45) และตำรับที่ 2 มีค่าคะแนนเฉลี่ยน้อยที่สุด (6.80±0.84) ด้านสี ตำรับที่ 3 มีค่าคะแนนเฉลี่ยมากที่สุด (7.60±0.55) รองลงมาคือ ตำรับที่ 2 (6.80±0.84) และตำรับที่ 1 มีค่าคะแนนเฉลี่ยน้อยที่สุด (6.60±0.89) ด้านกลิ่น ตำรับที่ 3 มีค่าคะแนนเฉลี่ยมากที่สุด (7.20±0.84) รองลงมาคือ ตำรับที่ 2 (7.00±0.71) และตำรับที่ 1 มีค่าคะแนนเฉลี่ยน้อยที่สุด (6.40±0.89) ด้านรสชาติ ตำรับที่ 3 มีคะแนนเฉลี่ยมากที่สุด (7.60±0.89) รองลงมาคือ ตำรับที่ 1 (6.80±0.84) และตำรับที่ 2 มีค่าคะแนนเฉลี่ยน้อยสุด (6.40±0.55) ด้านเนื้อสัมผัส ตำรับที่ 3 มีค่าคะแนนเฉลี่ยมากที่สุด (7.40±0.55) รองลงมาคือ ตำรับที่ 1 (6.60±0.89) และตำรับที่ 2 มีค่าคะแนนเฉลี่ยน้อยสุด (5.80±0.45) และด้านคุณลักษณะโดยรวม ตำรับที่ 3 มีค่าคะแนนเฉลี่ยมากที่สุด

(7.80±0.84) รองลงมาคือ ตำรับที่ 2 (6.80±0.84) และตำรับที่ 1 มีค่าคะแนนเฉลี่ยน้อยสุด (6.60±0.89) (ตารางที่ 1) ดังนั้น ตำรับที่ 3 ได้รับการคัดเลือกเป็นแผ่นแป้งตอร์ติญ่าตำรับมาตรฐานจากการประเมินคุณภาพอาหาร

2. การเสริมถั่วแดงในแผ่นแป้งตอร์ติญ่า

2.1 ลักษณะของแผ่นแป้งตอร์ติญ่าเสริมถั่วแดง จากการคัดเลือกตำรับที่ 3 เป็นตำรับมาตรฐาน นำถั่วแดงสุกบดละเอียดมาเสริมแต่ละตำรับเท่ากับ 30, 40 และ 50 กรัม ได้ผลการศึกษา มีดังนี้ (รูปที่ 2)

ตำรับที่ 1 เสริมถั่วแดง 30 กรัม แผ่นแป้งมีความเงามันเล็กน้อย มีสีครีมออกชมพูเล็กน้อย รสชาติเค็มเล็กน้อย เนื้อสัมผัสแป้งมีความยืดหยุ่นและเหนียวนุ่มเล็กน้อย

ตำรับที่ 2 เสริมถั่วแดง 40 กรัม แผ่นแป้งมีความเงามันปานกลาง มีสีครีมออกชมพูเข้มกว่าตำรับที่ 1 รสชาติเค็มเล็กน้อย เนื้อสัมผัสแป้งมีความยืดหยุ่นและเหนียวนุ่มปานกาง

ตำรับที่ 3 เสริมถั่วแดง 50 กรัม แผ่นแป้งมีความเงามันน้อยกว่าทุกตำรับ มีสีครีมออกชมพูเข้มมากกว่าทุกตำรับ มีรสชาติเค็มเล็กน้อย เนื้อสัมผัสแป้งมีความยืดหยุ่นและเหนียวมากกว่าทุกตำรับ



รูปที่ 2 ลักษณะของแผ่นแป้งตอร์ติญ่าเสริมถั่วแดง (ก) ตำรับที่ 1 (ข) ตำรับที่ 2 และ (ค) ตำรับที่ 3

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยคะแนนการประเมินคุณภาพอาหารด้วยวิธีทางประสาทสัมผัสของแผ่นแป้งตอร์ติญ่าเสริมถั่วแดง

รายการประเมินคุณภาพ	ตำรับที่ 1 ค่าเฉลี่ย±SD	ตำรับที่ 2 ค่าเฉลี่ย±SD	ตำรับที่ 3 ค่าเฉลี่ย±SD
ลักษณะที่ปรากฏ	7.60±0.96	7.60±0.96	8.00±0.87
สี	7.60±0.94	7.70±0.79	7.80±0.71
กลิ่น	7.20±0.89	7.30±0.88	7.70±0.95
รสชาติ	6.90±0.96	6.90±0.88	7.80±0.90
เนื้อสัมผัส	6.90±0.96	6.80±0.83	7.70±0.94
คุณลักษณะโดยรวม	7.50±0.97	7.10±0.96	8.00±0.85

ค่าเฉลี่ยคะแนนการประเมินคุณภาพอาหารด้วยวิธีทางประสาทสัมผัสของแผ่นแป้งตอร์ติญ่าเสริมถั่วแดง พบว่า ตำรับที่ 3 มีค่าเฉลี่ยคะแนนประเมินประสาทสัมผัสมากที่สุดทุกด้าน เมื่อพิจารณารายละเอียดด้านลักษณะที่ปรากฏ ตำรับที่ 3 มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด (8.00±0.87) รองลงมาคือ ตำรับที่ 1 และตำรับที่ 2 มีค่าคะแนนเฉลี่ยเท่ากัน (7.60±0.96) ด้านสี ตำรับที่ 3

มีค่าคะแนนเฉลี่ยมากที่สุด (7.80±0.71) รองลงมาคือ ตำรับที่ 2 (7.70±0.79) และตำรับที่ 1 มีค่าคะแนนเฉลี่ยน้อยที่สุด (7.60±0.94) ด้านกลิ่น ตำรับที่ 3 มีค่าคะแนนเฉลี่ยมากที่สุด (7.70±0.95) รองลงมาคือ ตำรับที่ 2 (7.30±0.88) และตำรับที่ 1 มีค่าคะแนนเฉลี่ยน้อยที่สุด (7.20±0.89) ด้านรสชาติ ตำรับที่ 3 มีคะแนนเฉลี่ยมากที่สุด (7.80±0.90) รองลงมาคือ ตำรับที่ 2 (6.90±0.88) และตำรับที่ 1 มีค่าคะแนนเฉลี่ยน้อยสุด (6.90±0.96) ด้านเนื้อสัมผัส ตำรับที่ 3 มีค่าคะแนนเฉลี่ยมากที่สุด (7.70±0.94) รองลงมาคือ ตำรับที่ 1 (6.90±0.96) และตำรับที่ 2 มีค่าคะแนนเฉลี่ยน้อยสุด (6.80±0.83) และด้านคุณลักษณะโดยรวม ตำรับที่ 3 มีค่าคะแนนเฉลี่ยมากที่สุด (8.00±0.85) รองลงมาคือ ตำรับที่ 1 (7.50±0.97) และตำรับที่ 2 มีค่าคะแนนเฉลี่ยน้อยสุด (7.10±0.96) (ตารางที่ 2) ดังนั้นตำรับที่ 3 การเสริมถั่วแดง 50 กรัมในแผ่นแป้งตอร์ติญ่า ได้รับการประเมินคุณภาพอาหารประสาทสัมผัสมากที่สุด

การอภิปรายผล

1. ผลการคัดเลือกตำรับมาตรฐานของแผ่นแป้งตอร์ติญ่า ผลการประเมินคุณภาพอาหารด้วยวิธีทางประสาทสัมผัสตำรับที่ 3 ได้รับการประเมินประสาทสัมผัสมากที่สุดทุกด้าน ซึ่งการประเมินในด้านเนื้อสัมผัสสอดคล้องกับคุณลักษณะของแผ่นแป้งที่ต้องมีความยืดหยุ่นและมีความเหนียวนุ่ม เพราะแผ่นแป้งต้องนำไปม้วนห่อไส้ เมื่อพิจารณาจากส่วนผสมพบว่าในสูตรที่ 3 ใช้น้ำมันในส่วนผสมประมาณร้อยละ 15 ขณะที่ตำรับที่ 1 และ 2 ใช้น้ำมันในส่วนผสมประมาณร้อยละ 10 จากส่วนผสมของน้ำมันส่งผลให้คุณลักษณะของแผ่นแป้งได้

2. การเสริมถั่วแดงในแผ่นแป้งตอร์ติญ่า ใช้ถั่วแดงต้มสุกบดละเอียดในปริมาณ 30, 40, 50 กรัม ผลการประเมินคุณภาพอาหารด้วยวิธีทางประสาทสัมผัส สูตรที่ 3 เสริมถั่วแดง 50 กรัม ได้รับการประเมินประสาทสัมผัสมากที่สุดทุกด้าน ซึ่งการประเมินในด้านสี กลิ่น รสชาติ และเนื้อสัมผัสที่เด่นชัด ได้คุณลักษณะถั่วแดงมากว่าตำรับที่ 1 เสริมถั่วแดง 30 กรัม และสูตรที่ 2 เสริมถั่วแดง 40 กรัม กล่าวคือมีสีครีมออกชมพูเข้ม ได้กลิ่นและรสชาติของถั่วแดงชัดเจนกว่าตำรับที่ 1 และ 2 ส่วนเนื้อสัมผัสแผ่นแป้งมีความเหนียวนุ่มมากเพราะในถั่วแดงมีปริมาณเส้นใยอาหารร้อยละ 24.90 (สุรีย์พร กังสนันท์ และคณะ, 2566) ปริมาณเส้นใยอาหารส่งผลต่อความยืดหยุ่นของแป้ง สอดคล้องกับการพัฒนาผลิตภัณฑ์แป้งเกี๊ยวและเส้นราเม็งไร้กลูเตนจากแป้งถั่วแดงท้องถิ่น เมื่อเสริมถั่วแดงแล้วเพิ่มความเหนียว ยืดหยุ่น และความแข็งแรง ให้กับผลิตภัณฑ์แป้งเกี๊ยวและเส้นราเม็ง (ปวาลี ชมภูรัตน์, มปป.)

บทสรุป

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาการเรียนการสอนในรายวิชาที่เกี่ยวข้องกับการระเบียบการวิจัยและพัฒนาทางด้านอาหารดังนี้ เพื่อพัฒนาการเรียนการสอนในรายวิชาที่เกี่ยวข้องกับการระเบียบการวิจัยและพัฒนาด้านอาหารดังนี้ 1) เพื่อคัดเลือกตำรับมาตรฐานของแผ่นแป้งตอร์ติญ่า และ 2) เพื่อทดสอบการยอมรับแผ่นแป้งตอร์ติญ่าเสริมถั่วแดงต่อคุณภาพประสาทสัมผัสของผู้บริโภค การคัดเลือกตำรับมาตรฐานของแผ่นแป้งตอร์ติญ่า สรุปได้ว่า สูตรที่ 3 เป็นตำรับที่ยอมรับมากที่สุดในทุกด้าน มีค่าคะแนนเฉลี่ยลักณะที่ปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และคุณลักษณะโดยรวเท่ากับ 7.20±0.84, 7.60±0.55, 7.20±0.84, 7.80±0.90, 7.40±0.55 และ 7.80±0.84 ตามลำดับ และทดสอบการยอมรับแผ่นแป้งตอร์ติญ่าเสริมถั่วแดงต่อคุณภาพประสาทสัมผัสของผู้บริโภค สรุปได้ว่า สูตรที่ 3 การเสริมถั่วแดง 50 กรัม เป็นตำรับที่ยอมรับมากที่สุดในทุกด้าน มีค่าคะแนนเฉลี่ยลักณะที่ปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และคุณลักษณะโดยรวเท่ากับ 8.00±0.87, 7.80±0.71,

7.70±0.95, 7.80±0.90, 7.70±0.94 และ 8.00±0.85 ตามลำดับ จากการศึกษาชี้ให้เห็นว่าการใช้ถั่วแดง ซึ่งเป็นพืชโปรตีนเสริมหรือทดแทนอาหารที่ใช้แป้งเป็นส่วนผสมจะช่วยให้ผู้บริโภคได้รับโปรตีนเพิ่มขึ้น ซึ่งปัจจุบันนิยมมาบริโภคโปรตีนจากพืชเพิ่มขึ้นเนื่องจากร่างกายที่ย่อยง่าย ไขมันต่ำ ไม่มีคอเลสเตอรอล มีเส้นใยอาหารช่วยให้อิ่มนาน ลดความเสี่ยงโรคหัวใจและเบาหวาน ช่วยซ่อมแซมร่างกาย และมีสารต้านอนุมูลอิสระ

เอกสารอ้างอิง

เชฟวิน วีแกน โลกา (2564). *เทคนิคทำ แผ่นแป้งตอติญ่า แป้งเคบับ แป้งเบอริโต้ กินแทนข้าวได้ | Vegan Startup By Chef Win*. ค้นเมื่อ 30 เมษายน 2568. https://youtu.be/aZWEn1FMJ-0?si=3MQlLs7k2182oWBg

นภัสชนันท์พร เหมือนจันทร์, กีรติญา สอนเนย และ จิราพัทธ์ แก้วศรีทอง. (2568). นวัตกรรมการจัดการเรียนรู้ทักษะการแปรรูปผลิตภัณฑ์อาหารในท้องถิ่นโดยใช้ชุมชนเป็นฐานสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา. วารสารนวัตกรรมการศึกษาและการวิจัย. 9(4): 2166–2186.

ปวาลี ชมภูรัตน์. (มปป.). *ผลิตภัณฑ์แป้งเกี๊ยวและเส้นราเม็งไร้กลูเตนจากแป้งถั่วแดงท้องถิ่น.* ค้นเมื่อ 10 พฤษภาคม 2569. https://www.arda.or.th/api/component-file/image/6128/o

วรรณดาลักษณ์ เสตสุวรรณ. (2559). ตอร์ติญ่าชีส 5 ชนิด (5 CHEESE TORTILLAS). ค้นเมื่อ 25 เมษายน 2568. https://www.thairath.co.th/lifestyle/food/recipefood/598356

สาวิตรี ฉลูทอง. (2562). การพัฒนากระบวนการทำงานในรายวิชาอาหารไทยสี่ภาคโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบโครงงานนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6. วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาหลักสูตรและการเรียนการสอน. มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.

สุรีย์พร กังสนันท์, รุจจิรา ดาเอี่ยม, ลักขณา ศรีรุ่งเรือง และสุภาพร ศรีรุ่งเรือง. (2566). การพัฒนาผลิตภัณฑ์นมถั่วแดงโปรตีนสูง. วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา. 20(2): 92-101.

อัจรพร บุญรุ่ง, ธนาธิป คล้ายเถาว์, อับดุลฮาฟิซ ปูเต๊ะ, พล เหลืองรังสี และ เชษฎา ดำเกลี้ยง. (2567). การพัฒนาผลสัมฤทธิทางการเรียนรายวิชาอาหารเพื่อธุรกิจ เรื่อง การสร้างสรรค์สูตรอาหารโดยใช้วัตถุดิบท้องถิ่น นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. ใน การประชุมหาดใหญ่วิชาการระดับชาติและนานาชาติ ครั้งที่ 15. 971–983.

อิ่มหมี. (2566). แผ่นแป้งตอร์ติญ่าใช้วัตถุดิบแค่ 4 อย่าง บอกเทคนิคแป้งนุ่ม Lard tortillas use only 4 ingredients. ค้นเมื่อ 30 เมษายน 2568. https://youtu.be/wibxDQDvL8c?si=gZJDCWeVQ6-R8GfS

อุษาพร ภูคัสมาศ. (2564). ถั่วแดงโปรตีนจากพืช. ค้นเมื่อ 30 เมษายน 2569. https://hectortarr.arda.or.th/api/uploaded_file/SAuLwrN3kePPWyHXvkVuJ

Wartenberg L. (2023). What's the Difference Between Corn and Flour Tortillas?. Accessed 1 May. 2026. https://www.healthline.com/nutrition/corn-vs-flour-tortilla

พื้นที่เรียนรู้นวัตกร: หลักสูตรระยะสั้นบูรณาการเรียนรู้เชิงรุกและทุนทางจิตวิทยาเพื่อส่งเสริมทักษะนวัตกรรมระดับประถมศึกษา

Innovators' learning space: A short-course curriculum integrating active learning and psychological capital to enhance innovation skills in primary school students

อัษฎา พลอยโสภณ[1*] ภิชา ใบโพธิ์[1] ณัฐธยาน์ เสี้ยวภูเขียว[1] และนิธิศ เย็นอุรา[1]
Asada Ploysopon[1*], Picha Baipho[1], Nuttaya Siaophukhiao[1], and Nithit Yenaura[1]

[1]คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต*
[1]Faculty of Education, Suan Dusit University*
[*]Corresponding Author E-mail Address : Asada_Plo@dusit.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ (1) เพื่อเปรียบเทียบทักษะนวัตกรรม (Innovation Skills) ของนักเรียนระดับประถมศึกษาก่อนและหลังการเข้าร่วมกิจกรรมตามหลักสูตรระยะสั้นฯ (2) เพื่อศึกษาความพึงพอใจของผู้ปกครอง ที่มีต่อพัฒนาการของผู้เรียนภายหลังการเข้าร่วมหลักสูตรระยะสั้นฯ ระเบียบวิธีวิจัยแบบผสมผสาน (Mixed Methods Research) กลุ่มเป้าหมายประกอบด้วย เชิงประมาณ ได้แก่ นักเรียนประถมศึกษาที่เข้าร่วมหลักสูตรระยะสั้นฯ ภาคฤดูร้อน จำนวน 40 คน และกลุ่มผู้ปกครอง จำนวน 20 คน เชิงคุณภาพ ได้แก่ ผู้ให้ข้อมูลสำคัญ (Key Informants) ครูประจำชั้น จำนวน 6 คน ในการสังเกตพฤติกรรมเชิงลึกระหว่างการปฏิบัติกิจกรรม เครื่องมือวิจัย ได้แก่ หลักสูตรระยะสั้นฯ แบบประเมินทักษะนวัตกรรม 4 ด้าน และแบบสอบถามความพึงพอใจ วิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณด้วยการหาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบค่าที (t-test) ควบคู่กับการวิเคราะห์เนื้อหาเชิงคุณภาพ

ผลการวิจัยพบว่า 1) ผู้เรียนมีคะแนนพัฒนาการด้านทักษะนวัตกรรมทั้ง 4 ด้าน ได้แก่ ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ การแก้ปัญหา การลงมือสร้างต้นแบบ และการสื่อสาร สูงขึ้นหลังเข้าร่วมกิจกรรมของหลักสูตรระยะสั้นฯ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .001 การบูรณาการกระบวนการคิดเชิงออกแบบเข้ากับการเรียนรู้เชิงรุก ช่วยปรับกรอบความคิดเดิมของผู้เรียน ทำให้เกิดอิสระทางความคิด นำไปสู่การสร้างสรรค์ผลงานเชิงนวัตกรรมที่ปรับเปลี่ยนตามสถานการณ์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ 2) ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ปกครองที่มีต่อพัฒนาการของผู้เรียนภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด เท่ากับ ค่าเฉลี่ย 4.95 โดยสะท้อนเชิงประจักษ์ว่าผู้เรียนมีความสุข ร่าเริง กล้าแสดงออก และมีวินัยในการช่วยเหลือตนเองมากขึ้น ข้อค้นพบนี้ยืนยันว่าการออกแบบหลักสูตรที่เชื่อมโยงกระบวนการคิดเชิงนวัตกรรมเข้ากับการสร้างภูมิคุ้มกันทางจิตใจ สามารถบ่มเพาะศักยภาพผู้เรียนให้เติบโตอย่างสมดุล ทั้งมิติวิชาการและทักษะชีวิตแบบองค์รวม

คำสำคัญ: ทักษะการสร้างสรรค์นวัตกรรม สูตรระยะสั้น เรียนรู้เชิงรุก ทุนทางจิตวิทยาสำหรับ ประถมศึกษา

Abstract

The objectives of this research were: (1) to compare the innovation skills of primary school students before and after participating in a short-course program; and (2) to examine parental satisfaction regarding student development. This study employed Mixed Methods Research design. The quantitative target group, selected through purposive sampling, consisted of 40 primary school students participating in a summer program and 20 parents. The qualitative informants comprised 6 teachers who conducted in-depth behavioral observations. The research instruments included the short-course curriculum, an innovation skills assessment, and a satisfaction questionnaire. Data was analyzed using mean, standard deviation, t-test, and content analysis.

The findings revealed that: 1) Students demonstrated significantly higher scores across all domains of innovation skills after participating in the program at a statistical significance level of .001 (Pre-test M = 10.30, S.D. = 2.60; Post-test M = 14.63, S.D. = 1.73). The integration of Active Learning effectively shifted mindsets, fostering intellectual autonomy and leading to the creation of innovative works. 2) The overall parental satisfaction was at the highest level (M = 4.95, S.D. = 0.19), reflecting that students exhibited greater happiness, assertiveness, and self-discipline. These findings confirm that integrating innovative thinking processes with psychological resilience can holistically cultivate student potential.

Keywords: Innovation skills, Short-course curriculum, Active learning, Psychological capital, Primary school

บทนำ

ระบบการศึกษาในยุคปัจจุบันไม่อาจมุ่งเน้นเพียงความเป็นเลิศทางวิชาการ (Academic Skills) ได้อีกต่อไป แต่จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องสร้างกระบวนการคิดขั้นสูง เพื่อให้เยาวชน โดยเฉพาะผู้เรียนประถมศึกษา สามารถปรับตัวและดำรงชีวิตได้อย่างมีคุณภาพ อย่างไรก็ตาม การจัดการเรียนการสอนในระบบโรงเรียนปกติมักเผชิญข้อจำกัดด้านเวลาและโครงสร้างหลักสูตรที่เน้นเนื้อหา สิ่งเหล่านี้ส่งผลให้รูปแบบกิจกรรมไม่เอื้อต่อการลงมือปฏิบัติอย่างเต็มที่ ทำให้การพัฒนาทักษะปฏิบัติและความคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียนยังไม่ได้รับการเติมเต็มจนถึงขีดสุดของศักยภาพ ทว่าลำพังเพียงกิจกรรมทางกายภาพอาจไม่เพียงพอต่อการสร้างนวัตกร จึงได้มีการบูรณาการแนวคิดทุนทางจิตวิทยา (Psychological Capital หรือ HERO Model) เข้ามาในกระบวนการเรียนรู้ แนวคิดนี้ประกอบด้วย ความหวัง (Hope) ความเชื่อมั่นในตนเอง (Self-Efficacy) ความยืดหยุ่นทางใจ (Resilience) และการมองโลกในแง่ดี (Optimism) การบูรณาการดังกล่าวทำหน้าที่เสมือนเกราะป้องกันทางจิตใจ ช่วยให้ผู้เรียนไม่ย่อท้อต่อความล้มเหลว ซึ่งเป็นรากฐานสำคัญในการส่งเสริมทักษะการสร้างสรรค์นวัตกรรมอย่างแท้จริง

จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่า ทุนทางจิตวิทยามีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งต่อสุขภาวะทางจิตและความสำเร็จในการเรียนรู้ Laxman (2025) ระบุว่าความหวังและความเชื่อมั่นในตนเองเป็นปัจจัยพยากรณ์สำคัญต่อความผูกพันทางการเรียนและสุขภาวะทางจิตที่ดี สอดคล้องกับ Ma และ Ooi (2025) ที่พบว่าทุนทางจิตวิทยาเป็นตัวแปรส่งผ่านที่มีอิทธิพลเชิงบวกต่อผลสัมฤทธิ์ทางการศึกษาของนักเรียนประถมศึกษา นอกจากนี้ การจัดโปรแกรมฝึกอบรมทักษะชีวิตและกิจกรรมกลุ่มพลวัตยังช่วยพัฒนาทุนทาง

จิตวิทยาเชิงบวกได้อย่างมีนัยสำคัญ (Kaur & Singh, 2023; Wanyawa et al., 2023) ในด้านการสร้างสรรค์นวัตกรรม He (2024) ยืนยันว่าทุนทางจิตวิทยาเป็นกลไกส่งเสริมการทำงานของความคิดสร้างสรรค์ (Creative Functioning) ความคิดแบบอเนกนัย (Divergent Thinking) และการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์

ขณะเดียวกัน การนำการเรียนรู้เชิงรุกมาใช้ยังช่วยพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และยกระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนระดับประถมศึกษาได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Chenchiaochan et al., 2024) แม้จะมีงานวิจัยสนับสนุนประโยชน์ของการจัดการเรียนรู้เชิงรุกและการเสริมสร้างทุนทางจิตวิทยา แต่ช่องว่างของงานวิจัย (research gap) พบว่า งานวิจัยส่วนใหญ่มักศึกษาแยกส่วนกัน หรือมุ่งเน้นกลุ่มผู้เรียนระดับมัธยมศึกษาและอุดมศึกษาเป็นหลัก (Kaur & Singh, 2023; Laxman, 2025; He, 2024) งานวิจัยที่บูรณาการการปฏิบัติจริงเข้ากับการเสริมสร้างความเข้มแข็งทางจิตใจในรูปแบบหลักสูตรระยะสั้น เพื่อพัฒนาทักษะนวัตกรรม (Innovation Skills) และความคิดสร้างสรรค์อย่างเจาะจงในกลุ่มผู้เรียนประถมศึกษายังมีอยู่อย่างจำกัด จึงนำมาสู่ความจำเป็นในการศึกษาผลของการบูรณาการดังกล่าว เพื่อใช้เป็นเกราะป้องกันทางจิตใจให้ผู้เรียนไม่ย่อท้อเมื่อเผชิญความล้มเหลว การศึกษานี้จะช่วยเติมเต็มองค์ความรู้ด้านการส่งเสริมทักษะนวัตกรรมในเยาวชนรุ่นเยาว์ที่ยังขาดหายไปในบริบทการศึกษาปัจจุบันได้อย่างสมบูรณ์

ด้วยเหตุผลและข้อค้นพบดังกล่าว ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาผลของการใช้หลักสูตรระยะสั้นบูรณาการเรียนรู้เชิงรุกและทุนทางจิตวิทยาเพื่อส่งเสริมทักษะนวัตกรรมระดับประถมศึกษา ว่าจะสามารถส่งเสริมทักษนวัตกรรมของผู้เรียนในช่วงชั้นประถมศึกษาได้อย่างมีประสิทธิภาพเพียงใด การศึกษานี้ไม่เพียงช่วยยกระดับศักยภาพของผู้เรียนระดับประถมศึกษา ยังเป็นแนวทางในการนำจุดแข็งขององค์กรมาสร้างนวัตกรรมการเรียนรู้รูปแบบใหม่ โดยมีวัตถุประสงค์การวิจัยดังนี้ เพื่อเปรียบเทียบทักษะการสร้างสรรค์นวัตกรรม (Innovation Skills) ของนักเรียนระดับประถมศึกษา ก่อนและหลังการเข้าร่วมกิจกรรมตามหลักสูตรระยะสั้นฯ เพื่อศึกษาความพึงพอใจของผู้ปกครอง ที่มีต่อพัฒนาการของผู้เรียนภายหลังการเข้าร่วมหลักสูตรระยะสั้นฯ

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

1. เครื่องมือวิจัย

1.1 หลักสูตรระยะสั้น แผนการสอนที่บูรณาการทักษะชีวิต วิชาการ การเรียนรู้เชิงรุก (Active Learning) และการเสริมสร้างทุนทางจิตวิทยา (HERO Model) สำหรับระดับประถมศึกษา

1.2 แบบประเมินทักษะนวัตกรรม (Innovation Skills Assessment) ใช้ประเมินนักเรียนชั้นประถมศึกษา โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนแบบ Rubric Score ครอบคลุม 4 ด้าน คือ ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ (Creative Ideation) การแก้ปัญหา (Problem Solving) การลงมือทำ/สร้างต้นแบบ (Prototyping) และการสื่อสาร (Communication)

1.3 แบบสอบถามความพึงพอใจ สำหรับผู้ปกครองเพื่อประเมินพัฒนาการของผู้เรียนภายหลังการเข้าร่วมหลักสูตรระยะสั้นฯ

2. วิธีการวิจัย (Methodology) การวิจัยครั้งนี้ใช้ระเบียบวิธีวิจัยแบบผสมผสาน (Mixed Methods Research) โดยผู้วิจัยได้เลือกใช้แบบแผนการวิจัยแบบเก็บข้อมูลเชิงปริมาณก่อนเพื่อดูภาพรวม แล้วตามด้วยเชิงคุณภาพเพื่อเจาะลึก *(Explanatory Sequential Design)* ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนหลักดังต่อไปนี้

2.1 กลุ่มเป้าหมาย

ระยะที่ 1 (เชิงปริมาณ) ได้แก่ ระดับชั้นประถมศึกษา (อายุระหว่าง 7-11 ปี) ที่สมัครเข้าร่วมหลักสูตรระยะสั้นฯ จำนวน 40 คน และกลุ่มผู้ปกครองของนักเรียนที่เข้าร่วมหลักสูตรระยะสั้นฯ จำนวน 20 คน เพื่อประเมินความพึงพอใจต่อพัฒนาการของผู้เรียน

ระยะที่ 2 (เชิงคุณภาพ) ได้แก่ ผู้ให้ข้อมูลสำคัญ (Key Informants) ได้แก่ ครูประจำชั้น จำนวน 6 คน ในการสังเกตพฤติกรรมเชิงลึกระหว่างการปฏิบัติกิจกรรม

2.2 ระยะเวลาและการจัดกิจกรรม (Treatment) ดำเนินการในช่วงภาคฤดูร้อน (มีนาคม - พฤษภาคม) รวม 34 วัน ใช้หลักสูตรระยะสั้นแบบเรียนรู้เชิงรุก (Active Learning) บูรณาการทุนทางจิตวิทยา (HERO Model) ในทุกกิจกรรม ได้แก่ การสร้างเป้าหมายและความหวัง (Hope) การสร้างความเชื่อมั่นว่าตนเองทำได้ (Efficacy) การลุกขึ้นสู้และไม่ล้มเลิกเมื่อชิ้นงานพังหรือทดลองล้มเหลว (Resilience) และการมองโลกในแง่ดี (Optimism)

2.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ระยะก่อนการทดลอง (Pretest) ประเมินทักษะผ่านกิจกรรมฐานวัดระดับความสามารถเบื้องต้นในสัปดาห์แรก โดยใช้แบบประเมินทักษะนวัตกรรมประเมินจากชิ้นงานสิ่งประดิษฐ์ ความแปลกใหม่ และประสิทธิภาพในการใช้งานจริง

ระยะดำเนินการ ดำเนินกิจกรรมตามหลักสูตรระยะสั้น ระหว่างวันที่ 16 มีนาคม – 8 พฤษภาคม 2569 จำนวน 34 วัน โดยครูทำการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียน

ระยะหลังการทดลอง (Posttest) ประเมินผลงานชิ้นสุดท้าย ในวันกิจกรรมตลาดนัดความรู้ โดยใช้แบบประเมินทักษะนวัตกรรมประเมินจากชิ้นงานสิ่งประดิษฐ์ ความแปลกใหม่ และประสิทธิภาพในการใช้งานจริง และสำรวจความพึงพอใจของผู้ปกครอง ที่มีต่อพัฒนาการของผู้เรียนภายหลังการเข้าร่วมหลักสูตรระยะสั้นฯ

2.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์เชิงปริมาณ นำคะแนนทักษะการสร้างสรรค์นวัตกรรมก่อนและหลังเข้าร่วมหลักสูตรระยะสั้นฯ มาเปรียบเทียบความแตกต่างโดยใช้สถิติทดสอบที (t-test) และวิเคราะห์ความพึงพอใจของผู้ปกครองที่มีต่อพัฒนาการของผู้เรียน ด้วยค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)

การวิเคราะห์เชิงคุณภาพ ใช้การวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) จากบันทึกการสังเกตพฤติกรรมการทำงาน การแก้ปัญหาเฉพาะหน้า และการสัมภาษณ์ สะท้อนคิด (Reflection) ของนักเรียน นำมาเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงบทบาทจากผู้รับ (Passive Learner) สู่การเป็นผู้สร้างสรรค์นวัตกรรม (Active Innovator) แบบรอบด้าน

ผลการวิจัย

1. เปรียบเทียบทักษะการสร้างสรรค์นวัตกรรม (Innovation Skills) ของนักเรียนระดับประถมศึกษา ก่อนและหลังการเข้าร่วมกิจกรรมตามหลักสูตรระยะสั้นฯ

1.1 เชิงปริมาณ การเปรียบเทียบทักษะการสร้างสรรค์นวัตกรรม ของนักเรียนระดับประถมศึกษา ก่อนและหลังการเข้าร่วมกิจกรรมตามหลักสูตรระยะสั้นฯ จากการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยคะแนนความเป็นนวัตกรระหว่างกลุ่มก่อนเรียนและหลังเรียนใน ตารางที่ 1 พบว่า ในระยะก่อนเรียน (Pre-test) กลุ่มตัวอย่างจำนวน 40 คน มีคะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ 10.30 คะแนน และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 2.60 ในขณะที่ระยะหลังเรียน (Post-test) กลุ่มตัวอย่างจำนวน 40 คน มีคะแนนเฉลี่ยเพิ่มสูงขึ้นเป็น 14.63 คะแนน โดยมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.73 เมื่อพิจารณาผลการทดสอบความ

แตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยสถิติ Independent Samples T-test พบว่า คะแนนความเป็นนวัตกรของผู้เรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .001 โดยมีค่าสถิติทดสอบ t เท่ากับ -8.850 ที่ระดับองศาอิสระ (df) 81 และมีค่านัยสำคัญทางสถิติ (p-value) น้อยกว่า .001 ผลการวิเคราะห์ดังกล่าวชี้ให้เห็นว่า กระบวนการเรียนรู้ที่ผู้เรียนได้รับส่งผลต่อการพัฒนาความเป็นนวัตกรอย่างมีประสิทธิภาพ โดยไม่เพียงแต่ค่าเฉลี่ยของคะแนนจะเพิ่มสูงขึ้นอย่างชัดเจนเท่านั้น แต่การที่ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานในระยะหลังเรียนลดน้อยลง จาก 2.60 เหลือ 1.73 ยังเป็นเครื่องบ่งชี้ว่าผู้เรียนในกลุ่มเป้าหมายมีการพัฒนาทักษะความเป็นนวัตกรขึ้นไปในทิศทางเดียวกันมากขึ้น และมีความแตกต่างของระดับคะแนนภายในกลุ่มลดลงเมื่อเทียบกับช่วงก่อนการเรียนรู้

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบคะแนนความเป็นนวัตกร ระหว่างกลุ่มก่อนเรียนและหลังเรียน

กลุ่มการประเมิน	n	$\bar{x}$ (Mean)	S.D.	t	df	p-value
ก่อนเรียน (Pre)	40	10.30	2.60	-8.850	81	< .001*
หลังเรียน (Post)	40	14.63	1.73			

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .001

1.2 เชิงคุณภาพ การเปรียบเทียบทักษะการสร้างสรรค์นวัตกรรม ของนักเรียนระดับประถมศึกษา ก่อนและหลังการเข้าร่วมกิจกรรมตามหลักสูตรระยะสั้นฯ ด้วยการวิเคราะห์เนื้อหา จากการสังเกตพฤติกรรมการทำงาน การแก้ปัญหา และคำสัมภาษณ์/การสะท้อนคิดของผู้เรียน พบว่า ผลการศึกษาพฤติกรรมที่สะท้อนความเป็นนวัตกรของผู้เรียนระยะก่อนและหลังเรียน พบการพัฒนาเชิงบวกอย่างชัดเจน โดยผู้เรียนได้เปลี่ยนบทบาทจากผู้รับ (Passive Learner) ที่มักรอคำสั่ง พึ่งพาผู้สอนและขาดความมั่นใจ สู่การเป็นผู้สร้างสรรค์นวัตกรรม ใน 4 ด้าน ได้แก่ ด้านที่ 1 ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ กล้าคิดนอกกรอบ สามารถออกแบบและประยุกต์วัสดุสร้างชิ้นงานที่แปลกใหม่ สะท้อนตัวตนได้อย่างมีเอกลักษณ์ ด้านที่ 2 การแก้ปัญหาและการยืดหยุ่น มีความยืดหยุ่นทางปัญญา ไม่ท้อถอยต่ออุปสรรค สามารถวิเคราะห์และหาวัสดุทดแทนเพื่อแก้ปัญหาเฉพาะหน้าด้วยตนเองได้อย่างรวดเร็ว ด้านที่ 3 การลงมือทำและความประณีต มีสมาธิจดจ่อสูงขึ้น ลงมือปฏิบัติด้วยความมุ่งมั่นและทดลองซ้ำๆ จนได้ผลลัพธ์ที่ประณีตและนำไปใช้งานได้จริง ด้านที่ 4 การสื่อสารและสะท้อนคิด มีความมั่นใจก้าวกระโดด สามารถนำเสนอที่มา กระบวนการ และวิธีใช้งานชิ้นงานของตนเองหน้าชั้นเรียนได้อย่างฉะฉานและสนุกสนาน ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบเชิงคุณภาพ พฤติกรรมที่สะท้อนความเป็นนวัตกรของผู้เรียน (ก่อนเรียน - หลังเรียน)

องค์ประกอบด้านความเป็นนวัตกร	พฤติกรรมก่อนเรียน (Pre)	พฤติกรรมหลังเรียน (Post)
1. ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ *(Creativity)*	• ยึดติดกับรูปแบบเดิมหรือทำตามตัวอย่าง • มักรอคำสั่งหรือการกระตุ้นจากครู • ยังขาดความมั่นใจที่จะทดลองออกแบบสิ่งใหม่ๆ	• แสดงการคิดนอกกรอบ ออกแบบชิ้นงานแปลกใหม่ • ผลงานสะท้อนตัวตนและความชอบส่วนตัวอย่างชัดเจน • นำวัสดุเหลือใช้มาประยุกต์สร้างผลงานที่มีเอกลักษณ์
2. การแก้ปัญหาและการยืดหยุ่น	• มักพึ่งพาครูเมื่อพบปัญหาหรือชิ้นงานเสียหาย	• มีความยืดหยุ่นทางปัญญา ไม่ยอมแพ้ต่ออุปสรรค

องค์ประกอบด้านความเป็นนวัตกร	พฤติกรรมก่อนเรียน (Pre)	พฤติกรรมหลังเรียน (Post)
(Problem Solving & Flexibility)	• บางรายมีอาการงอแง ถอดใจง่ายเมื่อเจออุปสรรค • ยังไม่สามารถแก้ไขปัญหาเฉพาะหน้าด้วยตนเองได้	• วิเคราะห์ปัญหาหน้างานและหาวัสดุทดแทนได้ทันที • สามารถดัดแปลงโครงสร้างและแก้ปัญหาด้วยตนเองได้ดีเยี่ยม
3. การลงมือทำและความประณีต *(Execution & Refinement)*	• สมาธิในการทำงานไม่ต่อเนื่อง ทำงานค่อนข้างช้า • ชิ้นงานบางครั้งยังไม่เรียบร้อย • ต้องให้ครูคอยย้ำเตือนจึงจะทำงานสำเร็จ	• มีความมุ่งมั่นและจดจ่อกับงานที่ทำสูงขึ้น • สร้างชิ้นงานสำเร็จตามแบบร่างด้วยความประณีต • ผลงานสามารถ นำไปใช้งานได้จริง ผ่านการทดลองทำซ้ำๆ
4. การสื่อสารและสะท้อนคิด *(Communication & Reflection)*	• ประหม่า เขินอาย ไม่มั่นใจเมื่อต้องนำเสนอหน้าชั้น • ยังเรียบเรียงคำพูดได้ไม่ดี กล้าๆ กลัวๆ • อธิบายรายละเอียดหรือที่มาของผลงานตนเองได้น้อย	• มีความมั่นใจเพิ่มขึ้นอย่างก้าวกระโดด กล้าแสดงออก • พูดจาฉะฉาน เล่าที่มาที่ไปของผลงานได้อย่างสนุกสนาน • อธิบายฟังก์ชันและวิธีใช้งานชิ้นงานตนเองได้อย่างชัดเจน

2. ความพึงพอใจของผู้ปกครอง ที่มีต่อพัฒนาการของผู้เรียนภายหลังการเข้าร่วมหลักสูตรระยะสั้นฯ

จากผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของผู้ปกครองที่มีต่อหลักสูตรระยะสั้นฯ พบว่า ด้านพัฒนาการและการเรียนรู้ของผู้เรียน (Learning Outcomes) มีภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 4.95) ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงความสำเร็จของหลักสูตรระยะสั้นฯ ในการส่งเสริมพัฒนาการเชิงบวกได้อย่างเป็นรูปธรรม และเมื่อพิจารณารายข้อ พบว่าประเด็นที่ผู้ปกครองให้คะแนนสูงสุดเป็นอันดับแรก คือ การที่ผู้เรียนมีความสุขและอยากมาเข้าร่วมหลักสูตรระยะสั้นฯ (ค่าเฉลี่ย 5.00) ซึ่งถือเป็นหัวใจสำคัญที่ช่วยสร้างแรงจูงใจภายใน ได้อย่างมีประสิทธิภาพในระดับมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 4.94) ครอบคลุมทั้งความสามารถในการช่วยเหลือตนเอง การมีวินัย สุขนิสัยส่วนบุคคล และพัฒนาการด้านกล้ามเนื้อ ควบคู่ไปกับการเสริมสร้างทักษะทางวิชาการ ความช่างสังเกต และความกล้าแสดงออกผ่านงานศิลปะและดนตรีอย่างสมดุล ดังตารางที่ 3 ผลการประเมินนี้จึงเป็นหลักฐานเชิงประจักษ์ที่ยืนยันว่าการออกแบบกิจกรรมของหลักสูตรระยะสั้นฯ สามารถสนับสนุนการพัฒนาผู้เรียนได้แบบองค์รวม (Holistic Development) ทั้งด้านร่างกาย อารมณ์ สังคม และสติปัญญา ซึ่งสอดคล้องและตอบสนองต่อความคาดหวังของผู้ปกครองได้อย่างยอดเยี่ยม

ตารางที่ 3 ตารางวิเคราะห์ความพึงพอใจของผู้ปกครอง ต่อหลักสูตรระยะสั้นฯ

ประเด็นการประเมินด้านพัฒนาการและการเรียนรู้	ค่าเฉลี่ย (Mean)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)	แปลผล
1. ผู้เรียนมีความสุขและอยากมาเข้าร่วมกิจกรรมของหลักสูตรระยะสั้นฯ	5.00	0.00	มากที่สุด
2. ผู้เรียนมีสุขนิสัยที่ดี และใช้กล้ามเนื้อมือคล่องแคล่วขึ้น	4.94	0.24	มากที่สุด
3. ผู้เรียนช่วยเหลือตนเองได้มากขึ้น และมีวินัย	4.94	0.24	มากที่สุด
4. ผู้เรียนมีความสุข ร่าเริง แจ่มใส กล้าแสดงออกผ่านศิลปะ/ดนตรี	4.94	0.24	มากที่สุด
5. ผู้เรียนช่างสังเกต รู้จักตั้งคำถาม และมีพื้นฐานวิชาการดีขึ้น	4.94	0.24	มากที่สุด
รวมเฉลี่ยด้านพัฒนาการและการเรียนรู้	4.95	0.19	มากที่สุด

การอภิปรายผล

จากการศึกษาเรื่อง พื้นที่เรียนรู้นวัตกร: หลักสูตรระยะสั้นบูรณาการเรียนรู้เชิงรุกและทุนทางจิตวิทยาเพื่อส่งเสริมทักษะนวัตกรรมระดับประถมศึกษา สามารถนำข้อค้นพบมาอภิปรายผลให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์การวิจัยได้ 3 ประเด็นหลัก ดังนี้

1. ประสิทธิผลของการจัดการเรียนรู้เชิงรุก (Active Learning) ต่อการพัฒนาทักษะการสร้างสรรค์นวัตกรรม ผลการวิจัยพบว่า ภายหลังการเข้าร่วมหลักสูตรระยะสั้นฯ ผู้เรียนระดับประถมศึกษามีพัฒนาการด้านทักษะนวัตกรรมทั้ง 4 ด้าน ได้แก่ ความคิดริเริ่ม การแก้ปัญหา การลงมือทำ และการสื่อสารสะท้อนคิด มีคะแนนทักษะการสร้างสรรค์นวัตกรรมที่สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยผู้เรียนสามารถออกแบบชิ้นงานที่แปลกใหม่และนำไปใช้งานได้จริง ซึ่งเป็นผลมาจากการออกแบบหลักสูตรระยะสั้นฯ ที่ใช้กระบวนการเรียนรู้เชิงรุก โดยเน้นให้ผู้เรียนเป็นศูนย์กลางและได้ลงมือปฏิบัติผ่านประสบการณ์ตรง (Experiential Learning) การอภิปรายผลนี้สอดคล้องกับ Miseliūnaitė และ Cibulskas (2024) ที่ระบุว่าการจัดการศึกษาแบบองค์รวม (Holistic Education) ผ่านกระบวนการเรียนรู้เชิงรุกในระดับประถมศึกษา เป็นกลไกสำคัญที่ช่วยกระตุ้นการคิดเชิงวิพากษ์และการแก้ปัญหาอย่างเป็นรูปธรรม นอกจากนี้ ชญาดา สื่อสุวรรณวิสิฏ์ (2567) ยังได้ยืนยันว่า การบูรณาการกระบวนการคิดเชิงออกแบบ (Design Thinking) เข้ากับการเรียนรู้เชิงรุก ช่วยปรับกรอบความคิดเดิมของผู้เรียน ทำให้เกิดอิสระทางความคิด นำไปสู่การสร้างสรรค์ผลงานเชิงนวัตกรรมที่ปรับเปลี่ยนตามสถานการณ์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (กัญญาภรณ์ และชำนาญ, 2569)

2. บทบาทของทุนทางจิตวิทยาเชิงบวก (HERO Model) ในการเสริมสร้างความยืดหยุ่นและการแก้ปัญหาจากบันทึกพฤติกรรมเชิงประจักษ์พบว่า เมื่อผู้เรียนต้องเผชิญกับปัญหาในระหว่างการสร้างชิ้นงาน เช่น โครงสร้างพัง หรือวัสดุไม่เพียงพอ ผู้เรียนส่วนใหญ่ไม่ย่อท้อ แต่สามารถวิเคราะห์สาเหตุและนำวัสดุอื่นมาดามหรือแก้ปัญหาเฉพาะหน้าได้สำเร็จ ซึ่งเป็นผลสัมฤทธิ์โดยตรงจากการบูรณาการ ทุนทางจิตวิทยาเชิงบวก (Positive Psychological Capital: PsyCap) ทั้ง 4 ด้าน ได้แก่ ความหวัง (Hope) ความเชื่อมั่น (Efficacy) ความยืดหยุ่นทางจิตใจ (Resilience) และการมองโลกในแง่ดี (Optimism) เข้าไปในแผนการจัดกิจกรรม ประเด็นนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ ธนาภา งิ้วทอง (2569) ที่ชี้ให้เห็นว่าการเรียนรู้ทางสังคมและ

อารมณ์ (SEL) มีส่วนสำคัญยิ่งในการสร้าง ภูมิคุ้มกันทางจิตใจ ให้แก่ผู้เรียน นอกจากนี้ นาตียา และคณะ (2566) ยังระบุตรงกันว่า ทุนทางจิตวิทยาเชิงบวกทำหน้าที่เชื่อมโยงการมีส่วนร่วมของนักเรียนเข้ากับความสำเร็จในการแก้ปัญหา การสร้างสภาพแวดล้อมที่อนุญาตให้ผู้เรียนลองผิดลองถูก จึงเป็นการเสริมสร้างความยืดหยุ่น (Resilience) ให้เติบโตจากภายในจิตใจอย่างยั่งยืน

3. ความพึงพอใจของผู้ปกครองและผลสัมฤทธิ์ด้านการพัฒนาทักษะชีวิตแบบองค์รวม ผลการประเมินความพึงพอใจจากผู้ปกครองพบว่า ภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด (Mean = 4.95) โดยเฉพาะความโดดเด่นในมิติที่ผู้เรียนมีความสุข มีความกล้าแสดงออก และมีวินัยในการช่วยเหลือตนเองมากขึ้น ผลลัพธ์ดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่าหลักสูตรนี้ไม่ได้มุ่งเน้นเพียงทักษะทางปัญญา (Cognitive Skills) แต่ยังให้ความสำคัญกับการพัฒนาทักษะชีวิตแบบองค์รวม ซึ่งสอดคล้องกับข้อค้นพบของ นริศรา และกาญจนา (2568) ที่ระบุว่าการพัฒนาทุนทางจิตวิทยาในบริบทการศึกษาส่งผลเชิงบวกโดยตรงต่อความสุข สุขภาวะ (Well-being) และพฤติกรรมเชิงบวกของนักเรียน ยิ่งไปกว่านั้น การที่ผู้สอนให้ความสำคัญกับการดูแลเอาใจใส่ ความปลอดภัย และการสื่อสารเชิงประจักษ์อย่างสม่ำเสมอ ยังเป็นรากฐานสำคัญที่สร้างความไว้วางใจให้แก่ผู้ปกครอง ซึ่งเป็นระบบนิเวศการเรียนรู้ (Learning Ecosystem) ที่สมบูรณ์แบบสำหรับการพัฒนาศักยภาพผู้เรียน

บทสรุป

การวิจัยเรื่อง พื้นที่เรียนรู้นวัตกร: หลักสูตรระยะสั้นบูรณาการเรียนรู้เชิงรุกและทุนทางจิตวิทยาเพื่อส่งเสริมทักษะนวัตกรรมระดับประถมศึกษา มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อเปรียบเทียบทักษะนวัตกรรมของผู้เรียนก่อนและหลังเข้าร่วมกิจกรรม พร้อมทั้งศึกษาความพึงพอใจของผู้ปกครองที่มีต่อพัฒนาการของบุตรหลาน ผู้วิจัยใช้รูปแบบการวิจัยแบบผสมผสาน (Mixed Methods Research) โดยดำเนินการทดลองในช่วงค่ายภาคฤดูร้อนเป็นเวลา 34 วัน กลุ่มเป้าหมายประกอบด้วยนักเรียนระดับประถมศึกษาจำนวน 40 คน และผู้ปกครองจำนวน 20 คน ผลการวิจัยเชิงปริมาณพบว่า ผู้เรียนมีคะแนนทักษะการสร้างสรรค์นวัตกรรมหลังเรียน (เฉลี่ย 14.63) สูงกว่าก่อนเรียน (เฉลี่ย 10.30) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .001 สอดคล้องกับผลการวิจัยเชิงคุณภาพที่ยืนยันว่า การใช้กระบวนการเรียนรู้เชิงรุก (Active Learning) ช่วยปรับเปลี่ยนผู้เรียนจากผู้รับ (Passive Learner) สู่การเป็นนวัตกร (Active Innovator) อย่างเต็มตัว โดยมีพัฒนาการโดดเด่นใน 4 ด้าน ได้แก่ ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ การแก้ปัญหา การลงมือสร้างต้นแบบ และการสื่อสาร จุดเด่นของหลักสูตรคือการบูรณาการทุนทางจิตวิทยาเชิงบวก (HERO Model) ซึ่งช่วยสร้างเกราะป้องกันทางใจและความยืดหยุ่น (Resilience) ทำให้ผู้เรียนไม่ย่อท้อเมื่อเผชิญอุปสรรคหรือชิ้นงานพังทลาย และกล้าคิดวิเคราะห์หาวัสดุทดแทนเพื่อแก้ปัญหาเฉพาะหน้าด้วยตนเอง นอกจากนี้ ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ปกครองอยู่ในระดับมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 4.95) โดยพบว่าผู้เรียนมีความสุข ร่าเริง กล้าแสดงออก และมีวินัยในการช่วยเหลือตนเองมากขึ้น สรุปได้ว่า การออกแบบหลักสูตรที่เชื่อมโยงทักษะการประดิษฐ์นวัตกรรมเข้ากับการสร้างภูมิคุ้มกันทางจิตใจ สามารถบ่มเพาะศักยภาพของผู้เรียนให้เติบโตอย่างสมดุล ทั้งด้านวิชาการและทักษะชีวิตแบบองค์รวมได้อย่างมีประสิทธิภาพ

กิตติกรรมประกาศ

จากการจัดทำบันทึกข้อตกลงความร่วมมือทางวิชาการ (MOU) ระหว่าง คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต ร่วมกับ สหกรณ์ออมทรัพย์ข้าราชการฝ่ายรัฐสภา จำกัด เพื่อสร้างพื้นที่ปฏิบัติงานจริงให้แก่นักศึกษา โดยความร่วมมือนี้มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อจัดการศึกษาเชิงบูรณาการกับการทำงาน (CWIE) โดยให้สหกรณ์ออมทรัพย์ฯ เป็นแหล่งเรียนรู้และสถานที่ฝึกประสบการณ์วิชาชีพของนักศึกษา ตลอดจนเป็นพื้นที่แลกเปลี่ยนองค์ความรู้ระหว่างองค์กรภาครัฐและเอกชน ภายใต้ข้อตกลงดังกล่าว คณะครุศาสตร์รับหน้าที่เสนอหลักสูตรระยะสั้นฯ และส่งนักศึกษาเข้าปฏิบัติงาน ส่วนสหกรณ์ออมทรัพย์ฯ รับหน้าที่มอบหมายภาระงาน จัดสรรงบประมาณ วัสดุอุปกรณ์ และสถานที่ จึงทำให้เกิดกระบวนการในการพัฒนาหลักสูตรระยะสั้นฯ นี้ขึ้น

เอกสารอ้างอิง

Miseli**ū**nait**ė**, B., & Cibulskas, G. (2024). Enhancing active learning through a holistic approach: A case study of primary education in Lithuania. Education Sciences. 14(6): 592.

กัญญาภรณ์ เพ็งปรางค์ และชำนาญ ปาณาวงษ์. (2569). การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการคิดเชิงออกแบบที่ส่งเสริมทักษะสร้างสรรค์นวัตกรรมของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 เรื่อง ปรากฏการณ์ของโลกและภัยธรรมชาติ. Journal of Education and Innovation. 28(1): 282900. https://doi.org/10.71185/jeiejournals.v28i1.282900.

ชญาดา สื่อสุวรรณวิสิฏ์. (2567). การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ห้องเรียนกลับด้านด้วยปัญญาประดิษฐ์ โดยใช้กระบวนการคิดเชิงออกแบบเพื่อส่งเสริมการสร้างสรรค์ผลงานร่วมกัน และการรู้ซึ้งถึงความรู้สึกของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น. Chulalongkorn University Theses and Dissertations (Chula ETD). 74317. https://digital.car.chula.ac.th/chulaetd/74317.

ธนาภา งิ้วทอง. (2569). การพัฒนาแนวทางส่งเสริมการเรียนรู้ทางอารมณ์เชิงสังคมของนักเรียนสำหรับครูโดยใช้การวิจัยการออกแบบที่พร้อมสำหรับอนาคต. Chulalongkorn University Theses and Dissertations (Chula ETD). 74395. https://digital.car.chula.ac.th/chulaetd/74395.

นริศรา ศิริพันธศักดิ์ และกาญจนา ภัทราวิวัฒน์. (2568). การศึกษาบรรยากาศในโรงเรียนและทุนทางจิตวิทยาที่ส่งผลต่อความเป็นส่วนหนึ่งของโรงเรียน และผลของความเป็นส่วนหนึ่งต่อความผาสุกทางจิตใจและพฤติกรรมการเป็นสมาชิกที่ดีในชั้นเรียนของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น. Academic Journal of Humanities and Social Sciences Burapha University, 33(3), 19-31

นาตียา หวันยะหวา อริยา คูหา และมัฮดี แวดราแม. (2566). ผลของกิจกรรมกลุ่มสัมพันธ์ที่บูรณาการหลักการอิสลามต่อการเสริมสร้างทุนทางจิตวิทยาเชิงบวกและทักษะชีวิตของผู้เรียนและเยาวชนในสถานสงเคราะห์บ้านเอมิเรตส์. วารสารศึกษาศาสตร์ มสธ. 16(1): 70–85. สืบค้น จาก https://so05.tci-thaijo.org/index.php/edjour_ stou/article/view/260465.

การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แนวใหม่ (5E-AI Integrated Learning) ขับเคลื่อนผ่านกระบวนการชุมชนแห่งการเรียนรู้ทางวิชาชีพ (PLC) กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โรงเรียนเทิงวิทยาคม

A study of students' learning achievement using the modern science instructional approach (5E-AI Integrated Learning) driven by the Professional Learning Community (PLC) process in the science and technology learning area, Thoeng Witthayakhom School

ปุณณภา ตะกรุตแก้ว[1*] อัมรา ใจติ๊บ[1] ชฎาพร บุญนิล[1] กริช บุญนิล[1]
ศราวุฒิ จันทร์หัวนา[1] และชลณินีมาศ อาบสุวรรณ์[1]
Punnapha Takrutkaew[1*], Umara chaitip, Chadaporn Boonnil[1] , krit Boonni[1] ,
Sarawut Chanhuana[1] and Chonchineemas Arbsuwan[1]

[1]โรงเรียนเทิงวิทยาคม อำเภอเทิง จังหวัดเชียงราย สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเชียงราย*
[1]Thoeng Witthayakhom Secondary Education Service Area Office ChiangRai*
[*]Corresponding Author E-mail Address : Punnapha.Tak@thoengwit.ac.th

บทคัดย่อ

วิจัยเรื่องการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แนวใหม่ (5E-AI Integrated Learning) ขับเคลื่อนผ่านกระบวนการชุมชนแห่งการเรียนรู้ทางวิชาชีพ (PLC) กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โรงเรียนเทิงวิทยาคม มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) หาประสิทธิภาพของนวัตกรรม 5E-AI Integrated Learning ตามเกณฑ์ 75/75 2) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียน และ 3) ศึกษาความพึงพอใจของผู้เรียน กลุ่มตัวอย่างคือผู้เรียนโรงเรียนเทิงวิทยาคม จำนวน 225 คน เครื่องมือวิจัยประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้นบูรณาการปัญญาประดิษฐ์ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบสอบถามความพึงพอใจ สถิติที่ใช้ ได้แก่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และ t-test for Dependent Samples ผลการวิจัยพบว่า 1) นวัตกรรมการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แนวใหม่ (5E-AI Integrated Learning) ที่พัฒนาผ่านกระบวนการ PLC มีประสิทธิภาพเท่ากับ 76.50/78.00 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 75/75 ที่กำหนดไว้ 2) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยมีคะแนนเฉลี่ยเพิ่มขึ้นจาก 8.35 เป็น 15.60 คะแนน (จากคะแนนเต็ม 20 คะแนน) 3) ผู้เรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้อยู่ในระดับมากที่สุด ($\vec{x}$ = 4.73, S.D. = 0.50) โดยประเด็นที่พึงพอใจสูงสุดคือการใช้สถานการณ์จำลองดิจิทัลและการใช้ AI ช่วยสนับสนุนการเรียนรู้รายบุคคล สรุปได้ว่า การบูรณาการปัญญาประดิษฐ์ร่วมกับกระบวนการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยระบบ PLC ช่วยยกระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและสร้างสภาพแวดล้อมการเรียนรู้อัจฉริยะที่ตอบสนองต่อผู้เรียนในยุคดิจิทัลได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: 5E-AI Integrated Learning ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน PLC ปัญญาประดิษฐ์ในการศึกษา โรงเรียนเทิงวิทยาคม

Abstract

The Study of Learning Achievement Using 5E-AI Integrated Learning Driven by Professional Learning Community (PLC) in the Science and Technology Department, Theng Witthayakhom School. The purposes of this research were: 1) to determine the efficiency of the 5E-AI Integrated Learning innovation based on the 75/75 criteria, 2) to compare students' learning achievement before and after the intervention, and 3) to study student satisfaction. The sample consisted of 225 students at Theng Witthayakhom School. The research instruments included 5E inquiry-based lesson plans integrated with Artificial Intelligence (AI), a learning achievement test, and a satisfaction survey. Data were analyzed using percentage, mean, standard deviation (S.D.), and t-test for dependent samples.The results revealed that 1) The efficiency of the 5E-AI Integrated Learning innovation developed through the PLC process was 76.50/78.00, which exceeded the established 75/75 criteria. 2)The students' learning achievement after the intervention was significantly higher than before the intervention at the .05 level. The mean score increased from 8.35 to 15.60 (out of a total of 20 points). 3)The students' overall satisfaction with the learning management was at the highest level ($\vec{x}$ = 4.73, S.D. = 0.50). The highest satisfaction ratings were observed in the use of digital simulations and AI tools to support personalized learning.In conclusion, the integration of Artificial Intelligence into the 5E inquiry-based process, driven by the PLC system, effectively enhances learning achievement and creates a smart learning environment that meets the needs of learners in the digital age.

Keywords: 5E-AI Integrated Learning, Learning Achievement, PLC, AI in Education, Thoeng Witthayakhom School

บทนำ

วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเป็นรากฐานสำคัญในการพัฒนาประเทศและขับเคลื่อนสังคมโลกในศตวรรษที่ 21 การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์จึงมุ่งเน้นให้ผู้เรียนเกิดสมรรถนะสำคัญ ทั้งทักษะการคิดวิเคราะห์ การแก้ปัญหา และความฉลาดทางดิจิทัล (Digital Intelligence) (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560) กระบวนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E Inquiry Model) ถือเป็นรูปแบบการสอนที่ได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวางว่าสามารถกระตุ้นให้ผู้เรียนสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองได้อย่างเป็นระบบ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2561; Bybee et al., 2006) อย่างไรก็ตาม ในยุคปัจจุบันที่เทคโนโลยีมีการเปลี่ยนแปลงอย่างก้าวกระโดด การพึ่งพากระบวนการ 5E เพียงอย่างเดียวอาจไม่เพียงพอต่อการรองรับความแตกต่างระหว่างบุคคลและการดึงดูดความสนใจของผู้เรียนยุคใหม่ เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence: AI) จึงเข้ามามีบทบาทสำคัญในการพลิกโฉมการศึกษา โดยสามารถนำมาประยุกต์ใช้เพื่อเป็นผู้ช่วยสอนอัจฉริยะ สร้างสถานการณ์จำลอง และยกระดับการเรียนรู้เชิงรุก (Active Learning) ให้มีประสิทธิภาพสูงสุด (UNESCO, 2021)

เมื่อพิจารณาบริบทการจัดการเรียนรู้ของกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โรงเรียนเทิงวิทยาคม โดยเฉพาะในรายวิชาที่ต้องอาศัยการทำความเข้าใจมโนทัศน์และปรากฏการณ์ที่ซับซ้อน เช่น รายวิชาฟิสิกส์ ในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย หรือรายวิชาพลังงานเบื้องต้น ในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น พบความท้าทายว่าผู้เรียนบางส่วนยังขาดแรงจูงใจ มองว่า

เนื้อหาเป็นนามธรรมและยากต่อการทำความเข้าใจ ส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนยังไม่บรรลุเป้าหมายตามที่สถานศึกษากำหนด (พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และพเยาว์ ยินดีสุข, 2563) นอกจากนี้ ในมิติของการบริหารจัดการชั้นเรียนและการประเมินผล การพัฒนาคุณภาพผู้เรียนอย่างยั่งยืนไม่สามารถเกิดขึ้นได้จากครูผู้สอนเพียงลำพัง แต่จำเป็นต้องอาศัยกลไกการขับเคลื่อนผ่านกระบวนการชุมชนแห่งการเรียนรู้ทางวิชาชีพ (Professional Learning Community: PLC) เพื่อให้คณะครูได้ร่วมกันวิเคราะห์ปัญหา แลกเปลี่ยนเรียนรู้ สังเกตชั้นเรียน และสะท้อนผลอย่างเป็นระบบ (วิจารณ์ พานิช, 2555)

จากบริบทปัญหาและความสำคัญดังกล่าว กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จึงได้ริเริ่มพัฒนานวัตกรรมการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แนวใหม่ "5E-AI Integrated Learning" ภายใต้แนวคิดการสร้างสภาพแวดล้อมการเรียนรู้อัจฉริยะ (Smart Learning Environment) โดยเป็นการบูรณาการจุดแข็งของขั้นตอนการสืบเสาะ (5E) เข้ากับศักยภาพของแพลตฟอร์ม AI อย่างไร้รอยต่อ เช่น การใช้สถานการณ์จำลอง PhET ร่วมกับแชตบอตแบบโสเครติสในขั้นสำรวจและค้นหา การใช้ NotebookLM ช่วยสังเคราะห์และตรวจสอบมโนทัศน์ทางฟิสิกส์ในขั้นอธิบาย ไปจนถึงการส่งเสริมให้ผู้เรียนใช้เครื่องมืออย่าง Canva หรือ Suno สร้างสรรค์ผลงานในขั้นขยายความรู้ (สุพจน์ ศรีนุตพงษ์, 2566) ซึ่งกระบวนการทั้งหมดนี้ถูกขับเคลื่อนผ่านวงรอบ PLC 4 ขั้นตอน ได้แก่ การสร้างความเข้าใจร่วมกัน (Transformative Support) การร่วมออกแบบแผนการสอน (Whole-School PLC) การนำไปใช้และวิเคราะห์ผล (Knowledge Analysis) และการสะท้อนผลเพื่อขยายความสำเร็จ (Synergy Growth) (สิริพร ศรีสมวงษ์ และคณะ, 2562)

ด้วยเหตุนี้ คณะผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แนวใหม่ (5E-AI Integrated Learning) ขับเคลื่อนผ่านกระบวนการชุมชนแห่งการเรียนรู้ทางวิชาชีพ (PLC) กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โรงเรียนเทิงวิทยาคม เพื่อนำผลการศึกษาไปใช้เป็นแนวทางในการยกระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน พัฒนาเจตคติต่อการใช้เทคโนโลยีของผู้เรียน และสร้างเป็นต้นแบบแนวปฏิบัติที่ดี (Best Practice) ของสถานศึกษาในการจัดการศึกษาที่ตอบสนองต่อพลวัตของโลกยุคดิจิทัลอย่างยั่งยืนต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนานวัตกรรมการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แนวใหม่ (5E-AI Integrated Learning) กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โรงเรียนเทิงวิทยาคม ที่ขับเคลื่อนผ่านกระบวนการชุมชนแห่งการเรียนรู้ทางวิชาชีพ (PLC) ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด
2. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียน ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แนวใหม่ (5E-AI Integrated Learning) ขับเคลื่อนผ่านกระบวนการชุมชนแห่งการเรียนรู้ทางวิชาชีพ (PLC)
3. เพื่อศึกษาความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แนวใหม่ (5E-AI Integrated Learning) ขับเคลื่อนผ่านกระบวนการชุมชนแห่งการเรียนรู้ทางวิชาชีพ (PLC)

สมมติฐานการวิจัย

1. นวัตกรรมการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แนวใหม่ (5E-AI Integrated Learning) ขับเคลื่อนผ่านกระบวนการชุมชนแห่งการเรียนรู้ทางวิชาชีพ (PLC) มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 75/75
2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของผู้เรียน หลังได้รับการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แนวใหม่ (5E-AI Integrated Learning) ขับเคลื่อนผ่านกระบวนการชุมชนแห่งการเรียนรู้ทางวิชาชีพ (PLC) สูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
3. ผู้เรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แนวใหม่ (5E-AI Integrated Learning) ขับเคลื่อนผ่านกระบวนการชุมชนแห่งการเรียนรู้ทางวิชาชีพ (PLC) อยู่ในระดับ มาก

ขอบเขตการวิจัย

1. ขอบเขตด้านประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 - 6 โรงเรียนเทิงวิทยาคม ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2568 จำนวน 72 ห้องเรียน รวมผู้เรียนทั้งสิ้น 2,500 คน

กลุ่มตัวอย่าง นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 - 6 โรงเรียนเทิงวิทยาคม ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2568 จำนวน 6 ห้องเรียน (ระดับชั้นละ 1 ห้องเรียน) รวมผู้เรียนทั้งสิ้น 225 คน ซึ่งได้มาจากการสุ่มแบบเจาะจง

2. ขอบเขตด้านตัวแปร

ตัวแปรต้น การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แนวใหม่ (5E-AI Integrated Learning) ขับเคลื่อนผ่านกระบวนการชุมชนแห่งการเรียนรู้ทางวิชาชีพ (PLC)

ตัวแปรตาม ประสิทธิภาพของนวัตกรรมการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แนวใหม่ (5E-AI Integrated Learning) ตามเกณฑ์ 75/75 , ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ,ความพึงพอใจของผู้เรียนต่อการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แนวใหม่ (5E-AI Integrated Learning)

3. ขอบเขตด้านเนื้อหา

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นเนื้อหาตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 - 6 ประกอบด้วยแผนการจัดการเรียนรู้

4. ขอบเขตด้านระยะเวลา

การวิจัยครั้งนี้ดำเนินการทดลองในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2568

นิยามศัพท์เฉพาะ

การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แนวใหม่ (5E-AI Integrated Learning) หมายถึง รูปแบบการจัดการเรียนรู้เชิงรุก (Active Learning) ที่บูรณาการขั้นตอนการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน (Engagement, Exploration, Explanation, Elaboration และ Evaluation) เข้ากับเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence: AI) และสื่อดิจิทัล เช่น แพลตฟอร์ม AI Chatbot (Gemini, ChatGPT), เครื่องมือสร้างสรรค์มัลติมีเดีย (Canva, Suno), สถานการณ์จำลองเสมือนจริง (PhET Simulations) และระบบประเมินผลอัจฉริยะ เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดวิเคราะห์และกระตุ้นการเรียนรู้ของผู้เรียน

ชุมชนแห่งการเรียนรู้ทางวิชาชีพ (Professional Learning Community: PLC) หมายถึง การรวมกลุ่มความร่วมมือทางวิชาการของครูผู้สอนในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โรงเรียนเทิงวิทยาคม เพื่อร่วมกันวิเคราะห์ปัญหาการจัดการเรียนรู้ ออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้แบบ 5E-AI Integrated Learning สังเกตการสอน และสะท้อนผลการปฏิบัติงานอย่างเป็นระบบตามวงรอบการพัฒนาคุณภาพ (PDCA) เพื่อยกระดับคุณภาพการจัดการเรียนการสอน

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ความสามารถหรือคะแนนของผู้เรียนที่วัดได้จากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาของกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ซึ่งครอบคลุมทั้งด้านความรู้ ทักษะ และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยเปรียบเทียบคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน

ผู้เรียน หมายถึง นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษา 1 – 6 โรงเรียนเทิงวิทยาคม ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2568 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยนวัตกรรม 5E-AI Integrated Learning

เจตคติต่อการใช้เทคโนโลยี หมายถึง ความรู้สึก ความคิดเห็น หรือการแสดงออกของผู้เรียนที่มีต่อการนำเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์และสื่อดิจิทัลมาใช้ในกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ซึ่งวัดได้จากแบบสอบถามที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

การอ้างอิงแนวคิดเกี่ยวกับการสืบเสาะหาความรู้ (5E Inquiry Model)

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2561) ได้เสนอแนะว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) เป็นกระบวนการที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองผ่านการทดลองและการคิดวิเคราะห์ ซึ่งสอดคล้องกับธรรมชาติของวิชาวิทยาศาสตร์

กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry Cycle) เป็นรูปแบบการเรียนการสอนที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนนำประสบการณ์เดิมมาเชื่อมโยงกับประสบการณ์ใหม่ เพื่อสร้างความหมายและอธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติอย่างเป็นระบบ (Bybee et al., 2006)

UNESCO (2021) ระบุว่า ปัญญาประดิษฐ์ (AI) มีศักยภาพในการพลิกโฉมการศึกษา โดยสามารถนำมาประยุกต์ใช้เพื่อสร้างการเรียนรู้แบบปรับเหมาะ (Personalized Learning) และลดภาระงานด้านการประเมินผลของครูผู้สอน

การบูรณาการเครื่องมือ Generative AI เข้ากับสื่อมัลติมีเดียแบบโต้ตอบ ช่วยยกระดับความเข้าใจในมโนทัศน์ที่ซับซ้อน ทำให้ผู้เรียนสามารถจำลองสถานการณ์และได้รับผลป้อนกลับ (Feedback) แบบทันท่วงที (สุพจน์ ศรีนุตพงษ์, 2566)

วิจารณ์ พานิช (2555) ได้ให้ความหมายของ ชุมชนแห่งการเรียนรู้ทางวิชาชีพ (PLC) ว่าเป็นการรวมตัวกันของครูผู้สอนเพื่อร่วมกันเรียนรู้และพัฒนาวิชาชีพ ผ่านการแลกเปลี่ยนประสบการณ์และการสะท้อนคิดโดยมีเป้าหมายสูงสุดคือผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียน

กลไกสำคัญที่จะทำให้การพัฒนานวัตกรรมการจัดการเรียนรู้ประสบความสำเร็จอย่างยั่งยืน คือการนำวงจร PDCA มาขับเคลื่อนร่วมกับกระบวนการ PLC เพื่อให้เกิดการเปิดชั้นเรียน และร่วมกันปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้อย่างเป็นระบบ (สิริพร ศรีสมวงษ์ และคณะ, 2562)

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

1. วัสดุ อุปกรณ์ และเทคโนโลยี

- อุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ คือ สมาร์ตโฟน แท็บเล็ต หรือคอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊กสำหรับผู้เรียน โทรทัศน์อัจฉริยะ (Smart TV) หรือโปรเจกเตอร์ พร้อมระบบอินเทอร์เน็ตความเร็วสูงประจำห้องเรียน

- แพลตฟอร์มและซอฟต์แวร์ปัญญาประดิษฐ์ เช่น Gemini หรือ ChatGPT เพื่อทำหน้าที่เป็นผู้ช่วยสอนแบบโสเครติสในขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) NotebookLM สำหรับให้ผู้เรียนสืบค้นและวิเคราะห์ความรู้จากเอกสารในขั้นอธิบาย (Explanation) โปรแกรมสร้างสรรค์สื่อ เช่น Canva (สร้างภาพ/อินโฟกราฟิก) หรือ Suno (สร้างบทเพลงสรุปความรู้) ในขั้นขยายความรู้ (Elaboration) ระบบจำลองสถานการณ์เสมือนจริง เช่น PhET Interactive Simulations เพื่อใช้ในการทดลองวิทยาศาสตร์

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. แผนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แนวใหม่ (5E-AI Integrated Learning) รายวิชากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

2. แบบบันทึกกิจกรรมชุมชนแห่งการเรียนรู้ทางวิชาชีพ เครื่องมือที่ใช้บันทึกร่องรอยการร่วมกันออกแบบแผนการสอนการเปิดชั้นเรียน และการสะท้อนผล (AAR) ของคณะครูในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

3. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน รายวิชากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี แบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ (ใช้ทดสอบทั้งก่อนเรียน Pre-test และหลังเรียน Post-test)

4. แบบสอบถามความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยนวัตกรรม 5E-AI Integrated Learning เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ ตามวิธีของลิเคิร์ต (Likert Scale)

ขั้นตอนการสร้างและหาคุณภาพ "แผนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แนวใหม่ (5E-AI Integrated Learning)"

1. ศึกษาหลักสูตรแกนกลางฯ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) และหลักสูตรสถานศึกษา วิเคราะห์มาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด และคำอธิบายรายวิชา เพื่อกำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้

2. ร่างแผนการจัดการเรียนรู้ ออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ตามรูปแบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) โดยระบุการบูรณาการใช้เครื่องมือ AI (เช่น แชตบอต, PhET, Canva, Gemini, NotebooLM) ลงในแต่ละขั้นตอนอย่างชัดเจน

3. ตรวจสอบคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญ (ผ่านกระบวนการ PLC) นำร่างแผนการจัดการเรียนรู้เข้าสู่สนทนาของชุมชนแห่งการเรียนรู้ทางวิชาชีพ (PLC) กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี หรือผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3-5 ท่าน เพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา และประเมินความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างจุดประสงค์ เนื้อหา กิจกรรม 5E-AI และการวัดผล

4. ปรับปรุงแก้ไข นำข้อเสนอแนะจากสนทนา PLC หรือผู้เชี่ยวชาญ มาปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ให้มีความสมบูรณ์

5. นำไปทดลองสอนจริงกับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง เพื่อดูความเหมาะสมของเวลาและปัญหาในการใช้สื่อ AI

6. จัดพิมพ์แผนการจัดการเรียนรู้ฉบับสมบูรณ์ เพื่อนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างจริง

ขั้นตอนการสร้างและหาคุณภาพ "แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน"

1. วิเคราะห์จุดประสงค์การเรียนรู้และเนื้อหาวิชา เพื่อสร้างตารางวิเคราะห์ข้อสอบ

2. สร้างแบบทดสอบแบบปรนัย ชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก ให้ครอบคลุมเนื้อหาและพฤติกรรมการเรียนรู้ (เช่น ความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้ การวิเคราะห์)

3. ตรวจสอบความเที่ยงตรง นำแบบทดสอบไปให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3-5 ท่าน ตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์การเรียนรู้ (หาค่า IOC) คัดเลือกเฉพาะข้อที่มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป

4. หาความยากง่ายและอำนาจจำแนก นำแบบทดสอบไปทดลองใช้กับนักเรียนที่เคยเรียนเนื้อหานี้มาแล้ว (ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง) นำผลมาวิเคราะห์หาค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) เป็นรายข้อ (คัดเลือกข้อสอบที่มีค่าความยากง่าย (p) ระหว่าง 0.20 - 0.80 และมีค่าอำนาจจำแนก (r) ตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป)

5. หาค่าความเชื่อมั่น นำข้อสอบที่คัดเลือกไว้มาคำนวณหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ โดยใช้สูตร KR-20 ของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน (Kuder-Richardson) ซึ่งควรมีค่าตั้งแต่ 0.70 ขึ้นไป

6. พิมพ์แบบทดสอบเป็นฉบับสมบูรณ์เพื่อนำไปใช้เก็บข้อมูลก่อนเรียน (Pre-test) และหลังเรียน (Post-test)

ขั้นตอนการสร้างและหาคุณภาพ "แบบสอบถามความพึงพอใจ"

1. ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวกับทฤษฎี หลักการ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบสอบถามเจตคติและความพึงพอใจต่อการใช้เทคโนโลยี

2. สร้างแบบสอบถาม ร่างข้อคำถามเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ ตามวิธีของลิเคิร์ต (Likert) ครอบคลุมประเด็น ด้านกิจกรรม 5E, ด้านการบูรณาการ AI, และด้านประโยชน์ที่ได้รับ

3. ตรวจสอบความเที่ยงตรง นำแบบสอบถามไปให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้างและภาษาที่ใช้ (หาค่า IOC)

4. หาค่าความเชื่อมั่น นำแบบสอบถามไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง นำข้อมูลมาวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบถามทั้งฉบับ ด้วยวิธีหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา ของครอนบาค (Cronbach) ซึ่งควรมีค่าตั้งแต่ 0.70 ขึ้นไป

5. ปรับปรุงและจัดพิมพ์เพื่อนำไปใช้ประเมินผู้เรียนหลังการจัดการเรียนรู้

สถิติที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัย (ก่อนทดลองจริง)

การวิเคราะห์ค่าความสอดคล้อง (IOC - Index of Item Objective Congruence)

- ใช้สำหรับวิเคราะห์คุณภาพของ แผนการจัดการเรียนรู้ 5E-AI, ข้อสอบ และแบบสอบถามความพึงพอใจ
- วิธีวิเคราะห์นำคะแนนการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ (หรือสมาชิกในวง PLC) มาคำนวณหาค่าเฉลี่ย โดยกำหนดเกณฑ์ให้คะแนนคือ +1 (แน่ใจว่าสอดคล้อง), 0 (ไม่แน่ใจ), -1 (แน่ใจว่าไม่สอดคล้อง)
- เกณฑ์การตัดสิน ข้อที่มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.50 ถึง 1.00 ถือว่ามีความเที่ยงตรงและนำไปใช้ได้

การวิเคราะห์ความยากง่าย ($\bar{p}$) และค่าอำนาจจำแนก ($\bar{\bar{r}}$)

- ใช้สำหรับ วิเคราะห์คุณภาพของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นรายข้อ
- วิธีวิเคราะห์ วิเคราะห์โดยใช้เทคนิค 27% (กลุ่มเก่ง-กลุ่มอ่อน)
- เกณฑ์การตัดสิน คัดเลือกข้อสอบที่มีความยากง่าย ($\bar{p}$) ระหว่าง 0.20 - 0.80 และมีค่าอำนาจจำแนก ($\bar{r}$) ตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป

การวิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่น

- แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์: ใช้สูตร KR-20 (Kuder-Richardson) วิเคราะห์ความเชื่อมั่นทั้งฉบับ (ควรมีค่าตั้งแต่ 0.70 ขึ้นไป)
- แบบสอบถามความพึงพอใจ: ใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟา (Alpha Coefficient) ของ ครอนบาค (Cronbach) วิเคราะห์ความเชื่อมั่นทั้งฉบับ (ควรมีค่าตั้งแต่ 0.70 ขึ้นไป)

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อตอบวัตถุประสงค์การวิจัย (หลังทดลองสอน)

การวิเคราะห์ประสิทธิภาพของนวัตกรรม (เพื่อตอบวัตถุประสงค์ข้อ 1)

ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แนวใหม่แบบ 5E-AI Integrated Learning ตามเกณฑ์ประสิทธิภาพ 75/75 โดยใช้สูตร E1/E2 ซึ่งประกอบด้วยประสิทธิภาพของกระบวนการ (E1) และประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E2) ทั้งนี้ ค่า E1 เป็นการคำนวณจากร้อยละของคะแนนเฉลี่ยที่นักเรียนทำได้จากใบงาน กิจกรรมกลุ่ม หรือชิ้นงานที่สร้างจาก AI ระหว่างเรียน

โดยใช้สูตร $$E_1 = \left(\frac{\sum X/N}{A}\right) \times 100 \quad (1)$$

และค่า E2 เป็นการคำนวณจากร้อยละของคะแนนเฉลี่ยที่นักเรียนทำได้จากแบบทดสอบหลังเรียน (Post-test)

โดยใช้สูตร $$E_2 = \left(\frac{\sum Y/N}{B} \times 100\right) \quad (2)$$

ซึ่งกำหนดให้ $\sum X$ คือ คะแนนรวมของนักเรียนทุกคนจากการทำกิจกรรมและใบงานระหว่างเรียน $\sum Y$ คือ คะแนนรวมของนักเรียนทุกคนจากการทำแบบทดสอบหลังเรียน N คือ จำนวนนักเรียนทั้งหมด จำนวน 225 คน A คือ คะแนนเต็มของกิจกรรมระหว่างเรียนทั้งหมด และ B คือ คะแนนเต็มของแบบทดสอบหลังเรียน เท่ากับ 20 คะแนน โดยผลการวิเคราะห์ที่ได้จะนำมาเปรียบเทียบ วิเคราะห์ประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แนวใหม่ (5E-AI Integrated Learning) ตามเกณฑ์ 75/75 โดยใช้สูตร E_1/E_2

การวิเคราะห์เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (เพื่อตอบวัตถุประสงค์ข้อ 2)

ผู้วิจัยได้ดำเนินการเปรียบเทียบคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนของผู้เรียนกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้สถิติการทดสอบค่าทีแบบกลุ่มตัวอย่างไม่เป็นอิสระต่อกัน (t-test for Dependent Samples) เพื่อทดสอบสมมติฐานว่าคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติหรือไม่ ซึ่งเป็นการวิเคราะห์ความแตกต่างของคะแนนจากผู้เรียนกลุ่มเดียวกันก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้

โดยใช้สมการในการคำนวณค่า t ดังนี้ $$t = \frac{\sum D}{\sqrt{\frac{n\sum D^2 - \left(\sum D^2\right)}{n-1}}} \quad (3)$$

ทั้งนี้ ตัวแปรที่ใช้ในการคำนวณประกอบด้วย tคือ ค่าสถิติที่ใช้พิจารณาความแตกต่างตามการแจกแจงแบบ t-distribution, Dคือ ผลต่างของคะแนนแต่ละคู่ $(D = Post - Pre)$, $\sum D$คือ ผลรวมของผลต่างคะแนนทั้งหมด, $\sum D^2$คือ ผลรวมของกำลังสองของผลต่างคะแนนแต่ละคู่, nคือ จำนวนคู่ของคะแนน ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้มีจำนวน 225 คู่ และค่าองศาอิสระ $(df = n - 1)$เท่ากับ 224 เพื่อใช้ในการเปิดตารางสถิติและพิจารณานัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05.

การวิเคราะห์เจตคติและความพึงพอใจ (เพื่อตอบวัตถุประสงค์ข้อ 3)

ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ระดับความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้แบบ 5E ร่วมกับเทคโนโลยี AI โดยใช้สถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ($\vec{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ในการวิเคราะห์ข้อมูล ซึ่งค่าเฉลี่ยใช้เพื่อแสดงระดับความพึงพอใจโดยรวมของผู้เรียน ส่วนส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานใช้เพื่อพิจารณาความสอดคล้องของความคิดเห็นของผู้เรียนว่ามีการกระจายของข้อมูลมากน้อยเพียงใด จากนั้นนำค่าเฉลี่ยที่ได้มาแปลผลตามเกณฑ์การประเมินแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ โดยกำหนดให้ค่าเฉลี่ยระหว่าง 4.51 – 5.00 หมายถึง มีความพึงพอใจมากที่สุด, 3.51 – 4.50 หมายถึง มีความพึงพอใจมาก, 2.51 – 3.50 หมายถึง มีความพึงพอใจปานกลาง, 1.51 – 2.50 หมายถึง มีความพึงพอใจน้อย และ 1.00 – 1.50 หมายถึง มีความพึงพอใจน้อยที่สุด เพื่อนำผลที่ได้ไปใช้สรุปและอภิปรายผลเกี่ยวกับเจตคติและความพึงพอใจของผู้เรียนต่อการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวต่อไป

สมการค่าเฉลี่ย (Mean)

$$\vec{X} = \frac{\sum X}{n} \quad (4)$$

สมการส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)

$$S.D = \sqrt{\frac{n\sum X^2 - (\sum X^2)}{n(n-1)}} \quad (5)$$

ความหมายของตัวแปรที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลความพึงพอใจของผู้เรียน ประกอบด้วย $\bar{X}$คือ ค่าเฉลี่ยของคะแนนความพึงพอใจของผู้เรียนที่ใช้แสดงระดับความคิดเห็นโดยรวม, $S.D.$คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ซึ่งใช้พิจารณาความสอดคล้องของความคิดเห็นของผู้เรียน หากค่า $S.D.$ต่ำ แสดงว่าผู้เรียนมีความคิดเห็นไปในทิศทางเดียวกันหรือมีความแตกต่างกันน้อย $\sum X$คือ ผลรวมของคะแนนความพึงพอใจทั้งหมดที่ได้รับจากผู้เรียน และ nคือ จำนวนผู้เรียนกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้มีจำนวน 225 คน $(n = 225)$โดยค่าต่าง ๆ ดังกล่าวถูกนำมาใช้ในการวิเคราะห์และแปลผลระดับความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ต่อไป

ผลการวิจัย

ตอนที่ 1 ผลการหาประสิทธิภาพของนวัตกรรมการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แนวใหม่ (5E-AI Integrated Learning)

ตารางที่ 1 ประสิทธิภาพของการจัดการเรียนรู้ 5E-AI Integrated Learning ตามเกณฑ์ 75/75

รายการประเมิน	คะแนนเต็ม	คะแนนเฉลี่ย ($\vec{x}$)	ร้อยละของคะแนนเฉลี่ย	ประสิทธิภาพ
ประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1)				
- การประเมินแบบบันทึกกิจกรรมการทดลอง (PhET Simulations)				
- การประเมินการตอบคำถามเชิงวิเคราะห์ร่วมกับ AI Chatbot	100	76.50	76.50	76.50
- การประเมินชิ้นงานสร้างสรรค์สรุปมโนทัศน์ (Canva / Suno)				
ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_2)				
- แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน (Post-test)	20	15.60	78.00	78.00
รวมประสิทธิภาพ (E_1/E_2)				76.50 / 78.00

จากตารางที่ 1 พบว่า นวัตกรรมการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แนวใหม่ (5E-AI Integrated Learning) ที่ขับเคลื่อนผ่านกระบวนการปฏิบัติงานร่วมกันแบบ PLC มีประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1) เท่ากับ 76.50 และประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_2) เท่ากับ 78.00 แสดงว่านวัตกรรมแผนการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพ E_1/E_2 เท่ากับ 76.50/78.00 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 75/75 ที่กำหนดไว้

ตอนที่ 2 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน

ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนของผู้เรียนที่จัดการเรียนรู้ด้วยนวัตกรรม 5E-AI Integrated Learning โดยการทดสอบค่าที (t-test for Dependent Samples)

การทดสอบ	จำนวนผู้เรียน (N)	คะแนนเต็ม	$\vec{x}$	S.D.	t	p-value (Sig.)
ก่อนเรียน (Pre-test)	225	20	8.35	2.14	42.18*	.000
หลังเรียน (Post-test)	225	20	15.60	1.95		

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 2 พบว่า ผู้เรียนกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โรงเรียนเทิงวิทยาคม จำนวน 225 คน ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แนวใหม่ (5E-AI Integrated Learning) ขับเคลื่อนผ่านกระบวนการชุมชนแห่งการเรียนรู้ทางวิชาชีพ (PLC) มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน ($\vec{x}$ = 15.60, S.D. = 1.95) สูงกว่าก่อนเรียน ($\vec{x}$ = 8.35, S.D. = 2.14) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ ทั้งนี้ เมื่อพิจารณาความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในแต่ละหัวข้อ พบว่า ก่อนเรียนผู้เรียนส่วนใหญ่ยังมีความเข้าใจในระดับพื้นฐานและมีมโนมติคลาดเคลื่อนในหลายประเด็น เช่น การอธิบายหลักการทางวิทยาศาสตร์เชิงเหตุผล การเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของปรากฏการณ์ทางธรรมชาติกับทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ รวมถึงการนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์จริง ผู้เรียนบางส่วนยังตอบคำถามโดยอาศัยการท่องจำมากกว่าความเข้าใจเชิงลึก ส่งผลให้ไม่สามารถอธิบายหรือวิเคราะห์สถานการณ์ทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างถูกต้องครบถ้วน

หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ 5E-AI Integrated Learning ผู้เรียนมีพัฒนาการด้านความเข้าใจมโนมติในทุกหัวข้ออย่างชัดเจน โดยสามารถอธิบายแนวคิด หลักการ และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ได้ถูกต้องมากขึ้น มีความสามารถในการเชื่อมโยงองค์ความรู้กับสถานการณ์ในชีวิตประจำวัน วิเคราะห์ข้อมูล ทดลอง ตั้งสมมติฐาน และอภิปรายผลได้อย่างมีเหตุผล นอกจากนี้ ผู้เรียนยังสามารถใช้เทคโนโลยี AI เป็นเครื่องมือในการสืบค้นข้อมูล ตรวจสอบความถูกต้อง และสร้างองค์ความรู้ร่วมกันภายในชั้นเรียน ส่งผลให้เกิดความเข้าใจเชิงลึก (Deep Understanding) และลดความคลาดเคลื่อนของมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในแต่ละหัวข้อได้อย่างมีประสิทธิภาพ อีกทั้งกระบวนการ PLC ยังช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ การอภิปราย และการสะท้อนคิดร่วมกัน จนทำให้ผู้เรียนมีความมั่นใจในการอธิบายและประยุกต์ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้ดียิ่งขึ้น

ตอนที่ 3 ผลการศึกษาความพึงพอใจของผู้เรียน

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แนวใหม่ (5E-AI Integrated Learning)

รายการประเมิน	$\vec{x}$	S.D.	แปลผล
ด้านกิจกรรมการเรียนการสอน (5E)			
1. กิจกรรมช่วยกระตุ้นความสนใจและทำให้เนื้อหาเข้าใจง่ายขึ้น	4.65	0.55	มากที่สุด
2. การเรียนรู้แบบสืบเสาะเปิดโอกาสให้ผู้เรียนค้นพบคำตอบด้วยตนเอง	4.58	0.60	มากที่สุด
ด้านการบูรณาการเทคโนโลยี (AI Integration)			
3. การใช้ AI Chatbot ช่วยให้ได้รับคำแนะนำและการตอบข้อสงสัยได้อย่างรวดเร็วรายบุคคล	4.70	0.50	มากที่สุด
4. การวิเคราะห์ข้อมูลผ่าน NotebookLM ช่วยให้สรุปมโนทัศน์ได้แม่นยำขึ้น	4.62	0.58	มากที่สุด
5. การสร้างสรรค์ผลงานด้วย AI (เช่น Canva) ทำให้การเรียนวิทยาศาสตร์สนุกและน่าสนใจ	4.80	0.45	มากที่สุด
รวมเฉลี่ย	4.67	0.53	มากที่สุด

จากตารางที่ 3 พบว่า ผู้เรียนมีเจตคติและความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แนวใหม่ (5E-AI Integrated Learning) โดยภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\vec{x}$ = 4.67, S.D. = 0.53) เมื่อพิจารณารายข้อพบว่า ประเด็นที่ผู้เรียนพึงพอใจสูงสุดคือ การสร้างสรรค์ผลงานด้วย AI ทำให้การเรียนวิทยาศาสตร์สนุกและน่าสนใจ ($\vec{x}$ = 4.80) รองลงมาคือ การใช้ AI Chatbot ช่วยให้ได้รับคำแนะนำและการตอบข้อสงสัยได้อย่างรวดเร็วรายบุคคล ($\vec{x}$ = 4.70)

การอภิปรายผล

1. ผลการวิจัยพบว่านวัตกรรมมีประสิทธิภาพ E_1/E_2 เท่ากับ 76.50 / 78.00 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 75/75 ที่กำหนดไว้ ทั้งนี้เนื่องมาจากกระบวนการพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ไม่ได้เกิดจากครูผู้สอนเพียงลำพัง แต่ได้รับการกลั่นกรองผ่านกระบวนการ PLC ของกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่มีการร่วมกันวิเคราะห์ปัญหา ออกแบบกิจกรรม และสะท้อนผล (AAR) อย่างเป็นระบบ สอดคล้องกับแนวคิดของ วิจารณ์ พานิช (2555) ที่ระบุว่าการเรียนรู้ผ่านชุมชนวิชาชีพช่วยยกระดับคุณภาพการสอนได้จริง นอกจากนี้ การบูรณาการ AI เข้าไปในทุกขั้นตอนของ 5E ยังช่วยปิดช่องว่างในการเรียนรู้ เช่น การใช้ AI Chatbot ช่วยให้ข้อมูลรายบุคคล ทำให้การดำเนินกิจกรรมในชั้นเรียนเป็นไปอย่างต่อเนื่องและมีประสิทธิภาพ

2. การที่นักเรียนทั้ง 225 คน มีคะแนนหลังเรียน ($\vec{x}$ = 15.60) สูงกว่าก่อนเรียน ($\vec{x}$ = 8.35) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงให้เห็นว่าการผสานระหว่าง วงจรการสืบเสาะ (5E) และ เทคโนโลยี AI ช่วยเปลี่ยนผ่านจาก "การเรียนเชิงรับ" เป็น "การเรียนเชิงรุก" (Active Learning) ได้อย่างแท้จริง ในขั้นตอน Exploration และ Explanation การใช้สถานการณ์จำลอง (Simulations) เช่น PhET ช่วยให้นักเรียนเห็นภาพปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่ซับซ้อน (เช่น การเคลื่อนที่ หรือพลังงาน) ให้กลายเป็นภาพที่จับต้องได้ สอดคล้องกับทฤษฎีของ Bybee et al. (2006) ขั้นตอน Elaboration การใช้เครื่องมือ AI เช่น Canva และ NotebookLM ช่วยให้นักเรียนได้สรุปองค์ความรู้ออกมาเป็นชิ้นงานสร้างสรรค์ ทำให้เกิดความเข้าใจที่คงทน (Deep Learning) มากกว่าการท่องจำ

3. ผลการศึกษาพบว่านักเรียนมีความพึงพอใจในระดับ มากที่สุด ($\vec{x}$ = 4.73) โดยเฉพาะในด้านการใช้สถานการณ์จำลองและเครื่องมือ AI สิ่งนี้สะท้อนว่าผู้เรียนยุคใหม่มีความพร้อมและตื่นตัวต่อการใช้เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ (AI Literacy) เมื่อนำ AI มาใช้เป็น "ผู้ช่วยสนับสนุน" ไม่ใช่เพียงเครื่องมือสืบค้น จะช่วยเพิ่มแรงจูงใจในการเรียนวิทยาศาสตร์ได้เป็นอย่างดี สอดคล้องกับข้อเสนอของ UNESCO (2021) ที่เน้นย้ำถึงการใช้ AI เพื่อสนับสนุนการเรียนรู้รายบุคคล และสร้างบรรยากาศการเรียนรู้ที่สนุกสนานและท้าทาย

บทสรุป

การวิจัยเรื่อง "การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แนวใหม่ (5E-AI Integrated Learning) ขับเคลื่อนผ่านกระบวนการชุมชนแห่งการเรียนรู้ทางวิชาชีพ (PLC) กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โรงเรียนเทิงวิทยาคม" มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนานวัตกรรมการจัดการเรียนรู้ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 75/75 เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียน และเพื่อศึกษาความพึงพอใจของผู้เรียน โดยกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 - 6 โรงเรียนเทิงวิทยาคม ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2568 จำนวน 225 คน สรุปผลการวิจัยได้ดังนี้ นวัตกรรมการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แนวใหม่ (5E-AI Integrated Learning) ที่ขับเคลื่อนผ่านกระบวนการ PLC มีประสิทธิภาพรวมเท่ากับ 76.50/78.00 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 75/75 ที่กำหนดไว้ แสดงให้เห็นว่า

นวัตกรรมที่พัฒนาขึ้นมีคุณภาพเหมาะสมสำหรับการนำไปใช้จัดการเรียนการสอน ,ผลการเปรียบเทียบคะแนนทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนจำนวน 225 คน พบว่า คะแนนเฉลี่ยหลังเรียน ($\vec{X}$ = 15.60) สูงกว่า คะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน ($\vec{X}$ = 8.35) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ สะท้อนให้เห็นว่าการบูรณาการ AI และสถานการณ์จำลอง PhET เข้ากับกระบวนการ 5E ช่วยส่งเสริมความเข้าใจในเนื้อหาได้อย่างมีนัยสำคัญ ,ผู้เรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แนวใหม่ (5E-AI Integrated Learning) โดยภาพรวมอยู่ในระดับ มากที่สุด ($\vec{X}$= 4.73, S.D. = 0.50) โดยเฉพาะด้านการใช้สถานการณ์จำลองเพื่อช่วยเห็นภาพปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์และการใช้เครื่องมือ AI ในการสร้างสรรค์ผลงาน สรุปได้ว่าการเรียนรู้รูปแบบนี้สามารถสร้างบรรยากาศการเรียนรู้ที่สนุกสนานและตอบสนองความต้องการของผู้เรียนยุคใหม่ได้เป็นอย่างดี

กิตติกรรมประกาศ

รายงานการวิจัยเรื่อง การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แนวใหม่ (5E-AI Integrated Learning) ขับเคลื่อนผ่านกระบวนการชุมชนแห่งการเรียนรู้ทางวิชาชีพ (PLC) กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โรงเรียนเทิงวิทยาคม" สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาและสนับสนุนอย่างดียิ่งจากบุคคลหลายท่าน ขอกราบขอบพระคุณ นายดำรง ใจหงษ์ ผู้อำนวยการโรงเรียนเทิงวิทยาคม ที่ได้ให้การสนับสนุนวิสัยทัศน์ด้านการนำเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ (AI) มาใช้ในการยกระดับคุณภาพการศึกษา ตลอดจนการอำนวยความสะดวกในด้านทรัพยากรและเป็นกำลังใจสำคัญในการขับเคลื่อนนวัตกรรม "TWK-AI SMART" ภายในสถานศึกษา จนทำให้งานวิจัยชิ้นนี้บรรลุตามวัตถุประสงค์ทุกประการ ขอบพระคุณคณะครูใน กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โรงเรียนเทิงวิทยาคมทุกท่าน สำหรับความร่วมมือในกระบวนการชุมชนแห่งการเรียนรู้ทางวิชาชีพ (PLC) ที่ได้ร่วมกันวิเคราะห์ปัญหา ออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้ แลกเปลี่ยนเรียนรู้ และสะท้อนผลการสอนอย่างต่อเนื่อง พลังของความร่วมมือทางวิชาชีพเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้นวัตกรรม 5E-AI Integrated Learning มีความสมบูรณ์และนำไปใช้พัฒนาผู้เรียนได้จริง ขอขอบใจนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 - 6 จำนวน 225 คน ที่เป็นกลุ่มตัวอย่างในการศึกษาครั้งนี้ ซึ่งได้ให้ความร่วมมือในกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยความกระตือรือร้นและตั้งใจ สนุกไปกับการใช้เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์และสถานการณ์จำลอง เพื่อสร้างสรรค์องค์ความรู้ใหม่ๆ ด้วยตนเอง อันเป็นแรงผลักดันให้ผู้วิจัยมุ่งมั่นพัฒนาการจัดการเรียนรู้อย่างไม่หยุดยั้ง

ท้ายที่สุดนี้ ขอกราบขอบพระคุณครอบครัวและเพื่อนร่วมวิชาชีพทุกท่านที่คอยให้กำลังใจและคำปรึกษาที่เป็นประโยชน์มาโดยตลอด คุณค่าและประโยชน์ใดที่พึงมีจากรายงานการวิจัยฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบเพื่อเป็นเครื่องเชิดชูเกียรติแก่โรงเรียนเทิงวิทยาคม และเป็นแนวทางในการพัฒนาการศึกษาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีให้ก้าวหน้าสืบไป

เอกสารอ้างอิง

กัลยา กุ่ยหมื่นไวย, และคณะ. (2567). การพัฒนาทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบ 5E ร่วมกับเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ (AI). วารสารนวัตกรรมการศึกษาและการวิจัย. 8(2): 438-451.

กัลยาณี ใจดี. (2567). การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เชิงรุกร่วมกับเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์เพื่อส่งเสริมความฉลาดทางดิจิทัลของนักเรียนมัธยมศึกษา. (วิทยานิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิตมหาวิทยาลัยเชียงใหม่).

คาน, ซัลมาน. (2568). โลกใหม่เมื่อมี AI: พลิกโฉมการศึกษาและความหมายของมนุษย์ (Brave New Words). แปลโดย (สำนักพิมพ์ที่คาดว่าจะแปล เช่น Bookscape). กรุงเทพฯ.

ซัสส์คินด์, แดเนียล. (2564). โลกที่ไร้งาน (A World Without Work). แปลโดย วิโรจน์ ภัทรทีปกร. กรุงเทพฯ: วีเลิร์น.

ดเว็ค, คารอล เอส. (2566). Mindset: ใช้ความคิดเอาชนะโชคชะตา (ฉบับปรับปรุงใหม่). แปลโดย พรเลิศ อิฐฐ์.กรุงเทพฯ: วีเลิร์น.

ธนพล รัตนถา. (2566). ผลของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับสถานการณ์จำลอง PhET ที่มีต่อมโนทัศน์และทักษะการแก้ปัญหาฟิสิกส์. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยนเรศวร).

ธนากร บัวทอง. (2567). ชุมชนแห่งการเรียนรู้ทางวิชาชีพ: กลไกการขับเคลื่อนนวัตกรรมการสอนวิทยาศาสตร์ในศตวรรษที่ 21. วารสารครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย. 11(3): 88-102.

ธนากร บัวทอง และอภิสิทธิ์ ธงไชย. (2568). การประเมินประสิทธิภาพสภาพแวดล้อมการเรียนรู้อัจฉริยะ (Smart Learning Environment) ในรายวิชาฟิสิกส์เพิ่มเติมสำหรับนักเรียนห้องเรียนพิเศษ. รายงานการวิจัย. ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีการศึกษา สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กรุงเทพมหานคร.

ลักกิน, โรสแมรี่. (2566). AI เพื่อการเรียนรู้: บทนำสู่ทฤษฎีและการปฏิบัติ (AI for Learning). แปลโดย กิตติพงศ์ เจริญผล.กรุงเทพฯ.

ลิลเยดาห์ล, ปีเตอร์. (2567). สร้างห้องเรียนแห่งการคิด (Building Thinking Classrooms). แปลโดย (สำนักพิมพ์ที่คาดว่าจะแปล). กรุงเทพฯ.

วรพจน์ วงศ์กิจรุ่งเรือง. (2566). การจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์ด้วยสถานการณ์จำลองดิจิทัล PhET: ผลต่อการแก้โจทย์ปัญหาและการสร้างมโนทัศน์. วารสารสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.). 51(3): 33-46.

วิชุดา กลิ่นพยอม. (2567). ผลของการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เชิงรุกโดยใช้ปัญญาประดิษฐ์เป็นฐาน (AI-Based Learning) เพื่อพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น. รายงานการวิจัย. สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่.

วิจารณ์ พานิช. (2566). ชุมชนเรียนรู้ครูเพื่อศิษย์ในยุคดิจิทัล (Professional Learning Community in Digital Age). กรุงเทพฯ: มูลนิธิสดศรี-สฤษดิ์วงศ์.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.). (2565). แนวทางการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เชิงรุก (Active Learning) ผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัลและสถานการณ์จำลอง. กรุงเทพฯ: กระทรวงศึกษาธิการ.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.). (2568). ทิศทางการใช้ Generative AI ในห้องเรียนวิทยาศาสตร์ยุคใหม่. ใน หนังสือประมวลบทความการประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเพื่อการศึกษา (CreativeScience Education Conference) (น. 12-25). กรุงเทพฯ: โรงแรมดิเอมเมอรัลด์.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.). (2568). แนวทางการจัดการเรียนรู้เชิงรุก (Active Learning) และการวัดประเมินผลในศตวรรษที่ 21. สืบค้นจาก https://www.ipst.ac.th/

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2568). คู่มือการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เชิงรุกด้วยสถานการณ์จำลองดิจิทัล. สืบค้นจาก https://www.ipst.ac.th/resource

สมชาย รักเรียน. (2565). การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับสถานการณ์จำลอง PhET เพื่อยกระดับมโนทัศน์ทางฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. รายงานการวิจัย. กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โรงเรียนวิทยาศาสตร์จุฬาภรณราชวิทยาลัย นครศรีธรรมราช.

สมชาย รักเรียน และคณะ. (2567). ผลของการใช้สถานการณ์จำลอง PhET ร่วมกับแชตบอตอัจฉริยะในการพัฒนาทักษะการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์. ใน รายงานการประชุมวิชาการฟิสิกส์ระดับชาติ (Siam Physics Congress 2024) (88-94). กรุงเทพฯ: สมาคมฟิสิกส์ไทย.

สมเกียรติ ตั้งกิจวานิชย์. (2566). การศึกษากับปัญญาประดิษฐ์: โอกาสและความท้าทายของครูไทย. บทความวิจัย สถาบันวิจัยเพื่อการพัฒนาประเทศไทย (TDRI).

สิทธิชัย วิชัย และคณะ. (2568). การประยุกต์ใช้ปัญญาประดิษฐ์ (Generative AI) เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เชิงรุกในระดับมัธยมศึกษา. วารสารวิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ศึกษา (JSSE). 8(2): 210-225.

สิรินทรา มณฑา. (2565). กระบวนการสร้างชุมชนแห่งการเรียนรู้ทางวิชาชีพ (PLC) เพื่อพัฒนาสมรรถนะการจัดการเรียนรู้ของครูวิทยาศาสตร์ในโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่. (วิทยานิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิต, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ).

สิริพร ศรีสมวงษ์ และคณะ. (2566). การพัฒนารูปแบบการบริหารจัดการสถานศึกษาอัจฉริยะผ่านกระบวนการชุมชนแห่งการเรียนรู้ทางวิชาชีพ (PLC) เพื่อส่งเสริมนวัตกรรมการสอนดิจิทัล. รายงานการวิจัย. คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย เชียงราย.

สิริพร ศรีสมวงษ์ และธนพล ทวีบท. (2566). การขับเคลื่อนชุมชนแห่งการเรียนรู้ทางวิชาชีพ (PLC) เพื่อส่งเสริมนวัตกรรมการจัดการเรียนรู้ในโรงเรียนมัธยมศึกษา. วารสารวิจัยทางการศึกษา มหาวิทยาลัยเชียงราย. 15(1): 112-128.

สุพจน์ ศรีนุตพงษ์. (2567). Generative AI กับการพลิกโฉมห้องเรียนวิทยาศาสตร์: แนวทางการใช้ ChatGPT และ Geminiในการเรียนการสอน. กรุงเทพฯ: ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีการศึกษา.

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน (สพฐ.). (2567). คู่มือการดำเนินงานชุมชนแห่งการเรียนรู้ทางวิชาชีพ (PLC) สู่สถานศึกษาอัจฉริยะ. สืบค้นจาก https://www.obec.go.th/

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. (2567). แนวทางการดำเนินงานชุมชนแห่งการเรียนรู้ทางวิชาชีพ (PLC) เพื่อยกระดับคุณภาพผู้เรียน. กระทรวงศึกษาธิการ. สืบค้นจาก https://www.obec.go.th/manual-plc

อภิชาต พลประเสริฐ. (2565). การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับสถานการณ์จำลองเสมือนจริงเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์. วารสารวิทยาศาสตร์การศึกษา. 3(2): 1-15.

อภิสิทธิ์ ธงไชย และคณะ. (2567). การยกระดับสมรรถนะการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้วยการจัดการเรียนรู้เชิงรุกผ่านแพลตฟอร์มAI: กรณีศึกษาในรายวิชาฟิสิกส์. วารสารสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 52(2): 45-58.

โอคลีย์, บาร์บารา และคณะ. (2565). เรียนลึก เรียนไว แบบมือโปร (Learn Like a Pro). แปลโดย พรเลิศ อิฐฐ์. กรุงเทพฯ: วีเลิร์น.

EDUCA. (2567). "PLC 4.0: การสร้างชุมชนแห่งการเรียนรู้ผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัล." ใน เอกสารประกอบการประชุมสภาการศึกษาและการจัดงานมหกรรมทางการศึกษาเพื่อพัฒนาวิชาชีพครู ครั้งที่ 16. กรุงเทพฯ: สำนักงานเลขาธิการ

Canva for Education. (2025). Empowering Students with AI-Driven Visual Communication. Retrieved from https://www.canva.com/education/

Chen, L. (2023). The Synergy of 5E Instructional Model and AI-Based Scaffolding in Enhancing Students' Scientific Argumentation Skills. (Master's thesis, University of Hong Kong).

Chiu, T. K. F. (2023). Student Engagement in Online and Hybrid Learning with AI-supported Tools: A Self-determination Theory Perspective. Computers & Education: Artificial Intelligence. 4: 100-112.

Google for Education. (2026). Generative AI for Educators: Enhancing Physics Teaching with Gemini. Retrieved from https://edu.google.com/

Google for Education. (2025). Generative AI in the Classroom: A Guide for Science Educators. Retrieved from https://edu.google.com/ai-tools

Hwang, G. J., & Tu, Y. F. (2024). A Review of Generative AI in Science Education: Opportunities, Challenges, and Pedagogical Strategies. International Journal of STEM Education. 11(1): 1-18.

Miller, J. R. (2024). Integrating Generative Artificial Intelligence into High School Physics: Impacts on Student Inquiry and Conceptual Change. (Doctoral dissertation, Stanford University).

Phan, T. T. N., & Adriance, A. (2022). Integrating PhET Simulations into the 5E Instructional Model to Improve High School Students' Conceptual Understanding of Physics. Journal of Science Education and Technology. 31(5): 580-594.

UNESCO. (2024). AI and education: Guidance for policy-makers. Retrieved from https://www.unesco.org/en/digital-education/artificial-intelligence

University of Colorado Boulder. (2025). PhET Interactive Simulations: Research-Based Strategies for Science Classroom. Retrieved from https://phet.colorado.edu/

การพัฒนาสมรรถนะด้านการวัดและประเมินผลภาษาอังกฤษสำหรับนักศึกษาครูเพื่อการประเมินทักษะภาษาอังกฤษของผู้เรียนระดับประถมศึกษาในยุคปัญญาประดิษฐ์

Development of English language assessment competency of pre-service teachers for assessing primary students' English skills in the era of artificial intelligence

อนุชา แข่งขัน[1] ชนินทร์ ฐิติเพชรกุล[1*] ศักดิ์ชัย ไชยรักษ์[1] พันพัชร ปิ่นจินดา[1]
อลงกรณ์ เกิดเนตร[1] และอัษฎา พลอยโสภณ[1]
Anucha Khaengkhan[1], Chanin Thitipetchakul[1*], Sakchai Chaiyarak [1],
Panpachara Pinchinda [1], Alongkorn Koednet[1] and Asada Ploysopon[1]

[1]คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต
[1]Faculty of Education, Suan Dusit University
[*]Corresponding Author E-mail Address : Ajtong1@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาสมรรถนะด้านการวัดและประเมินผลภาษาอังกฤษสำหรับนักศึกษาครูเพื่อการประเมินทักษะภาษาอังกฤษของผู้เรียนระดับประถมศึกษาในยุคปัญญาประดิษฐ์ และ 2) ศึกษาระดับสมรรถนะฯ ของนักศึกษาครู การวิจัยเป็นแบบวิจัยและพัฒนา ดำเนินการ 2 ระยะ ได้แก่ ระยะที่ 1 การพัฒนาสมรรถนะด้านการวัดและประเมินผลภาษาอังกฤษของนักศึกษาครู และระยะที่ 2 การนำสมรรถนะไปใช้จริงในการประเมินทักษะภาษาอังกฤษของผู้เรียนระดับประถมศึกษา กลุ่มเป้าหมาย ได้แก่ นักศึกษาหลักสูตรศึกษาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาการประถมศึกษา วิชาโทภาษาอังกฤษ ปีการศึกษา 2568 จำนวน 12 คน และนักเรียนระดับประถมศึกษา โรงเรียนสาธิตละอออุทิศ จำนวน 60 คน ได้มาโดยการเลือกแบบเจาะจง เครื่องมือวิจัยประกอบด้วย 1) แบบประเมินสมรรถนะด้านการวัดและประเมินผลภาษาอังกฤษ 2) แบบสังเกตพฤติกรรมการใช้เครื่องมือประเมิน และ 3) แบบสะท้อนการประเมินของนักศึกษาครู วิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณโดยใช้ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ร้อยละ การทดสอบค่าทีแบบไม่อิสระ และขนาดอิทธิพล ส่วนข้อมูลเชิงคุณภาพใช้การวิเคราะห์เนื้อหา ผลการวิจัยพบว่า สมรรถนะด้านการวัดและประเมินผลภาษาอังกฤษของนักศึกษาครูประกอบด้วย 4 องค์ประกอบ ได้แก่ การวิเคราะห์ผลลัพธ์การเรียนรู้และตัวชี้วัดภาษาอังกฤษ การออกแบบและพัฒนาเครื่องมือประเมินทักษะภาษาอังกฤษ การใช้ปัญญาประดิษฐ์เพื่อสนับสนุนการวัดและประเมินผล และการใช้เครื่องมือประเมินและการให้ข้อมูลย้อนกลับ นักศึกษาครูมีสมรรถนะหลังการพัฒนาสูงกว่าก่อนการพัฒนาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และผลการวิเคราะห์เชิงคุณภาพสะท้อนว่านักศึกษาครูมีความเข้าใจการเชื่อมโยงตัวชี้วัดกับการประเมินมากขึ้น สามารถใช้ AI เพื่อสนับสนุนการออกแบบเครื่องมือได้อย่างมีวิจารณญาณ และมีความมั่นใจในการใช้เครื่องมือประเมินจริงในชั้นเรียนมากขึ้น

คำสำคัญ: สมรรถนะด้านการวัดและประเมินผลภาษาอังกฤษ นักศึกษาครู การประเมินทักษะภาษาอังกฤษ ปัญญาประดิษฐ์ ผู้เรียนระดับประถมศึกษา

Abstract

This research aimed to: 1) develop English language assessment competency for pre-service teachers in assessing primary students' English skills in the era of artificial intelligence; and 2) investigate the competency levels of pre-service teachers. The study employed a Research and Development (R&D) methodology conducted in two phases. Phase 1 focused on developing English language assessment competency for pre-service teachers, while Phase 2 involved implementing the competency in authentic assessment practices for primary students' English skills. The target groups consisted of 12 pre-service teachers enrolled in the Bachelor of Education Program in Elementary Education with a minor in English in the 2025 academic year and 60 primary students from La-orutis demonstration school selected through purposive sampling. Research instruments included: 1) an English language assessment competency evaluation form, 2) an observation form for assessment implementation behavior, and 3) reflective assessment forms of pre-service teachers. Quantitative data were analyzed using mean, standard deviation, percentage, paired-samples t-test, and effect size, while qualitative data were analyzed through content analysis. The findings revealed that English language assessment competency of pre-service teachers consisted of four major components: analysis of English learning outcomes and indicators, design and development of English skills assessment tools, use of artificial intelligence to support assessment, and implementation of assessment tools with feedback provision. The post-development competency scores were significantly higher than the pre-development scores at the .01 level. Qualitative findings further indicated that pre-service teachers developed a deeper understanding of the relationship between learning indicators and assessment, were able to use AI critically to support assessment design, and gained greater confidence in implementing authentic assessment tools in real classroom contexts.

Keywords: English language assessment competency, pre-service teachers, English skills assessment, artificial intelligence, primary students

บทนำ

ภาษาอังกฤษเป็นภาษาสากลที่มีบทบาทสำคัญต่อการสื่อสาร การศึกษา เศรษฐกิจ เทคโนโลยี การเข้าถึงองค์ความรู้ และการดำรงชีวิตในสังคมโลกยุคปัจจุบัน ความสามารถในการใช้ภาษาอังกฤษจึงมิได้เป็นเพียงทักษะทางภาษาเท่านั้น แต่เป็นสมรรถนะสำคัญที่เชื่อมโยงกับโอกาสในการเรียนรู้ การพัฒนาตนเอง และการมีส่วนร่วมในสังคมโลก ประเทศต่าง ๆ รวมถึงประเทศไทยจึงให้ความสำคัญกับการพัฒนาความสามารถด้านภาษาอังกฤษของผู้เรียนตั้งแต่ระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน โดยเฉพาะระดับประถมศึกษา ซึ่งเป็นช่วงวัยสำคัญของการพัฒนารากฐานทางภาษา การรับรู้เสียง การเรียนรู้คำศัพท์ การสร้างความคุ้นเคยกับรูปแบบภาษา และการพัฒนาทัศนคติที่ดีต่อการเรียนภาษาอังกฤษ (Gezer, 2022) การพัฒนาทักษะภาษาอังกฤษของผู้เรียนระดับประถมศึกษาไม่สามารถพิจารณาเฉพาะด้านการจัดการเรียนรู้เท่านั้น แต่จำเป็นต้องพิจารณากระบวนการวัดและประเมินผลควบคู่

กัน เนื่องจากการประเมินผลเป็นกลไกสำคัญที่ช่วยให้ครูทราบว่าผู้เรียนมีพัฒนาการด้านภาษาอยู่ในระดับใด มีจุดแข็งและจุดที่ควรพัฒนาในทักษะใด และควรได้รับการสนับสนุนเพิ่มเติมอย่างไร การประเมินภาษาอังกฤษที่มีคุณภาพจึงควรทำหน้าที่ทั้งในการตรวจสอบผลการเรียนรู้และในการส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียน (Levi & Inbar-Lourie, 2020; Butler et al., 2021)

ในบริบทของการเรียนรู้ภาษาอังกฤษระดับประถมศึกษา การวัดและประเมินผลควรครอบคลุมทั้ง 4 ทักษะ ได้แก่ การฟัง การพูด การอ่าน และการเขียน โดยแต่ละทักษะมีลักษณะเฉพาะและต้องการวิธีการประเมินที่แตกต่างกัน การประเมินทักษะการฟังควรใช้สื่อเสียง คำสั่ง หรือบทสนทนาที่เหมาะสมกับวัยและบริบทของผู้เรียน การประเมินทักษะการพูดควรเปิดโอกาสให้ผู้เรียนใช้ภาษาในสถานการณ์จริงหรือสถานการณ์จำลอง เช่น การแนะนำตนเอง การสนทนากับเพื่อน หรือการตอบคำถามจากภาพ การประเมินทักษะการอ่านควรใช้ข้อความสั้น นิทาน ป้าย ประกาศ หรือบทสนทนาที่เหมาะสมกับระดับภาษา ส่วนการประเมินทักษะการเขียนควรเริ่มจากการเขียนคำ ประโยค หรือข้อความสั้น ๆ ก่อนพัฒนาไปสู่การเขียนเพื่อการสื่อสารที่ซับซ้อนขึ้น (Levi & Inbar-Lourie, 2020) อย่างไรก็ตาม การประเมินภาษาอังกฤษในสถานศึกษายังเผชิญกับข้อจำกัดหลายประการ โดยเฉพาะการใช้ข้อสอบปรนัยเป็นเครื่องมือหลัก การขาดการประเมินทักษะการสื่อสารจริง การขาดเกณฑ์การประเมินที่ชัดเจน และการให้ข้อมูลย้อนกลับที่ยังไม่สามารถช่วยให้ผู้เรียนพัฒนาได้อย่างเป็นรูปธรรม ปัญหาเหล่านี้สะท้อนให้เห็นว่าครูและนักศึกษาครูจำเป็นต้องได้รับการพัฒนาสมรรถนะด้านการวัดและประเมินผลภาษาอังกฤษอย่างเป็นระบบ ทั้งในด้านความรู้ ความเข้าใจ ทักษะการออกแบบเครื่องมือ และความสามารถในการใช้ผลการประเมินเพื่อพัฒนาผู้เรียน (Ismail et al., 2022; Ali & Hamid, 2020) ฉะนั้น แนวคิดการประเมินเพื่อพัฒนาการเรียนรู้ (Assessment for Learning) จึงมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการจัดการเรียนรู้ภาษาอังกฤษในปัจจุบัน เนื่องจากมองว่าการประเมินไม่ควรเป็นเพียงกระบวนการตัดสินผลสัมฤทธิ์หลังเรียน แต่ควรเป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นระหว่างการเรียนรู้ เพื่อให้ข้อมูลแก่ครูและผู้เรียนเกี่ยวกับความก้าวหน้าในการเรียนรู้ (Willis & Cowie, 2025; Allal, 2020; Shepard, et al., 2020; Carless & Winstone, 2023); Steiss et al., 2024) นอกจากนี้ แนวคิดการประเมินตามสภาพจริง (Authentic Assessment) ยังเป็นแนวคิดที่เหมาะสมกับการประเมินภาษาอังกฤษระดับประถมศึกษา เนื่องจากช่วยให้ผู้เรียนได้ใช้ภาษาในสถานการณ์ที่ใกล้เคียงกับชีวิตจริง มากกว่าการตอบคำถามเชิงความจำหรือการเลือกคำตอบที่ถูกต้องเพียงอย่างเดียว การประเมินตามสภาพจริงอาจอยู่ในรูปของการสนทนา การเล่าเรื่อง การอ่านข้อมูลจากสื่อจริง การเขียนข้อความสั้น หรือการทำภาระงานภาษาในบริบทที่มีความหมายต่อผู้เรียน (McMillan & Moore, 2020) จึงช่วยให้การประเมินสะท้อนความสามารถในการใช้ภาษาอังกฤษของผู้เรียนได้อย่างรอบด้านมากขึ้น

ในยุคปัญญาประดิษฐ์ เทคโนโลยีด้านนี้ ได้เข้ามามีบทบาทสำคัญต่อการศึกษาอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะการสนับสนุนการออกแบบการเรียนรู้และการวัดประเมินผล ปัญญาประดิษฐ์สามารถช่วยครูและนักศึกษาครูในการสร้างข้อสอบ สร้างสถานการณ์ภาษา ปรับระดับความยากของข้อความ พัฒนารูบริก สร้างตัวอย่างคำตอบ วิเคราะห์คำตอบของผู้เรียน และออกแบบการให้ข้อมูลย้อนกลับได้อย่างรวดเร็วและหลากหลาย Luckin, 2025; Patrinos, 2020; Tuomi, 2022; Yaumi, 2025) การใช้ ปัญญาประดิษฐ์อย่างเหมาะสมจึงสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการออกแบบเครื่องมือประเมิน และช่วยให้ครูมีเวลามากขึ้นในการวิเคราะห์และสนับสนุนผู้เรียนเป็นรายบุคคล อย่างไรก็ตาม การใช้ปัญญาประดิษฐ์ในการวัดและประเมินผลภาษาอังกฤษจำเป็นต้องดำเนินควบคู่กับวิจารณญาณทางวิชาชีพของครู เนื่องจากผลลัพธ์จากปัญญาประดิษฐ์อาจมีข้อจำกัดด้านความถูกต้อง ความเหมาะสมของภาษา ความสอดคล้องกับหลักสูตร ความยากง่ายของข้อสอบ และอคติของข้อมูล (UNESCO, 2021) ดังนั้น นักศึกษาครูจึงไม่ควรใช้ปัญญาประดิษฐ์ในลักษณะพึ่งพาโดยขาดการตรวจสอบ แต่ควรใช้ปัญญาประดิษฐ์เป็นเครื่องมือสนับสนุนการคิด ออกแบบ และปรับปรุงการประเมิน โดยมีครูเป็นผู้กำกับคุณภาพและความเหมาะสมของเครื่องมือ โดยเฉพาะนักศึกษาหลักสูตรศึกษาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาการประถมศึกษา วิชาโทภาษาอังกฤษ จำเป็นต้องได้รับการเตรียมความพร้อมสำหรับการเป็นครูผู้สอนระดับประถมศึกษาในอนาคต นักศึกษากลุ่มนี้จำเป็นต้องมีสมรรถนะด้านการวัดและประเมินผลภาษาอังกฤษที่ครอบคลุมทั้งการ

วิเคราะห์หลักสูตรและตัวชี้วัด การออกแบบเครื่องมือประเมินทักษะการฟัง การพูด การอ่าน และการเขียน การใช้ปัญญาประดิษฐ์เพื่อสนับสนุนการประเมิน และการนำเครื่องมือไปใช้จริงพร้อมให้ข้อมูลย้อนกลับแก่ผู้เรียน หากนักศึกษาครูได้รับการพัฒนาสมรรถนะดังกล่าวอย่างเป็นระบบจะช่วยให้สามารถทำหน้าที่เป็นครูผู้ประเมินที่มีคุณภาพและสามารถใช้การประเมินเป็นเครื่องมือเพื่อพัฒนาผู้เรียนได้อย่างแท้จริง

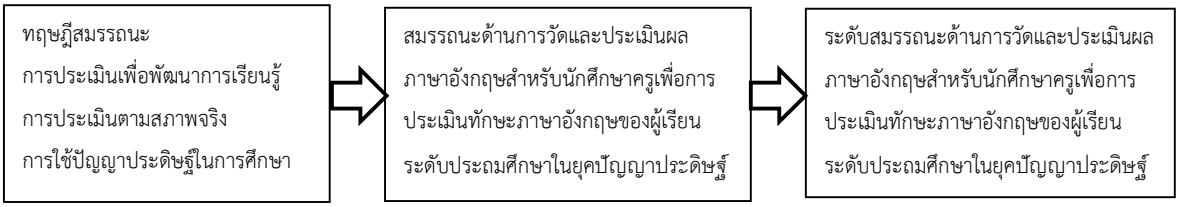
จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่ายังมีงานวิจัยที่มุ่งพัฒนาสมรรถนะด้านการวัดและประเมินผลภาษาอังกฤษของนักศึกษาครูในบริบทระดับประถมศึกษาและยุคปัญญาประดิษฐ์อย่างจำกัด โดยเฉพาะงานวิจัยที่เชื่อมโยงการพัฒนาองค์ประกอบสมรรถนะ การวิจัยครั้งนี้จึงจำเป็นที่ต้องพัฒนาองค์ความรู้และแนวทางเชิงปฏิบัติในการพัฒนานักศึกษาครูให้มีสมรรถนะด้านการวัดและประเมินผลภาษาอังกฤษที่สอดคล้องกับบริบทการศึกษาในยุคปัญญาประดิษฐ์ อีกทั้งยังเป็นแนวทางในการพัฒนาเครื่องมือวัดสมรรถนะและกิจกรรมการฝึกปฏิบัติที่ช่วยให้นักศึกษาครูสามารถเชื่อมโยงทฤษฎีกับการปฏิบัติจริงในชั้นเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

วัตถุประสงค์การวิจัย

1) เพื่อพัฒนาองค์ประกอบสมรรถนะด้านการวัดและประเมินผลภาษาอังกฤษสำหรับนักศึกษาครูเพื่อการประเมินทักษะภาษาอังกฤษของผู้เรียนระดับประถมศึกษาในยุคปัญญาประดิษฐ์

2) เพื่อศึกษาระดับสมรรถนะด้านการวัดและประเมินผลภาษาอังกฤษของนักศึกษาครูเพื่อการประเมินทักษะภาษาอังกฤษของผู้เรียนระดับประถมศึกษาในยุคปัญญาประดิษฐ์

กรอบแนวคิดการวิจัย



รูปที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

วิธีดำเนินการวิจัย

1. รูปแบบการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นกระบวนการวิจัยและพัฒนา (Research and Development) โดยวิธีการเก็บข้อมูลทั้งเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ การดำเนินการวิจัยแบ่งออกเป็น 2 ระยะ ได้แก่ ระยะที่ 1 การพัฒนาสมรรถนะและเครื่องมือวัดสมรรถนะด้านการวัดและประเมินผลภาษาอังกฤษ และระยะที่ 2 การนำสมรรถนะไปใช้ในการประเมินทักษะภาษาอังกฤษของผู้เรียนระดับประถมศึกษา

2. กลุ่มเป้าหมาย

กลุ่มเป้าหมายในการวิจัยประกอบด้วย 2 กลุ่ม ได้แก่

1) นักศึกษาหลักสูตรศึกษาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาการประถมศึกษา วิชาโทภาษาอังกฤษ ปีการศึกษา 2568 จำนวน 12 คน ได้มาโดยการเลือกแบบเจาะจง

2) นักเรียนระดับประถมศึกษา โรงเรียนสาธิตละอออุทิศ จำนวน 60 คน ได้มาโดยการเลือกแบบเจาะจง จากห้องเรียนที่นักศึกษาครูได้ปฏิบัติการฝึกประสบการณ์สอน

3. ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

ระยะที่ 1 การพัฒนาสมรรถนะและเครื่องมือวัดสมรรถนะ

มีเป้าหมายเพื่อพัฒนาองค์ประกอบสมรรถนะและเครื่องมือวัดสมรรถนะด้านการวัดและประเมินผลภาษาอังกฤษของนักศึกษาครู ดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ศึกษาแนวคิดเกี่ยวกับการวัดและประเมินผลภาษาอังกฤษ การประเมินทักษะการฟัง การพูด การอ่าน และการเขียน การประเมินตามสภาพจริง การให้ข้อมูลย้อนกลับ การพัฒนาสมรรถนะครู และการใช้ปัญญาประดิษฐ์เพื่อสนับสนุนการประเมิน

ขั้นตอนที่ 2 สังเคราะห์องค์ประกอบสมรรถนะ นำข้อมูลจากเอกสารมาสังเคราะห์เป็นองค์ประกอบสมรรถนะ 4 ด้าน พร้อมนิยามเชิงปฏิบัติการและพฤติกรรมบ่งชี้

ขั้นตอนที่ 3 พัฒนาเครื่องมือวัดสมรรถนะ สร้างแบบประเมินสมรรถนะด้านการวัดและประเมินผลภาษาอังกฤษ โดยกำหนดข้อคำถามให้ครอบคลุมองค์ประกอบทั้ง 4 ด้าน และใช้มาตรประมาณค่า 5 ระดับ

ขั้นตอนที่ 4 ตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ นำเครื่องมือที่พัฒนาขึ้นให้ผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา ความชัดเจนของภาษา และความเหมาะสมของรายการประเมิน จากนั้นปรับปรุงเครื่องมือตามข้อเสนอแนะ

ขั้นตอนที่ 5 จัดกิจกรรมพัฒนานักศึกษาครู ดำเนินการพัฒนานักศึกษาครูผ่านกิจกรรมการเรียนรู้เชิงปฏิบัติการ ได้แก่ การวิเคราะห์ตัวชี้วัด การออกแบบข้อสอบ การสร้างรูบริก การใช้ปัญญาประดิษฐ์เพื่อสร้างเครื่องมือ การทดลองใช้เครื่องมือ และการสะท้อนผลการเรียนรู้

ระยะที่ 2 การนำสมรรถนะไปใช้จริงกับผู้เรียนระดับประถมศึกษา

มีเป้าหมายเพื่อให้นักศึกษาครูนำสมรรถนะที่ได้รับการพัฒนาไปใช้จริงในการประเมินทักษะภาษาอังกฤษของผู้เรียนระดับประถมศึกษา ดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 วางแผนการประเมิน นักศึกษาครูกำหนดทักษะภาษาอังกฤษที่ต้องการประเมิน จุดประสงค์การประเมิน รูปแบบเครื่องมือ และเกณฑ์การให้คะแนน

ขั้นตอนที่ 2 พัฒนาและปรับปรุงเครื่องมือประเมิน นักศึกษาครูออกแบบเครื่องมือประเมินทักษะภาษาอังกฤษ โดยใช้ความรู้จากระยะที่ 1 และใช้ปัญญาประดิษฐ์สนับสนุนการออกแบบอย่างมีวิจารณญาณ

ขั้นตอนที่ 3 นำเครื่องมือไปใช้จริง นักศึกษาครูนำเครื่องมือประเมินไปใช้กับนักเรียนระดับประถมศึกษาโดยนักศึกษาครู 1 คน ต่อนักเรียน 5 คน รวมจำนวน 60 คน โดยผู้วิจัยสังเกตพฤติกรรมการใช้เครื่องมือ การชี้แจงคำสั่ง การให้ข้อมูลย้อนกลับ และการจัดการสถานการณ์ในชั้นเรียน

ขั้นตอนที่ 4 สะท้อนผลหลังการประเมิน นักศึกษาครูเขียนแบบสะท้อนการประเมินเกี่ยวกับจุดแข็ง ปัญหาอุปสรรค และสิ่งที่ได้เรียนรู้จากการใช้เครื่องมือจริง

4. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

4.1 แบบประเมินสมรรถนะด้านการวัดและประเมินผลภาษาอังกฤษ

แบบประเมินสมรรถนะด้านการวัดและประเมินผลภาษาอังกฤษกำหนดเกณฑ์คุณภาพการให้คะแนนแบบใช้พฤติกรรมกำหนดระดับ (Behaviorally anchored rating scale: BARS) 5 ระดับ เพื่อประเมินสมรรถนะของนักศึกษาครู ครอบคลุม 4 องค์ประกอบ ได้แก่ การวิเคราะห์ผลลัพธ์การเรียนรู้และตัวชี้วัดภาษาอังกฤษ การออกแบบและพัฒนาเครื่องมือ

ประเมินทักษะภาษาอังกฤษ การใช้ปัญญาประดิษฐ์เพื่อสนับสนุนการวัดและประเมินผล และการใช้เครื่องมือประเมินและการให้ข้อมูลย้อนกลับ โดยผ่านการตรวจสอบคุณภาพโดยผู้ทรงคุณวุฒิ

4.2 แบบสังเกตพฤติกรรมการใช้เครื่องมือประเมิน

แบบสังเกตพฤติกรรมการใช้เครื่องมือประเมินเพื่อบันทึกพฤติกรรมของนักศึกษาครูขณะนำเครื่องมือไปใช้จริงกับผู้เรียนระดับประถมศึกษา โดยครอบคลุมประเด็นการชี้แจงคำสั่ง การใช้เครื่องมือตามขั้นตอน การสังเกตพฤติกรรมผู้เรียน การบันทึกผล และการให้ข้อมูลย้อนกลับ โดยผ่านการตรวจสอบคุณภาพโดยผู้ทรงคุณวุฒิ

4.3 แบบสะท้อนการประเมินของนักศึกษาครู

แบบสะท้อนการประเมินของนักศึกษาครู เพื่อให้นักศึกษาครูบันทึกองค์ความรู้และประสบการณ์ของหลังจากนำเครื่องมือไปใช้จริง ประกอบด้วยประเด็นความเข้าใจในการออกแบบการประเมิน การใช้ปัญญาประดิษฐ์ ปัญหาที่พบ วิธีแก้ไข และการพัฒนาตนเองในฐานะครูผู้ประเมิน โดยผ่านการตรวจสอบคุณภาพโดยผู้ทรงคุณวุฒิ

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

1) การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ ประกอบด้วย ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ร้อยละ การทดสอบค่าทีแบบไม่อิสระ และขนาดอิทธิพล เพื่อเปรียบเทียบระดับสมรรถนะก่อนและหลังการพัฒนา

2) การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ จากแบบสะท้อนการประเมินวิเคราะห์ด้วยการวิเคราะห์เนื้อหา โดยอ่านข้อมูลซ้ำ จัดกลุ่มประเด็นสำคัญ สังเคราะห์หมวดหมู่ และตีความผลเชื่อมโยงกับองค์ประกอบสมรรถนะทั้ง 4 ด้าน

ผลการวิจัย

1. ผลการพัฒนาสมรรถนะด้านการวัดและประเมินผลภาษาอังกฤษ

ผลการพัฒนาสมรรถนะด้านการวัดและประเมินผลภาษาอังกฤษของนักศึกษาครู พบว่า สมรรถนะดังกล่าวประกอบด้วย 4 องค์ประกอบหลัก ได้แก่ 1) ด้านการวิเคราะห์ผลลัพธ์การเรียนรู้และตัวชี้วัดภาษาอังกฤษ 2) ด้านการออกแบบและพัฒนาเครื่องมือประเมินทักษะภาษาอังกฤษ 3) ด้านการใช้ปัญญาประดิษฐ์เพื่อสนับสนุนการวัดและประเมินผล และ 4) ด้านการใช้เครื่องมือประเมินและการให้ข้อมูลย้อนกลับ โดยองค์ประกอบทั้ง 4 ด้านมีความเชื่อมโยงกันอย่างเป็นระบบ โดยเริ่มจากการวิเคราะห์ตัวชี้วัดและผลลัพธ์การเรียนรู้ เพื่อนำไปสู่การออกแบบเครื่องมือประเมินที่สอดคล้องกับทักษะภาษา จากนั้นใช้ปัญญาประดิษฐ์เพื่อสนับสนุนการออกแบบ ปรับปรุง และตรวจสอบเครื่องมือ และนำเครื่องมือไปใช้จริงพร้อมให้ข้อมูลย้อนกลับเพื่อพัฒนาผู้เรียน

2. ผลการพัฒนาเครื่องมือวัดสมรรถนะ

เครื่องมือวัดสมรรถนะด้านการวัดและประเมินผลภาษาอังกฤษที่พัฒนาขึ้นมีลักษณะเป็นแบบประเมินมาตรประมาณค่า 5 ระดับ ครอบคลุมองค์ประกอบสมรรถนะทั้ง 4 ด้าน โดยรายการประเมินเน้นพฤติกรรมที่สามารถสังเกตและวัดได้ เช่น การวิเคราะห์ตัวชี้วัด การออกแบบข้อสอบ การสร้างรูบริก การใช้ปัญญาประดิษฐ์ การตรวจสอบผลลัพธ์จากปัญญาประดิษฐ์ การใช้เครื่องมือประเมิน และการให้ข้อมูลย้อนกลับ เครื่องมือดังกล่าวได้รับการออกแบบให้สามารถใช้ประเมินสมรรถนะของนักศึกษาครูทั้งก่อนและหลังการพัฒนา รวมทั้งสามารถใช้เป็นแนวทางในการสะท้อนผลการเรียนรู้ของนักศึกษาในระหว่างกระบวนการพัฒนาได้

3. ผลการเปรียบเทียบสมรรถนะก่อนและหลังการพัฒนา

ผลการเปรียบเทียบคะแนนสมรรถนะด้านการวัดและประเมินผลภาษาอังกฤษของนักศึกษาครูก่อนและหลังการพัฒนา พบว่า นักศึกษาครูมีคะแนนสมรรถนะหลังการพัฒนาสูงกว่าก่อนการพัฒนาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการเปรียบเทียบสมรรถนะด้านการวัดและประเมินผลภาษาอังกฤษก่อนและหลังการพัฒนา

การประเมิน	n	Mean	SD	t	p	Cohen's d	การแปลผล
ก่อนการพัฒนา	12	2.48	0.41	14.62	.000**	4.22	น้อย
หลังการพัฒนา	12	4.41	0.36				มาก

หมายเหตุ: $p < .01$

จากตารางที่ 1 พบว่า คะแนนเฉลี่ยก่อนการพัฒนาอยู่ในระดับน้อย (Mean = 2.48, SD = 0.41) ขณะที่คะแนนเฉลี่ยหลังการพัฒนาอยู่ในระดับมาก (Mean = 4.41, SD = 0.36) พบว่า คะแนนหลังการพัฒนาสูงกว่าก่อนการพัฒนาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และมีขนาดอิทธิพลระดับสูงมาก แสดงให้เห็นว่ากิจกรรมการพัฒนาที่ออกแบบขึ้นสามารถยกระดับสมรรถนะด้านการวัดและประเมินผลภาษาอังกฤษของนักศึกษาครูได้อย่างชัดเจน

4. ผลการวิเคราะห์ระดับสมรรถนะรายองค์ประกอบ

ผลการวิเคราะห์ระดับสมรรถนะรายองค์ประกอบหลังการพัฒนา พบว่า นักศึกษาครูมีสมรรถนะอยู่ในระดับมากถึงมากที่สุด โดยด้านที่มีค่าเฉลี่ยสูงคือ ด้านการออกแบบและพัฒนาเครื่องมือประเมินทักษะภาษาอังกฤษ และด้านการใช้ปัญญาประดิษฐ์เพื่อสนับสนุนการวัดและประเมินผล

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์สมรรถนะรายองค์ประกอบหลังการพัฒนา

องค์ประกอบสมรรถนะ	Mean	SD	ระดับ
การวิเคราะห์ผลลัพธ์การเรียนรู้และตัวชี้วัดภาษาอังกฤษ	4.32	0.39	มาก
การออกแบบและพัฒนาเครื่องมือประเมินทักษะภาษาอังกฤษ	4.58	0.29	มากที่สุด
การใช้ปัญญาประดิษฐ์เพื่อสนับสนุนการวัดและประเมินผล	4.49	0.33	มาก
การใช้เครื่องมือประเมินและการให้ข้อมูลย้อนกลับ	4.26	0.41	มาก
รวม	4.41	0.36	มาก

จากตารางที่ 2 พบว่า นักศึกษาครูมีสมรรถนะด้านการออกแบบและพัฒนาเครื่องมือประเมินทักษะภาษาอังกฤษสูงที่สุด (Mean = 4.58, SD = 0.29) รองลงมาคือด้านการใช้ปัญญาประดิษฐ์เพื่อสนับสนุนการวัดและประเมินผล (Mean = 4.49, SD = 0.33) แสดงให้เห็นว่ากิจกรรมการฝึกปฏิบัติและการใช้ปัญญาประดิษฐ์สนับสนุนการออกแบบเครื่องมือมีผลต่อการพัฒนาสมรรถนะของนักศึกษาครูอย่างชัดเจน

5. ผลการนำสมรรถนะไปใช้จริงในการประเมินผู้เรียนระดับประถมศึกษา

ผลการสังเกตพฤติกรรมการใช้เครื่องมือประเมินของนักศึกษาครูในชั้นเรียน พบว่า นักศึกษาสามารถนำเครื่องมือประเมินไปใช้จริงกับผู้เรียนระดับประถมศึกษาได้อย่างเหมาะสม สามารถชี้แจงคำสั่ง ใช้เครื่องมือประเมินตามขั้นตอน สังเกตพฤติกรรมผู้เรียน และให้ข้อมูลย้อนกลับแก่ผู้เรียนได้อย่างสร้างสรรค์ นักศึกษาครูสามารถออกแบบกิจกรรมประเมินที่เหมาะสมกับวัยของผู้เรียน เช่น การฟังแล้วเลือกภาพ การพูดแนะนำตนเอง การอ่านเรื่องสั้น และการเขียนประโยคบรรยายภาพ กิจกรรมดังกล่าวช่วยให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการประเมินและลดความกังวลในการใช้ภาษาอังกฤษ

6. ผลการวิเคราะห์เชิงคุณภาพจากแบบสะท้อนการประเมิน

ผลการวิเคราะห์แบบสะท้อนการประเมินของนักศึกษาครู พบประเด็นสำคัญ 4 ประเด็น ได้แก่

1) นักศึกษาครูเข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างตัวชี้วัด จุดประสงค์การเรียนรู้ และเครื่องมือประเมินมากขึ้น โดยสามารถเริ่มต้นการออกแบบเครื่องมือจากตัวชี้วัดแทนการเริ่มจากข้อสอบเพียงอย่างเดียว

2) นักศึกษาครูสามารถออกแบบเครื่องมือประเมินได้หลากหลายมากขึ้น โดยเฉพาะเครื่องมือประเมินทักษะการพูดและการเขียนที่ต้องใช้รูบริกและภาระงานตามสภาพจริง

3) นักศึกษาครูสามารถใช้ปัญญาประดิษฐ์เพื่อสนับสนุนการออกแบบข้อสอบ สถานการณ์ภาษา รูบริก และ การให้ข้อมูลย้อนกลับ ได้อย่างมีวิจารณญาณ โดยไม่ใช้ผลลัพธ์จากปัญญาประดิษฐ์โดยตรง แต่ตรวจสอบและปรับให้เหมาะสมกับระดับผู้เรียน

4) นักศึกษาครูมีความมั่นใจในการใช้เครื่องมือประเมินจริงในชั้นเรียนมากขึ้น และเข้าใจบทบาทของการประเมินในฐานะกระบวนการเพื่อพัฒนาผู้เรียน ไม่ใช่เพียงการให้คะแนน

อภิปรายผล

ผลการวิจัยครั้งนี้สะท้อนให้เห็นว่า การพัฒนาสมรรถนะด้านการวัดและประเมินผลภาษาอังกฤษสำหรับนักศึกษาครูในยุคปัญญาประดิษฐ์จำเป็นต้องดำเนินการอย่างเป็นระบบ ครอบคลุมทั้งด้านความรู้เชิงหลักการ ทักษะเชิงปฏิบัติ การใช้เทคโนโลยี และประสบการณ์จริงในชั้นเรียน โดยรายละเอียด ดังนี้

1) สมรรถนะด้านการวัดและประเมินผลภาษาอังกฤษของนักศึกษาครูประกอบด้วย 4 องค์ประกอบ ได้แก่ การวิเคราะห์ผลลัพธ์การเรียนรู้และตัวชี้วัดภาษาอังกฤษ การออกแบบและพัฒนาเครื่องมือประเมินทักษะภาษาอังกฤษ การใช้ปัญญาประดิษฐ์เพื่อสนับสนุนการวัดและประเมินผล และการใช้เครื่องมือประเมินและการให้ข้อมูลย้อนกลับ องค์ประกอบดังกล่าวสะท้อนแนวคิดการประเมินภาษาอังกฤษร่วมสมัยที่มองว่าการประเมินเป็นกระบวนการต่อเนื่อง ตั้งแต่การกำหนดเป้าหมายการเรียนรู้ การออกแบบเครื่องมือ การใช้ผลการประเมิน และการให้ข้อมูลย้อนกลับ เพื่อพัฒนาผู้เรียน (Levi & Inbar-Lourie, 2020; Butler et al., 2021; Gardner et al., 2021) โดยองค์ประกอบด้านการวิเคราะห์ผลลัพธ์การเรียนรู้และตัวชี้วัดภาษาอังกฤษเป็นจุดเริ่มต้นสำคัญของการประเมิน เพราะหากครูไม่สามารถวิเคราะห์ได้ว่าผู้เรียนควรแสดงพฤติกรรมทางภาษาอย่างไร การออกแบบเครื่องมือประเมินก็อาจไม่ตรงกับเป้าหมายการเรียนรู้ สอดคล้อง (Levi & Inbar-

Lourie, 2020) ที่อธิบายว่าการประเมินภาษาอังกฤษที่ดีต้องเริ่มจากความชัดเจนขององค์ประกอบหรือสิ่งที่ต้องการวัดก่อนเสมอ

2) นักศึกษาครูมีสมรรถนะด้านการออกแบบและพัฒนาเครื่องมือประเมินทักษะภาษาอังกฤษสูงที่สุดหลังการพัฒนา ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากกิจกรรมการพัฒนามุ่งให้ผู้เรียนได้ลงมือออกแบบเครื่องมือจริง ฝึกสร้างข้อสอบ ฝึกสร้างรูบริก ฝึกออกแบบภาระงาน และได้รับการให้ข้อมูลย้อนกลับจากผู้วิจัยอย่างต่อเนื่อง การเรียนรู้ลักษณะนี้ช่วยให้นักศึกษาครูเข้าใจว่าการประเมินภาษาอังกฤษต้องใช้เครื่องมือที่หลากหลายและสัมพันธ์กับลักษณะของทักษะภาษาแต่ละด้าน (Ismail et al., 2022; Ali & Hamid, 2020)

3) นักศึกษาครูสามารถใช้ปัญญาประดิษฐ์เพื่อช่วยออกแบบข้อสอบ สร้างสถานการณ์ภาษา พัฒนารูบริก และสร้างการให้ข้อมูลสะท้อนกลับ ได้อย่างมีวิจารณญาณ สอดคล้องกับ (Luckin, 2025) ที่เสนอว่าปัญญาประดิษฐ์สามารถช่วยสนับสนุนครูในการออกแบบการเรียนรู้และการประเมินที่ตอบสนองความแตกต่างของผู้เรียนได้ อย่างไรก็ตาม นักศึกษาครูยังตระหนักว่าปัญญาประดิษฐ์ไม่สามารถแทนที่การตัดสินใจของครูได้ทั้งหมด เนื่องจากผลลัพธ์จาก ปัญญาประดิษฐ์จำเป็นต้องได้รับการตรวจสอบและปรับให้เหมาะสมกับผู้เรียน ซึ่งสอดคล้องกับข้อเสนอของ UNESCO (2021) ที่เน้นว่าการใช้ปัญญาประดิษฐ์ในการศึกษาต้องอยู่ภายใต้การกำกับของมนุษย์และคำนึงถึงจริยธรรม

4) นักศึกษาครูมีสมรรถนะหลังการพัฒนาสูงกว่าก่อนการพัฒนาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 แสดงให้เห็นว่ากระบวนการพัฒนาที่ออกแบบขึ้นมีประสิทธิภาพ ทั้งนี้เป็นเพราะกิจกรรมพัฒนาใช้แนวทางการเรียนรู้เชิงปฏิบัติการ ทำให้นักศึกษาครูได้เชื่อมโยงความรู้เชิงทฤษฎีกับประสบการณ์จริง เกิดการเรียนรู้ผ่านการลงมือทำ การสะท้อนคิด และการปรับปรุงผลงานอย่างต่อเนื่อง ทำให้นักศึกษาครูสามารถใช้เครื่องมือประเมินในชั้นเรียนจริงได้เหมาะสม และสามารถให้ข้อมูลย้อนกลับแก่ผู้เรียนได้อย่างสร้างสรรค์ สอดคล้องกับแนวคิดการประเมินเพื่อการเรียนรู้ (Assessment for Learning) ที่มองว่าการประเมินควรเป็นกระบวนการที่ช่วยพัฒนาผู้เรียน ไม่ใช่เพียงการตัดสินผลการเรียน (Willis & Cowie, 2025; Allal, 2020; Shepard, et al., 2020) อีกทั้งยังสอดคล้องกับ Carless & Winstone, 2023 ที่ระบุว่า การให้ข้อมูลย้อนกลับที่มีคุณภาพควรช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจจุดแข็ง จุดที่ต้องพัฒนา และแนวทางการปรับปรุงตนเอง

ผลการวิจัยครั้งนี้ แสดงให้เห็นว่าการพัฒนาสมรรถนะด้านการวัดและประเมินผลภาษาอังกฤษของนักศึกษาครูในยุคปัญญาประดิษฐ์ควรดำเนินการในลักษณะที่ผสมผสานความรู้ด้านการประเมินภาษาอังกฤษ การฝึกปฏิบัติจริง การใช้ปัญญาประดิษฐ์อย่างมีวิจารณญาณ และการสะท้อนผลจากประสบการณ์ในชั้นเรียน เพื่อให้นักศึกษาครูสามารถพัฒนาตนเองเป็นครูผู้ประเมินที่มีคุณภาพและสามารถใช้การประเมินเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียนได้อย่างแท้จริง

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1.1 หน่วยงานที่มีหน้าที่พัฒนาวิชาชีพครูและผู้ที่เกี่ยวข้องสามารถนำกรอบสมรรถนะด้านการวัดและประเมินผลภาษาอังกฤษสำหรับนักศึกษาครูเพื่อการประเมินทักษะภาษาอังกฤษของผู้เรียนระดับประถมศึกษาในยุคปัญญาประดิษฐ์ไปใช้ในการกำหนดมาตรฐานสมรรถนะฯ

1.2 หน่วยงานที่มีหน้าที่พัฒนาวิชาชีพครูและผู้ที่เกี่ยวข้องสามารถนำแบบประเมินสมรรถนะด้านการวัดและประเมินผลภาษาอังกฤษสำหรับนักศึกษาครูเพื่อการประเมินทักษะภาษาอังกฤษของผู้เรียนระดับประถมศึกษาในยุค

ปัญญาประดิษฐ์ ไปใช้เป็นเครื่องมือในการประเมินและสมรรถนะฯ ของนักศึกษาครู โดยใช้ในการค้นหาส่วนต่างของสมรรถนะ (Competency gap) เพื่อนำไปใช้ในการพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรม รวมทั้งใช้เป็นเครื่องมือวัดประสิทธิผลของการฝึกอบรม

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ควรมีการศึกษาต่อยอดโดยนำแนวทางในการพัฒนากรอบสมรรถนะด้านการวัดและประเมินผลภาษาอังกฤษสำหรับนักศึกษาครูเพื่อการประเมินทักษะภาษาอังกฤษของผู้เรียนระดับประถมศึกษาในยุคปัญญาประดิษฐ์ ไปใช้ในการพัฒนากรอบสมรรถนะอื่น ๆ

2.2 ควรมีการศึกษาต่อยอดโดยการนำผลการศึกษาระดับสมรรถนะฯ ไปใช้ในการพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมเพื่อเสริมสร้างสมรรถนะด้านการวัดและประเมินผลภาษาอังกฤษสำหรับนักศึกษาครูเพื่อการประเมินทักษะภาษาอังกฤษของผู้เรียนระดับประถมศึกษาในยุคปัญญาประดิษฐ์

เอกสารอ้างอิง

Ali, M. M., & Hamid, M. O. (2020). Teaching English to the test: Why does negative washback exist within secondary education in Bangladesh?. Language Assessment Quarterly. 17(2): 129-146.

Allal, L. (2020). Assessment and the co-regulation of learning in the classroom. Assessment in Education: Principles, Policy & Practice. 27(4): 332-349.

Butler, Y. G., Peng, X., & Lee, J. (2021). Young learners' voices: Towards a learner-centered approach to understanding language assessment literacy. Language Testing. 38(3): 429-455.

Carless, D., & Winstone, N. (2023). Teacher feedback literacy and its interplay with student feedback literacy. Teaching in higher education. 28(1): 150-163.

Gardner, J., O'Leary, M., & Yuan, L. (2021). Artificial intelligence in educational assessment:'Breakthrough? Or buncombe and ballyhoo?'. Journal of Computer Assisted Learning. 37(5): 1207-1216.

Gezer, M. Ü. (2022). English for young learners in Turkey: Reflections from pre-service English language teachers. In English for Young Learners in Asia (pp. 85-105). Routledge.

Ismail, S. M., Rahul, D. R., Patra, I., & Rezvani, E. (2022). Formative vs. summative assessment: impacts on academic motivation, attitude toward learning, test anxiety, and self-regulation skill. Language Testing in Asia. 12(1): 40.

Levi, T., & Inbar-Lourie, O. (2020). Assessment literacy or language assessment literacy: Learning from the teachers. Language Assessment Quarterly. 17(2): 168-182.

Luckin, R. (2025). Nurturing human intelligence in the age of AI: rethinking education for the future. Development and Learning in Organizations: An International Journal. 39(1): 1-4.

McMillan, J. H., & Moore, S. (2020). Better being wrong (sometimes): classroom assessment that enhances student learning and motivation. The Clearing House: A Journal of Educational Strategies, Issues and Ideas. 93(2): 85-92.

Patrinos, H. A. (2020). The learning challenge in the 21st century. World Bank Policy Research Working Paper, (9214).

Shepard, L. A., Diaz-Bilello, E. K., Penuel, W. R., & Marion, S. F. (2020). Classroom assessment principles to support teaching and learning. Center for Assessment, Design, Research and Evaluation, University of Colorado Boulder.

Steiss, J., Tate, T., Graham, S., Cruz, J., Hebert, M., Wang, J., ... & Olson, C. B. (2024). Comparing the quality of human and ChatGPT feedback of students' writing. Learning and Instruction. 91: 101894.

Tuomi, I. (2022). Artificial intelligence, 21st century competences, and socio-emotional learning in education: More than high-risk?. European Journal of Education. 57(4): 601-619.

UNESCO, P. (2021). Reimagining our futures together: A new social contract for education (pp. 1-186). Paris: unesco.

Willis, J., & Cowie, B. (2025). Embodied Stories of Assessment for Learning: How Classroom Spaces Impact Opportunities for Learning and Little Justices. Educational Assessment. 30(2): 73–90. https://doi.org/10.1080/10627197.2025.2488444

Yaumi, M. (2025). Ethical-spiritual dimensions of 21st-century education: Taming artificial intelligence with human intelligence. Al-Musannif. 7(1): 1-14.

การพัฒนาระบบการเรียนรู้ออนไลน์แบบเกมิฟิเคชันร่วมกับปัญญาประดิษฐ์ผู้ช่วย เพื่อยกระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการคิดเชิงคำนวณในการเขียนโปรแกรม Scratch ของนักเรียนระดับประถมศึกษา

Development of an online gamification-based learning system integrated with an AI assistant to enhance learning achievement and computational thinking skills in Scratch programming for elementary school students

ชนินทร์ ฐิติเพชรกุล[1] อนุชา แข่งขัน[1*] ศักดิ์ชัย ไชยรักษ์[1] อลงกรณ์ เกิดเนตร[1] พันพัชร ปิ่นจินดา[1] และอัษฎา พลอยโสภณ[1]

Chanin Thitipetchakul[1], Anucha Khaengkhan[1*], Sakchai Chaiyarak[1], Alongkorn Koednet[1], Panpachara Pinchinda[1] and Asada Ploysopon[1]

[1]คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต กรุงเทพมหานคร*

[1]Faculty of Education, Suan Dusit University, Bangkok*

[*]Corresponding Author E-mail Address : Anucha_Kha@dusit.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยและพัฒนาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) ศึกษาบริบท ความต้องการ และออกแบบสถาปัตยกรรมของระบบการเรียนรู้ออนไลน์แบบเกมิฟิเคชันร่วมกับปัญญาประดิษฐ์ผู้ช่วย (2) พัฒนาและตรวจสอบประสิทธิภาพของระบบให้เป็นไปตามเกณฑ์ 80/80 (3) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการคิดเชิงคำนวณก่อนและหลังเรียน และ (4) ศึกษาความพึงพอใจและวิเคราะห์พฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียน ใช้รูปแบบการวิจัยกึ่งทดลองแบบ One-Group Pretest-Posttest Design กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนสาธิตละอออุทิศ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต จำนวน 30 คน ได้มาจากการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) เครื่องมือวิจัยประกอบด้วย ระบบการเรียนรู้ออนไลน์ ที่พัฒนาด้วย HTML, JavaScript และ Tailwind CSS บูรณาการกับ Custom AI Prompt ("กัปตันไบต์") แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 30 ข้อ (KR-20 = .82) แบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณจากชิ้นงาน (Cronbach's α = .89) และแบบสอบถามความพึงพอใจ (α = .94) วิเคราะห์ข้อมูลด้วยค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน Paired-samples t-tes และ Cohen's d

ผลการวิจัยพบว่า (1) ระบบมีประสิทธิภาพ 83.42/85.20 เป็นไปตามเกณฑ์ 80/80 (2) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($t(29) = 25.18$, $p < .001$, $d = 4.51$) (3) ทักษะการคิดเชิงคำนวณโดยรวมและรายองค์ประกอบ 4 ด้านสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($t(29) = 21.27$, $p < .001$, $d = 4.18$) โดยด้าน Abstraction มีพัฒนาการสูงสุด และ (4) นักเรียนมีความพึงพอใจในระดับมากที่สุด ($M = 4.78$, $SD = 0.39$) ข้อมูล Learning Analytics สะท้อนว่าการใช้ AI ตั้งคำถามแบบ Socratic Questioning ส่งเสริมการเรียนรู้เชิงรุกได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: เกมิฟิเคชัน ปัญญาประดิษฐ์เพื่อการศึกษา การคิดเชิงคำนวณ การเขียนโปรแกรม Scratch การประถมศึกษา

Abstract

This research and development study aimed to: (1) examine contextual factors and learner needs to design an online gamification-based learning system integrated with an AI assistant; (2) develop and evaluate the system's efficiency based on the 80/80 criterion; (3) compare students' learning achievement and computational thinking (CT) skills before and after implementation; and (4) investigate students' satisfaction and learning behaviors through learning analytics. A one-group pretest–posttest design was employed. The sample consisted of 30 sixth-grade students from La-or Utis Demonstration School, Suan Dusit University, selected via cluster random sampling. The instruments included the developed system, a 30-item achievement test (KR-20 = .82), a CT skills rubric (α = .89), and a satisfaction questionnaire (α = .94). Data were analyzed using descriptive statistics, paired-samples t-tests, and Cohen's d.

Results showed that the system efficiency reached 83.42/85.20, exceeding the 80/80 criterion. Students' posttest achievement and CT skills were significantly higher than pretest scores ($p < .001$), with large effect sizes. Students reported the highest satisfaction, and learning analytics indicated enhanced active learning and higher-order thinking.

Keywords: gamification, AI in education, computational thinking, Scratch programming, elementary education

บทนำ

ทักษะการคิดเชิงคำนวณ (Computational Thinking: CT) ได้รับการยอมรับในระดับสากลว่าเป็นสมรรถนะพื้นฐานสำหรับพลเมืองในศตวรรษที่ 21 ตามแนวคิดของ Wing (2006) ที่นิยามว่าเป็นกระบวนการคิดในการแก้ปัญหา การออกแบบระบบ และการทำความเข้าใจพฤติกรรมของมนุษย์โดยอาศัยหลักการพื้นฐานทางวิทยาการคอมพิวเตอร์ ในบริบทประเทศไทย กระทรวงศึกษาธิการได้บรรจุทักษะการคิดเชิงคำนวณไว้ในมาตรฐาน ว 4.2 ของหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) เพื่อเตรียมความพร้อมผู้เรียนให้สอดคล้องกับการประเมิน PISA ที่บูรณาการทักษะการคิดเชิงคำนวณเข้ากับการรู้ทางคณิตศาสตร์ตั้งแต่รอบการประเมิน พ.ศ. 2565 (OECD, 2023)

การจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาทักษะ CT ผ่านการเขียนโปรแกรม Scratch ในระดับประถมศึกษาของไทยยังคงเผชิญความท้าทายสำคัญ สอดคล้องกับการศึกษาของ ชยการ คีรีรัตน์ (2562) ที่พบว่าผู้เรียนในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานมักมีปัญหาในการประยุกต์ใช้กระบวนการแก้ปัญหาเชิงระบบ และพรรนิภา ชายขุนทด สูติเทพ ศิริพิพัฒนกุล และ ณัฐพล รำไพ (2567) ที่ชี้ว่า แม้การประยุกต์เกมิฟิเคชันร่วมกับ Scratch จะส่งเสริม CT ได้ แต่ยังขาดกลไกที่ตอบสนองความช่วยเหลือเฉพาะบุคคลเมื่อผู้เรียนเผชิญข้อผิดพลาด ปัญหาสำคัญที่พบ ได้แก่ (1) ผู้เรียนวัยประถมศึกษามักประสบปัญหาในการทำความเข้าใจตรรกะที่เป็นนามธรรม (2) ผู้เรียนมักขาดแรงจูงใจและละทิ้งงานเมื่อเผชิญกับ Bug ติดต่อกันเป็นเวลานาน และ (3) การเรียนในระบบออนไลน์ผู้เรียนขาดนั่งร้านการเรียนรู้ (Scaffolding) ที่ทันท่วงที (Tang et al., 2020)

การประยุกต์ใช้เกมิฟิเคชัน (Gamification) ซึ่งหมายถึงการนำกลไกและองค์ประกอบของเกม เช่น คะแนน เลเวล เหรียญตรา มาใช้ในบริบทที่ไม่ใช่เกมเพื่อกระตุ้นแรงจูงใจ (Sailer & Homner, 2020) ได้รับการยืนยันจากการวิเคราะห์อภิมานว่าส่งผลเชิงบวกต่อทั้งการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัย (Hedges' g = 0.49) ด้านแรงจูงใจ (g = 0.36) และด้านพฤติกรรม (g = 0.25) เช่นเดียวกับการวิเคราะห์อภิมานของ Lu et al. (2023) และ Ma et al. (2023) ที่ยืนยันว่าการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน (GBL) ส่งเสริมทักษะ CT ในระดับปานกลางถึงสูง (g = 0.60–0.68) ในขณะเดียวกัน การพัฒนาอย่างก้าวกระโดดของปัญญาประดิษฐ์เชิงสร้างสรรค์ (Generative AI) เปิดโอกาสใหม่ในการสร้างระบบครูสอนพิเศษอัจฉริยะที่สามารถให้ผลป้อนกลับเฉพาะบุคคลได้แบบเรียลไทม์ (Kasneci et al., 2023) สูติเทพ ศิริพิพัฒนกุล ศรินย์พร ชัยวิศิษฎ์ และ พัชราวดี ศรีบุญเรือง (2567) เสนอว่า ChatGPT และ Generative AI เป็นเทคโนโลยีอัจฉริยะที่กำลังจะปฏิวัติการเรียนรู้ในอนาคต โดยเทคนิค Prompt Engineering ที่ดี โดยเฉพาะการกำหนด Persona และการตั้งคำถามแบบ Socratic Questioning จะสามารถเปลี่ยน AI จาก "ผู้บอกคำตอบ" เป็น "เครื่องมือทางปัญญา" ที่กระตุ้นการคิดขั้นสูงของผู้เรียนได้ (Walter, 2024)

จากความสำคัญและช่องว่างทางการวิจัยดังกล่าว ผู้วิจัยจึงสนใจพัฒนาระบบการเรียนรู้ออนไลน์ที่บูรณาการจุดแข็งของกลไกเกมิฟิเคชันเข้ากับปัญญาประดิษฐ์ผู้ช่วย โดยกำหนดบทบาทเฉพาะ (Custom Persona) ให้ AI ทำหน้าที่เป็น "กัปตันไบต์" ที่ใช้การตั้งคำถามกระตุ้นความคิดแทนการเฉลยคำตอบโดยตรง เพื่อตอบโจทย์ปัญหาการขาดแรงจูงใจและการขาดผู้ชี้แนะรายบุคคล อันจะนำไปสู่การยกระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนระดับประถมศึกษาอย่างมีประสิทธิภาพ

วัตถุประสงค์การวิจัย

1) เพื่อศึกษาบริบท ความต้องการ และออกแบบสถาปัตยกรรมของระบบการเรียนรู้ออนไลน์แบบเกมิฟิเคชันร่วมกับปัญญาประดิษฐ์ผู้ช่วย

2) เพื่อพัฒนาและตรวจสอบประสิทธิภาพของระบบการเรียนรู้ออนไลน์ฯ ให้เป็นไปตามเกณฑ์ 80/80

3) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนก่อนและหลังการใช้ระบบการเรียนรู้ออนไลน์ฯ

4) เพื่อศึกษาความพึงพอใจและวิเคราะห์พฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนที่มีต่อระบบการเรียนรู้ออนไลน์ฯ

สมมติฐานการวิจัย

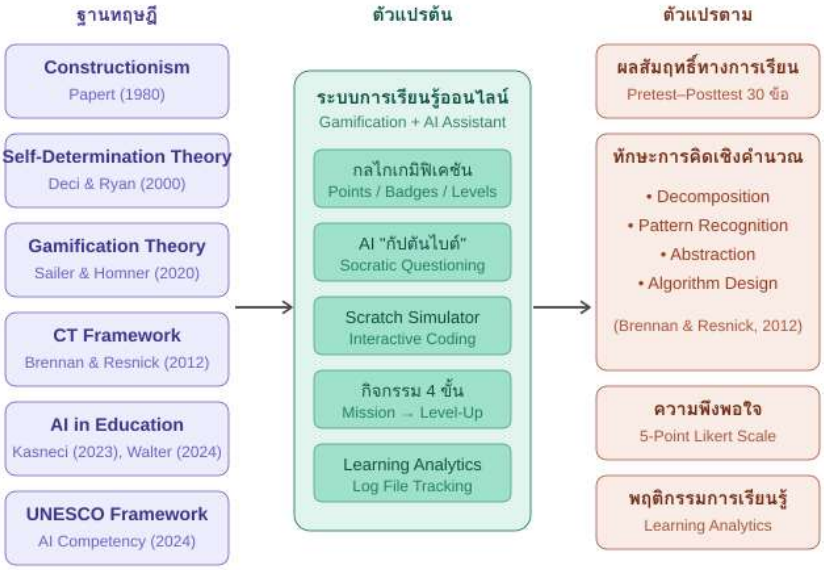
1) ระบบการเรียนรู้ออนไลน์แบบเกมิฟิเคชันร่วมกับปัญญาประดิษฐ์ผู้ช่วยที่พัฒนาขึ้น มีประสิทธิภาพเป็นไปตามเกณฑ์ 80/80

2) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3) ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อระบบการเรียนรู้ออนไลน์ฯ อยู่ในระดับมากขึ้นไป (M ≥ 3.51)

กรอบแนวคิดของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้สังเคราะห์กรอบแนวคิดจากฐานทฤษฎีและงานวิจัยใน 3 มิติหลัก ได้แก่ (1) มิติทฤษฎีการเรียนรู้ ใช้ทฤษฎีคอนสตรัคชันนิซึมของ Papert (1980) ร่วมกับทฤษฎีการกำหนดตนเอง (Self-Determination Theory) ของ Deci และ Ryan (2000) (2) มิติเทคโนโลยีและกลไกการสอน ใช้กรอบเกมิฟิเคชัน (Sailer & Homner, 2020) ร่วมกับการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน (Plass et al., 2015) และ (3) มิติปัญญาประดิษฐ์เพื่อการศึกษา ใช้แนวคิด Custom Prompt Engineering (Walter, 2024) ร่วมกับ Socratic Questioning ภายใต้กรอบ AI Literacy (UNESCO, 2024) โดยตัวแปรผลลัพธ์ของการเรียนรู้สอดคล้องกับกรอบ CT 4 องค์ประกอบของ Brennan และ Resnick (2012) ดังรูปที่ 1



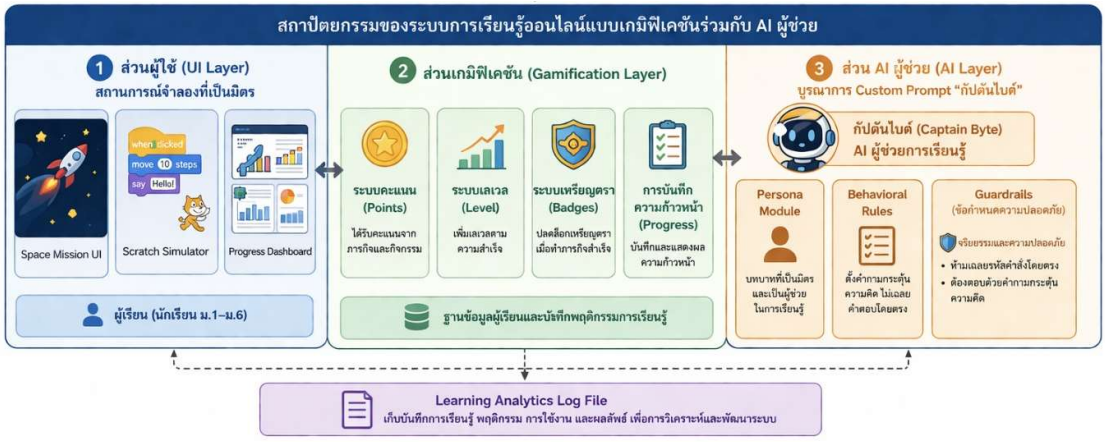
รูปที่ 1 กรอบแนวคิดของการวิจัย

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ใช้ระเบียบวิธีวิจัยและพัฒนา (Research and Development: R&D) ตามแนวทางของ Richey และ Klein (2014) บูรณาการกับหลักการวิจัยอิงการออกแบบ (Design-Based Research) แบ่งการดำเนินการเป็น 4 ระยะ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

ระยะที่ 1: การศึกษาบริบทและออกแบบสถาปัตยกรรมระบบ (R1)

ผู้วิจัยศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง สัมภาษณ์ครูผู้สอนวิทยาการคำนวณจำนวน 5 ท่าน และสำรวจความต้องการของนักเรียนจำนวน 60 คน เพื่อกำหนดข้อกำหนด (Requirements) ของระบบ จากนั้นออกแบบสถาปัตยกรรมระบบ (System Architecture) ประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก ได้แก่ (1) ส่วนผู้ใช้ (UI Layer) ออกแบบเป็นสถานการณ์จำลองอวกาศที่เป็นมิตรกับเด็ก (2) ส่วนเกมิฟิเคชัน (Gamification Layer) ประกอบด้วยระบบคะแนน เลเวล เหรียญตรา และการบันทึกความก้าวหน้า และ (3) ส่วน AI ผู้ช่วย (AI Layer) ที่บูรณาการ Custom Prompt ของ "กัปตันไบต์" โดยกำหนด Persona, Behavioral Rules และ Guardrails (เช่น ห้ามเฉลยรหัสคำสั่งโดยตรง ต้องตอบด้วยคำถามกระตุ้นความคิด) ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 สถาปัตยกรรมของระบบการเรียนรู้ออนไลน์แบบเกมิฟิเคชันร่วมกับ AI ผู้ช่วย

ระยะที่ 2: การพัฒนาและตรวจสอบประสิทธิภาพระบบ (D1)

ผู้วิจัยพัฒนาระบบส่วนหน้าด้วย HTML5, JavaScript (ES6+) และ Tailwind CSS เชื่อมต่อกับโมดูล AI ผ่าน API จากนั้นนำระบบไปประเมินคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ครอบคลุมด้านเทคโนโลยีการศึกษา 2 ท่าน ด้านวิทยาการคอมพิวเตอร์ 1 ท่าน ด้านการประถมศึกษา 1 ท่าน และด้านการวัดและประเมินผล 1 ท่าน ผลการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item Objective Congruence: IOC) อยู่ระหว่าง 0.80–1.00 ทุกรายการ จากนั้นดำเนินการทดลองใช้ตามขั้นตอน Tryout 3 ระยะ ได้แก่ แบบ 1:1 (3 คน) แบบกลุ่มย่อย (9 คน) และภาคสนาม (30 คน) เพื่อหาประสิทธิภาพของระบบ E1/E2 ตามเกณฑ์ 80/80 พร้อมปรับปรุงข้อบกพร่องทางเทคนิค (Bug) ในแต่ละรอบการทดลอง เครื่องมือวิจัยและการตรวจสอบคุณภาพ ประกอบด้วย (1) แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เป็นแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ ตรวจสอบคุณภาพรายข้อโดยมีค่าความยาก (p) อยู่ระหว่าง 0.40–0.78 ค่าอำนาจจำแนก (r) อยู่ระหว่าง 0.32–0.71 และค่าความเที่ยงทั้งฉบับด้วยสูตร KR-20 = .82 (2) แบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณจากชิ้นงาน Scratch เป็นแบบรูบริก 4 ระดับ ครอบคลุม 4 องค์ประกอบ มีค่าความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมิน (Inter-rater Reliability) ด้วย Cohen's

Kappa = .87 และค่าความเที่ยง Cronbach's α = .89 และ (3) แบบสอบถามความพึงพอใจ ชนิดมาตรประมาณค่า 5 ระดับ จำนวน 20 ข้อ ค่า Cronbach's α = .94

ระยะที่ 3: การนำระบบไปใช้จริง (R2)

ผู้วิจัยดำเนินการวิจัยกึ่งทดลองด้วยรูปแบบกลุ่มเดียวทดสอบก่อนและหลังเรียน (One-Group Pretest-Posttest Design) กับกลุ่มตัวอย่าง 30 คน ใช้เวลาทดลอง 8 สัปดาห์ โดยจัดกิจกรรมการเรียนรู้ 4 ขั้นตอน ได้แก่ (1) ขั้นรับภารกิจ (Mission Briefing) (2) ขั้นตะลุยด่านความรู้ (Knowledge Quest) (3) ขั้นสร้างสรรค์นวัตกรรมร่วมกับ AI (Co-creating with AI) และ (4) ขั้นสะท้อนคิดและอัปเลเวล (Reflection and Level-Up) พร้อมกับบันทึกข้อมูลพฤติกรรมการเรียนรู้ผ่าน Log File ของระบบ ได้แก่ ความถี่ในการเรียกใช้ AI ระยะเวลาในแต่ละด่าน จำนวนข้อผิดพลาดที่พบ และเส้นทางการเรียนรู้ของผู้เรียนการพิทักษ์สิทธิ์ผู้เข้าร่วมวิจัย การวิจัยครั้งนี้ได้มีการขอความยินยอมจากผู้ปกครอง (Parental Consent) และความยินยอมจากเด็ก (Child Assent) ก่อนเริ่มการทดลอง พร้อมทั้งคุ้มครองข้อมูลส่วนบุคคลตามพระราชบัญญัติคุ้มครองข้อมูลส่วนบุคคล พ.ศ. 2562

ระยะที่ 4: การประเมินผลและวิเคราะห์ข้อมูล (D2)

ผู้วิจัยตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นของสถิติพาราเมตริกด้วยการทดสอบการแจกแจงปกติของผลต่างคะแนนด้วย Shapiro-Wilk Test (W = .967, p = .473) ซึ่งเป็นไปตามข้อตกลง จึงใช้สถิติ Paired-samples t-test ในการเปรียบเทียบคะแนนก่อน-หลังเรียน คำนวณค่าขนาดอิทธิพลด้วยสูตร Cohen's d และวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพรรณนาด้วยค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน สำหรับข้อมูล Learning Analytics ใช้สถิติเชิงพรรณนาและการวิเคราะห์เชิงเปรียบเทียบรูปแบบพฤติกรรม

ผลการวิจัย

1. ประสิทธิภาพของระบบการเรียนรู้ออนไลน์ตามเกณฑ์ 80/80

ผลการตรวจสอบประสิทธิภาพของระบบการเรียนรู้ออนไลน์ที่พัฒนาขึ้นในการทดลองภาคสนามกับนักเรียน 30 คน พบว่า ค่าประสิทธิภาพระหว่างเรียน (E1) เท่ากับ 83.42 และค่าประสิทธิภาพหลังเรียน (E2) เท่ากับ 85.20 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ที่ 80/80 ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ประสิทธิภาพของระบบการเรียนรู้ออนไลน์ตามเกณฑ์ 80/80การอภิปรายผล

รายการ	คะแนนเต็ม	ค่าเฉลี่ย (ร้อยละ)	ผลการประเมิน
คะแนนกิจกรรมระหว่างเรียน (E1)	100	83.42	ผ่านเกณฑ์
คะแนนทดสอบหลังเรียน (E2)	30	85.20	ผ่านเกณฑ์
ประสิทธิภาพระบบ (E1/E2)		83.42/85.20	เป็นไปตามเกณฑ์ 80/80

2. ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ผลการเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังการใช้ระบบฯ ด้วยสถิติ Paired-samples t-test พบว่า คะแนนหลังเรียน (M = 25.56, SD = 2.38) สูงกว่าคะแนนก่อนเรียน (M = 12.43, SD = 3.12) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (t(29) = 25.18, p < .001) โดยมีค่าขนาดอิทธิพล Cohen's d = 4.51 ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียน

การทดสอบ	n	M	SD	t	p	Cohen's d
ก่อนเรียน	30	12.43	3.12	25.18*	< .001	4.51
หลังเรียน	30	25.56	2.38			

3. ผลการเปรียบเทียบทักษะการคิดเชิงคำนวณ

ผลการเปรียบเทียบคะแนนทักษะการคิดเชิงคำนวณก่อนและหลังเรียน พบว่า คะแนนทักษะ CT โดยรวมหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (t(29) = 21.27, p < .001, d = 4.18) เมื่อพิจารณาเป็นรายองค์ประกอบ พบว่าทุกองค์ประกอบมีคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยองค์ประกอบด้าน Abstraction มีพัฒนาการสูงสุด (d = 3.92) รองลงมาคือ Algorithm Design (d = 3.84), Pattern Recognition (d = 3.61) และ Decomposition (d = 3.45) ตามลำดับ ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการเปรียบเทียบคะแนนทักษะการคิดเชิงคำนวณรายองค์ประกอบก่อนและหลังเรียน

องค์ประกอบ	M (ก่อน)	SD	M (หลัง)	SD	t	d
Decomposition	1.42	0.51	3.27	0.55	18.94*	3.45
Pattern Recognition	1.38	0.49	3.18	0.51	19.81*	3.61
Abstraction	1.27	0.46	3.34	0.59	21.49*	3.92
Algorithm Design	1.45	0.52	3.39	0.50	21.05*	3.84
รวม	5.52	1.43	13.18	1.66	21.27*	4.18

หมายเหตุ: * p < .001, df = 29, องค์ประกอบรายด้านคะแนนเต็ม 4 ระดับ

4. ความพึงพอใจและพฤติกรรมการเรียนรู้

ผลการประเมินความพึงพอใจของนักเรียนต่อระบบการเรียนรู้ออนไลน์โดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด (M = 4.78, SD = 0.39) เมื่อพิจารณารายมิติ พบว่ามิติด้านปัญญาประดิษฐ์ผู้ช่วย (กัปตันไบต์) มีค่าเฉลี่ยสูงสุด (M = 4.85, SD = 0.36) รองลงมาคือ มิติด้านเกมิฟิเคชัน (M = 4.81, SD = 0.40) มิติด้านเนื้อหาบทเรียน (M = 4.74, SD = 0.42) และมิติด้านการใช้งานระบบ (M = 4.72, SD = 0.45) ตามลำดับ ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 การประเมินความพึงพอใจของนักเรียนต่อระบบการเรียนรู้ออนไลน์

รายการประเมิน (มิติ)	ค่าเฉลี่ย (M)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)	ระดับความพึงพอใจ
1.ด้านปัญญาประดิษฐ์ผู้ช่วย (กัปตันไบต์)	4.85	0.36	มากที่สุด
2. ด้านเกมิฟิเคชัน	4.81	0.40	มากที่สุด
3. ด้านเนื้อหาบทเรียน	4.74	0.42	มากที่สุด
4. ด้านการใช้งานระบบ	4.72	0.45	มากที่สุด
ภาพรวมความพึงพอใจต่อระบบ	4.78	0.39	มากที่สุด

การวิเคราะห์ข้อมูล Learning Analytics จาก Log File ในช่วง 8 สัปดาห์ของการทดลอง พบว่า นักเรียนเรียกใช้ AI "กัปตันไบต์" เฉลี่ย 18.7 ครั้ง/คน/ภารกิจ โดยเรียกใช้สูงสุดในช่วงที่พบข้อผิดพลาดของโปรแกรม (Bug-related queries) คิดเป็นร้อยละ 63.4 ของการเรียกใช้ทั้งหมด คำถามที่นักเรียนถาม AI สามารถจำแนกได้เป็น 3 ประเภท ได้แก่ (1) คำถามเชิงแก้ไขปัญหา (Debugging) ร้อยละ 52.8 (2) คำถามเชิงสร้างสรรค์ (Creative Inquiry) ร้อยละ 28.5 และ (3) คำถามเชิงตรวจสอบความเข้าใจ (Comprehension Check) ร้อยละ 18.7 ซึ่งสะท้อนถึงพฤติกรรมการเรียนรู้เชิงรุกของผู้เรียน

ตารางที่ 5 พฤติกรรมการเรียนรู้

รายการพฤติกรรมการเรียนรู้	จำนวน / ร้อยละ
1. ข้อมูลการเรียกใช้งานทั่วไป	
1.1 ความถี่ในการเรียกใช้ AI เฉลี่ย (ครั้ง/คน/ภารกิจ)	18.7
1.2 การเรียกใช้สูงสุดในช่วงพบข้อผิดพลาดของโปรแกรม (ร้อยละ)	63.4
2. ประเภทของคำถามที่เรียกใช้ (จำแนกตามวัตถุประสงค์)	
2.1 คำถามเชิงแก้ไขปัญหา (Debugging) (ร้อยละ)	52.8
2.2 คำถามเชิงสร้างสรรค์ (Creative Inquiry) (ร้อยละ)	28.5
2.3 คำถามเชิงตรวจสอบความเข้าใจ (Comprehension Check) (ร้อยละ)	18.7

การอภิปรายผลการวิจัย

1. ประสิทธิภาพของระบบและการก้าวกระโดดของผลลัพธ์การเรียนรู้

ผลการวิจัยที่พบว่าระบบการเรียนรู้ออนไลน์มีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ 80/80 และส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการคิดเชิงคำนวณอย่างมีนัยสำคัญ สอดคล้องกับการวิเคราะห์อภิมานของ Sailer และ Homner (2020) ที่ยืนยันว่าเกมิฟิเคชันส่งผลเชิงบวกต่อพุทธิพิสัยและแรงจูงใจ และผลการวิเคราะห์อภิมานของ Lu et al. (2023) และ Ma et al. (2023) ที่พบว่า GBL มีผลในระดับปานกลางถึงสูงต่อการพัฒนา CT (g = 0.60–0.68) ในบริบทไทย ผลการวิจัยนี้ยังสอดคล้องกับงานของ พรรนิภา ชายขุนทด และคณะ (2567) ที่พบว่าการประยุกต์เกมิฟิเคชันร่วมกับ Scratch ในระดับประถมศึกษาสามารถยกระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการคิดเชิงคำนวณได้สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด อย่างไรก็ตาม ค่าขนาดอิทธิพลที่พบในการวิจัยครั้งนี้ (d = 4.51, 4.18) สูงกว่าค่าที่รายงานในการวิเคราะห์อภิมานนานาชาติอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งผู้วิจัยอภิปรายว่าน่าจะเป็นผลของปัจจัยดังต่อไปนี้ ประการแรก การออกแบบที่บูรณาการสองนวัตกรรม

เข้าด้วยกัน ได้แก่ เกมิฟิเคชันและ AI ผู้ช่วย ซึ่งช่วยตอบสนองความต้องการพื้นฐานทางจิตวิทยาตามทฤษฎี SDT ของ Deci และ Ryan (2000) ครบทั้ง 3 ด้าน คือ ความสามารถ (Competence) ผ่านระบบเลเวล/เหรียญตรา ความเป็นอิสระ (Autonomy) ผ่านการเลือกเส้นทางการเรียนรู้ และความสัมพันธ์ (Relatedness) ผ่านการมีปฏิสัมพันธ์กับ AI ที่มีบุคลิกเป็นมิตร ประการที่สอง คะแนนก่อนเรียนของกลุ่มตัวอย่างค่อนข้างต่ำ (M = 12.43 จาก 30 คะแนน) สะท้อนว่าเนื้อหาเป็นเรื่องใหม่ที่ผู้เรียนยังไม่เคยเรียน จึงเปิดช่องว่างให้เกิดพัฒนาการสูง (Floor Effect ลดลง) ประการที่สาม การเลือกใช้รูปแบบการวิจัย One-Group Pretest-Posttest ที่ขาดกลุ่มควบคุม อาจทำให้ค่าขนาดอิทธิพลรวมเอาผลของการเจริญเติบโต (Maturation) และผลของการทดสอบ (Testing Effect) เข้ามาด้วย

2. พัฒนาการสูงสุดด้านการคิดเชิงนามธรรมและบทบาทของ Socratic Questioning

องค์ประกอบ Abstraction มีพัฒนาการสูงสุด (d = 3.92) เมื่อเทียบกับองค์ประกอบอื่น ผลนี้สามารถอธิบายผ่านบทบาทของ AI "กัปตันไบต์" ที่ออกแบบให้ตั้งคำถามเชิงนามธรรม เช่น "สิ่งสำคัญที่สุดที่ตัวละครต้องทำในเกมนี้คืออะไร?" หรือ "ถ้าจะลดจำนวนคำสั่งให้เหลือน้อยที่สุด เราต้องคิดเรื่องอะไรเป็นหลัก?" คำถามเหล่านี้บีบให้ผู้เรียนต้อง "กลั่นกรอง" สาระสำคัญออกจากรายละเอียด ซึ่งเป็นแก่นของกระบวนการ Abstraction ตามนิยามของ Brennan และ Resnick (2012) สอดคล้องกับการวิเคราะห์ของ Walter (2024) ที่ชี้ว่าการใช้ Prompt ที่ออกแบบให้ AI ทำหน้าที่เป็น "คู่คิด" แทนการเป็น "ผู้บอกคำตอบ" สามารถยกระดับการคิดขั้นสูงของผู้เรียน และสอดรับกับข้อเสนอของ สูติเทพ ศิริพิพัฒนกุล และคณะ (2567) ที่ชี้ว่า ChatGPT และ Generative AI หากออกแบบการใช้อย่างเหมาะสม จะกลายเป็นเครื่องมือเปลี่ยนผ่านการเรียนรู้สู่ยุคใหม่ที่ตอบโจทย์ความเป็นปัจเจกของผู้เรียน

3. ผลของการบูรณาการเกมิฟิเคชันและ AI ในเชิงโครงสร้าง

ความพึงพอใจสูงสุดในมิติ AI ผู้ช่วย (M = 4.85) สะท้อนว่าการมีผู้ช่วยที่ตอบสนองทันทีตลอดเวลา ช่วยลดความรู้สึกหงุดหงิดเมื่อผู้เรียนพบข้อผิดพลาด ซึ่งเป็นปัญหาคลาสสิกของการเรียนเขียนโปรแกรม ข้อมูล Learning Analytics ที่พบว่าร้อยละ 63.4 ของการเรียกใช้ AI เกิดขึ้นเมื่อพบ Bug ยืนยันว่า AI ทำหน้าที่เป็นนั่งร้านการเรียนรู้ที่ทันท่วงที สอดคล้องกับแนวคิดของ Vygotsky เกี่ยวกับ Zone of Proximal Development โดยปริยาย และเมื่อพิจารณาร่วมกับกลไกเกมิฟิเคชันที่ให้รางวัลทุกครั้งที่ผู้เรียนแก้ Bug ได้สำเร็จ ทำให้เกิดวงจรเสริมแรงเชิงบวก (Positive Reinforcement Loop) ที่ผู้เรียนกล้าเผชิญหน้ากับความผิดพลาดมากกว่าจะหลีกเลี่ยง

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

1. สรุปผลการวิจัย

การวิจัยและพัฒนาครั้งนี้ประสบความสำเร็จในการออกแบบและพัฒนาระบบการเรียนรู้ออนไลน์ที่บูรณาการเกมิฟิเคชันกับปัญญาประดิษฐ์ผู้ช่วย โดยมีประสิทธิภาพ 83.42/85.20 ส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนระดับประถมศึกษาเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และนักเรียนมีความพึงพอใจในระดับมากที่สุด การออกแบบ Custom Prompt ของ AI ผู้ช่วยให้ใช้ Socratic Questioning โดยห้ามเฉลยรหัสคำสั่งโดยตรง เป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ AI กลายเป็น "เครื่องมือทางปัญญา" ที่ส่งเสริมการคิดขั้นสูง โดยเฉพาะการพัฒนาทักษะการคิดเชิงนามธรรม

2. ข้อเสนอแนะในการนำไปใช้

(1) สถานศึกษาควรลงทุนในการพัฒนาสมรรถนะ AI Literacy และทักษะ Prompt Engineering ของครูผู้สอน เพื่อให้สามารถออกแบบ Persona และ Guardrails ของ AI ให้เหมาะสมกับช่วงวัยและบริบทของผู้เรียน (2) ควรบูรณาการข้อมูล Log File และ Learning Analytics จากระบบมาพัฒนาเป็น Teacher Dashboard ที่แสดงความก้าวหน้าและ

จุดบกพร่องของนักเรียนแต่ละคนแบบเรียลไทม์ (3) สถานศึกษาควรกำหนดแนวปฏิบัติด้านจริยธรรมการใช้ AI กับนักเรียน โดยเฉพาะประเด็นความเป็นส่วนตัวของข้อมูลและความเที่ยงตรงของเนื้อหาที่ AI สร้างขึ้น สอดคล้องกับกรอบของ UNESCO (2024)

3. ข้อจำกัดและข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

การวิจัยครั้งนี้มีข้อจำกัดสำคัญที่ต้องตระหนัก ได้แก่ (1) การใช้รูปแบบการวิจัย One-Group Pretest-Posttest Design ที่ไม่มีกลุ่มควบคุม ทำให้ไม่สามารถยืนยันได้แน่ชัดว่าผลลัพธ์เกิดจากการแทรกแซงของระบบเพียงอย่างเดียว (2) ขนาดตัวอย่างจำกัดเพียง 30 คน ในโรงเรียนเดียว ส่งผลต่อการขยายผลในเชิงสถิติ (3) ระยะเวลาทดลองเพียง 8 สัปดาห์ ซึ่งสั้นเกินกว่าจะประเมินความคงทนของการเรียนรู้ (Retention) ได้ และ (4) ค่าขนาดอิทธิพลที่สูงผิดปกติอาจสะท้อนถึง Testing Effect และ Novelty Effect ของเทคโนโลยีใหม่

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณผู้บริหาร คณะครูและนักเรียนชั้นประถมศึกษา โรงเรียนสาธิตละอออุทิศ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการดำเนินการวิจัยรวมถึงผู้เชี่ยวชาญทุกท่านที่ให้คำแนะนำในการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงศึกษาธิการ. (2566). ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย. https://academic.obec.go.th/

ชยการ คีรีรัตน์. (2562). การใช้กระบวนการแก้ปัญหาและโปรแกรม App Inventor พัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณ (Computational Thinking: CT) สำหรับผู้เรียนระดับมัธยมศึกษา. วารสารครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 47(2), 31–47.

ชนกนาถ นมะภัทร และอัมพร วัจนะ. (2565). การพัฒนาบทเรียนออนไลน์ร่วมกับแนวคิดเกมมิฟิเคชั่นเพื่อพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. วารสารการบริหารนิติบุคคลและนวัตกรรมท้องถิ่น. 8(9): 207–222.

ชัยยงค์ พรหมวงศ์. (2556). การทดสอบประสิทธิภาพสื่อหรือชุดการสอน. วารสารศิลปากรศึกษาศาสตร์วิจัย. 5(1): 7–20.

ทิศนา แขมมณี. (2564). ศาสตร์การสอน: องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ (พิมพ์ครั้งที่ 25). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พรรนิภา ชายขุนทด, สูติเทพ ศิริพิพัฒนกุล และณัฐพล รำไพ. (2567). การพัฒนาการจัดการเรียนรู้ด้วยหลักการเกมมิฟิเคชันร่วมกับโปรแกรมสแครช เพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4. วารสารเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, 7(23).

สูติเทพ ศิริพิพัฒนกุล, ศรินย์พร ชัยวิศิษฏ์ และพัชราวดี ศรีบุญเรือง. (2567). ChatGPT เทคโนโลยีแชทบอทอัจฉริยะเพื่อการเรียนรู้แห่งอนาคต. วารสารครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 52(2): EDUCU5202012.

Brennan, K., & Resnick, M. (2012). New frameworks for studying and assessing the development of computational thinking. In Proceedings of the 2012 Annual Meeting of the American Educational Research Association (pp. 1–25). AERA.

Deci, E. L., & Ryan, R. M. (2000). The "what" and "why" of goal pursuits: Human needs and the self-determination of behavior. Psychological Inquiry. 11(4): 227–268. https://doi.org/10.1207/S15327965PLI1104_01

Deterding, S., Dixon, D., Khaled, R., & Nacke, L. (2011). From game design elements to gamefulness: Defining gamification. In Proceedings of the 15th International Academic MindTrek Conference (pp. 9–15). ACM. https://doi.org/10.1145/2181037.2181040

Faul, F., Erdfelder, E., Buchner, A., & Lang, A.-G. (2009). Statistical power analyses using G*Power 3.1: Tests for correlation and regression analyses. Behavior Research Methods. 41(4): 1149–1160. https://doi.org/10.3758/BRM.41.4.1149

Kasneci, E., Sessler, K., Küchemann, S., Bannert, M., Dementieva, D., Fischer, F., Gasser, U., Groh, G., Günnemann, S., Hüllermeier, E., Krusche, S., Kutyniok, G., Michaeli, T., Nerdel, C., Pfeffer, J., Poquet, O., Sailer, M., Schmidt, A., Seidel, T., ... Kasneci, G. (2023). ChatGPT for good? On opportunities and challenges of large language models for education. Learning and Individual Differences, 103, 102274. https://doi.org/10.1016/j.lindif.2023.102274

Lu, Z., Chiu, M. M., Cui, Y., Mao, W., & Lei, H. (2023). Effects of game-based learning on students' computational thinking: A meta-analysis. Journal of Educational Computing Research. 61(1): 235–256. https://doi.org/10.1177/07356331221100740

Ma, J., Zhang, Y., Zhu, Z., Zhao, S., & Wang, Q. (2023). Game-based learning for students' computational thinking: A meta-analysis. Journal of Educational Computing Research. 61(7): 1430–1463. https://doi.org/10.1177/07356331231178948

OECD. (2023). PISA 2022 results (Volume I): The state of learning and equity in education. OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/53f23881-en

Papert, S. (1980). Mindstorms: Children, computers, and powerful ideas. Basic Books.

Plass, J. L., Homer, B. D., & Kinzer, C. K. (2015). Foundations of game-based learning. Educational Psychologist, 50(4), 258–283. https://doi.org/10.1080/00461520.2015.1122533

Richey, R. C., & Klein, J. D. (2014). Design and development research: Methods, strategies, and issues. Routledge. https://doi.org/10.4324/9780203826034

Sailer, M., & Homner, L. (2020). The gamification of learning: A meta-analysis. Educational Psychology Review. 32(1): 77–112. https://doi.org/10.1007/s10648-019-09498-w

Tang, X., Yin, Y., Lin, Q., Hadad, R., & Zhai, X. (2020). Assessing computational thinking: A systematic review of empirical studies. Computers & Education. 148: 103798. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103798

UNESCO. (2024). AI competency framework for teachers. UNESCO Publishing. https://doi.org/10.54675/ZJTE2084

Walter, Y. (2024). Embracing the future of artificial intelligence in the classroom: The relevance of AI literacy, prompt engineering, and critical thinking in modern education. International Journal of Educational Technology in Higher Education. 21: Article 15. https://doi.org/10.1186/s41239-024-00448-3

Wing, J. M. (2006). Computational thinking. Communications of the ACM, 49(3), 33–35. https://doi.org/10.1145/1118178.1118215

การพัฒนาทักษะการบวกและการลบจำนวนที่มีผลลัพธ์และตัวตั้งไม่เกิน 100 ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสตาร์โมเดล

Developing addition and subtraction skills of numbers with results and minuends not exceeding 100 for Prathom-1 students using the STAR Model

นวพรรษ ประเสริฐผล[1*] สุนทร เทียนงาม[1] กวิตา ปานล้ำเลิศ[1] และดวงกมล โพธิ์พันธุ์[2]
Nawapat Prasertpon[1*], Sunthorn Thiangam[1], Kawita Panlumlers[1]
and Dongkamon Phopan[2]

1 คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต วิทยาเขตสุพรรณบุรี จังหวัดสุพรรณบุรี*
1 Faculty of Education, Suan Dusit University, Suphanburi Campus, Suphanburi, Thailand*
2 โรงเรียนวัดปู่เจ้า จังหวัดสุพรรณบุรี
2 Wat Pu Jao School, Suphanburi, Thailand
Corresponding Author E-mail Address : pex7092@gmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาทักษะการคิดคำนวณการบวกและการลบจำนวนที่มีผลลัพธ์และตัวตั้งไม่เกิน 100 ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสตาร์โมเดล กลุ่มเป้าหมายคือนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2568 จำนวน 16 คน ที่มีทักษะการคิดคำนวณการบวกและการลบจำนวนที่มีผลลัพธ์และตัวตั้งไม่เกิน 100 ต่ำกว่าเกณฑ์ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ การจัดการเรียนรู้แบบสตาร์โมเดลและแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องการบวกและการลบจำนวนที่มีผลลัพธ์และตัวตั้งไม่เกิน 100 เป็นแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน แบบปรนัยชนิด 3 ตัวเลือก วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการศึกษา พบว่า ทักษะการคิดคำนวณการบวกและการลบจำนวนที่มีผลลัพธ์และตัวตั้งไม่เกิน 100 ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 โดยใช้แบบการจัดการเรียนรู้แบบ สตาร์โมเดล หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

คำสำคัญ: รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบ สตาร์โมเดล ผลการบวกและการลบจำนวนที่มีผลลัพธ์และตัวตั้งไม่เกิน 100 การบวกและการลบ ประถมศึกษา

Abstract

This study aimed to develop addition and subtraction skills of numbers with results and minuends not exceeding 100 for Prathom-1 students using the STAR Model through the STAR Model instructional approach. The target population consisted of 16 Prathom-1 students in the second semester of the 2025 academic year, selected through purposive sampling. The research instruments included STAR Model-based instructional plans on addition and subtraction with results and minuends not exceeding 100, as well as a

learning achievement test administered as both pretest and posttest. The test was designed in a multiple-choice format with three options per item. The data were analyzed by fundamental statistics.

The results revealed that students' learning achievement in addition and subtraction skills with results and minuends not exceeding 100 after the intervention was significantly higher than before. These findings indicate that the STAR Model instructional approach effectively enhances students' addition and subtraction skills of numbers with results and minuends not exceeding 100.

Keywords: STAR Model, Mathematics Learning Achievement, Addition and Subtraction, Elementary Education

บทนำ

การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ เน้นเพื่อให้นักเรียนมีทักษะการคิดคำนวณ เป็นหลักกระบวนการคิดและความสามารถทางคณิตศาสตร์ เช่น ความสามารถในการแก้ปัญหา การคิดอย่าง มีเหตุผล และการแสดงความคิดออกมาอย่างมีระบบ การนำประสบการณ์ด้านความรู้ ความคิด ทักษะที่เกิด ไปใช้ในการเรียนสิ่งต่าง ๆ ในชีวิตจริง มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ การรู้คุณค่าและมีเจตคติที่ดีต่อวิชาคณิตศาสตร์ หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ได้กำหนดสาระการเรียนรู้ตามหลักสูตรซึ่งประกอบด้วยองค์ความรู้ ทักษะและกระบวนการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ที่ผู้เรียนทุกคนต้องเรียนรู้ โดยยึดผู้เรียนเป็นสำคัญ ส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้ตามธรรมชาติและเต็มศักยภาพ มุ่งเน้นการฝึกทักษะกระบวนการคิด การจัดการ การเผชิญสถานการณ์ และประยุกต์ความรู้มาใช้ในชีวิตจริง (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551)

สภาพปัญหาของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ยังไม่ประสบผลสำเร็จตามที่โรงเรียนได้ตั้งเป้าเอาไว้ จากผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ผ่านมาผู้วิจัยในฐานะของครูผู้สอนในโรงเรียน มีความพยายามที่จะพัฒนาการจัดการเรียนการสอนในชั้นเรียนให้มีความเหมาะกับสถานการณ์ในแต่ละเหตุการณ์ที่ผู้สอนได้เผชิญ ทั้งนี้ก็เพื่อพัฒนาวิธีการสอนให้มีความเหมาะสมตามบริบทของโรงเรียนที่ผู้วิจัยได้ทำการสอนอยู่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในรายวิชาคณิตศาสตร์ซึ่งเป็นวิชาที่นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ต่ำกว่าวิชาอื่นๆ เมื่อพิจารณาผลการเรียนรู้ของนักเรียนในกลุ่มสาระวิชาคณิตศาสตร์ที่ผู้วิจัยสอนอยู่ก็ได้พบว่า การพัฒนาทักษะพื้นฐานด้านการคิดคำนวนการใช้เหตุผล และการแก้ปัญหา ซึ่งเป็นรากฐานสำคัญของการเรียนรู้ในระดับที่สูงขึ้น โดยเฉพาะการบวกและการลบจำนวนที่มีผลลัพธ์และตัวตั้งไม่เกิน 100 ซึ่งเป็นสาระสำคัญในระดับประถมศึกษาปีที่ 1 อย่างไรก็ตาม จากประสบการณ์การจัดการเรียนการสอนและผลการประเมินในชั้นเรียน พบว่านักเรียนจำนวนมากยังมีปัญหาในการคิดคำนวณไม่เข้าใจความหมายของ การบวกและการลบอย่างแท้จริงขาดทักษะการเชื่อมโยงสถานการณ์กับสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์คิดคำนวณได้ช้า และเกิดความสับสนในการแก้โจทย์ ส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำกว่ามาตรฐานที่หลักสูตรกำหนด

รูปแบบของการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์สำหรับเด็กประถมศึกษา สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2555) ได้เสนอแนวทางสำคัญในการแก้ปัญหาโจทย์คณิตศาสตร์ไว้ดังนี้ 1) ยุทธวิธีเดาและตรวจสอบ 2) ยุทธวิธีประมาณคำตอบ 3) ยุทธวิธีเขียนภาพหรือแผนภาพ 4) ยุทธวิธีสร้างตัวแบบ 5) ยุทธวิธีลงมือปฏิบัติ 6) ยุทธวิธีแจกแจงรายการหรือการสร้างตาราง 7) ยุทธวิธีสร้างตาราง 8) ยุทธวิธีค้นหาแบบรูป 9) ยุทธวิธีเปลี่ยนมุมมอง 10) ยุทธวิธีนึกถึงปัญหาที่

คล้ายกัน 11) ยุทธวิธีทำปัญหาให้ง่ายหรือแบ่งเป็นปัญหาย่อย 12) ยุทธวิธีใช้ตัวแปร 13) ยุทธวิธีให้เหตุผล 14) ยุทธวิธีทำย้อนกลับ สำหรับรูปแบบการเรียนรู้ตามแนวทาง สตาร์โมเดล มีจุดเด่นสำคัญคือเมื่อใช้อย่างเป็นระบบ โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้จำนวน 8 แผน ที่เรียงลำดับเนื้อหาจากง่ายไปยาก และสอดคล้องกับพัฒนาการของนักเรียนระดับประถมศึกษาตอนต้น จะช่วยให้นักเรียนเกิดความเข้าใจอย่างลึกซึ้ง พัฒนาทักษะการคิดคำนวณได้อย่างเป็นขั้นตอน และสร้างเจตคติที่ดีต่อการเรียนคณิตศาสตร์ สามารถแก้ปัญหาการแก้โจทย์วิชาคณิตศาสตร์ข้างต้นซึ่งมาจากการจัดการเรียนการสอนที่เน้นการบอกวิธีทำและการฝึกซ้ำโดยขาดกระบวนการให้ผู้เรียนได้คิด วิเคราะห์ และสะท้อนผลการเรียนรู้ด้วยตนเอง การจัดการเรียนรู้แบบ สตาร์โมเดล เป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง โดยประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ได้แก่ 1) Setup กระตุ้นความสนใจ เช่น เกมตัวเลข สถานการณ์โจทย์ใกล้ตัว 2) Training ครูอธิบายแนวคิดการบวกลบ พร้อมสาธิตและฝึกทักษะการเรียนรู้แบบเชิงรุก 3) Active Learning นักเรียนแก้โจทย์ ปฏิบัติเป็นกลุ่ม เช่น เกมคณิต กิจกรรมคิดเลขเร็ว 4) Recognize สรุปสะท้อนผล ประเมินและเสริมแรงเชิงบวก (วิลัยวรรณ มาวัน, 2567; ธันยกานต์ ชีแก้วและคณะ, 2564)

ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้แบบสตาร์โมเดล ผ่านแผนการจัดการเรียนรู้ จำนวน 8 แผน จะส่งผลต่อทักษะการคิดคำนวณเรื่องการบวกและการลบจำนวนที่มีผลลัพธ์และตัวตั้งไม่เกิน 100 ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 มากน้อยเพียงใด

วิธีการดำเนินการวิจัย

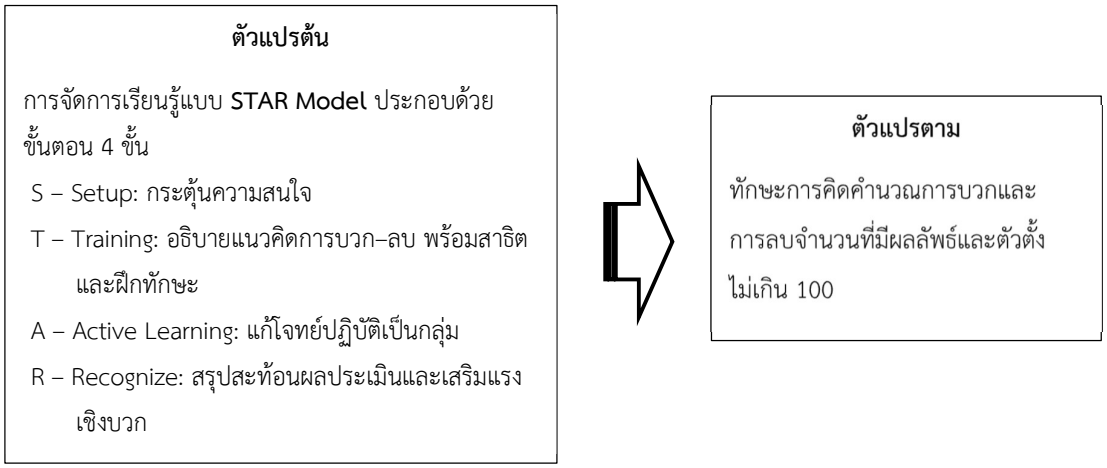
วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อเปรียบเทียบทักษะการบวกและการลบจำนวนที่ผลลัพธ์และตัวตั้งไม่เกิน 100 ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสตาร์โมเดล

กรอบแนวคิดการวิจัย

ตัวแปรต้น ได้แก่ การจัดการเรียนรู้แบบ สตาร์โมเดล ประกอบด้วยขั้นตอน S – Setup T – Training A – Active Learning และ R – Recognize

ตัวแปรตาม ได้แก่ ทักษะการคิดคำนวณการบวกและการลบจำนวนที่มีผลลัพธ์และตัวตั้งไม่เกิน 100



รูปที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

จากรูปที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัยการจัดการเรียนรู้แบบสตาร์โมเดล เป็นกลวิธีการสอนอย่างหนึ่งที่ช่วยให้นักเรียนสามารถจำขั้นตอนการแก้โจทยปัญหาโดยจำตัวอักษรตัวแรกของชื่อลำดับขั้นในแต่ละขั้นตอนซึ่งมี 4 ขั้นตอนดังนี้ ขั้นที่ 1 กระตุ้นความสนใจ (S: setup) ขั้นที่ 2 อธิบายแนวคิดการบวก–ลบ พร้อมสาธิตและการฝึกทักษะ (T: training) ขั้นที่ 3 แก้โจทย์ปฏิบัติเป็นกลุ่ม (A: active learning) และขั้นที่ 4 สรุปสะท้อนผลประเมินและเสริมแรงเชิงบวก (R: recognize) ซึ่งภายในขั้นตอนหลักจะมีรายละเอียดขั้นตอนย่อยๆที่ช่วยให้นักเรียนสามารถวิเคราะห์โจทย์เพื่อหาคำตอบ นักเรียนสามารถควบคุมตนเองให้แก้ปัญหาได้ทุกขั้นตอนและจดจำขั้นตอนการแก้ปัญหาได้ (Gagnon and Maccini, 2011; สาลินี บุญสอน และคณะ, 2565)

ขอบเขตของการวิจัย

กลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนวัดปู่เจ้า ตำบลบ้านกร่าง อำเภอศรีประจันต์ จังหวัดสุพรรณบุรี ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2568 จำนวน 16 คน ซึ่งเป็นนักเรียนกลุ่มเป้าหมายที่มีทักษะการคิดคำนวณด้านการบวกและการลบจำนวนที่มีผลลัพธ์และตัวตั้งไม่เกิน 100 ต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้

สมมติฐานการวิจัย

จากการศึกษาผลงานวิจัยในอดีตพบว่า การจัดการเรียนรู้แบบสตาร์โมเดล จะส่งเสริมทักษะการคิดคำนวณ เรื่อง การบวกและการลบจำนวนที่มีผลลัพธ์และตัวตั้งไม่เกิน 100 ของนักเรียนในระดับชั้นประถมศึกษาให้สูงขึ้น (วิลัยวรรณ มาวัน, 2567, ธันยกานต์ ชีแก้ว และคณะ, 2564) ดังนั้นสมมติฐานการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยคาดว่า การจัดการเรียนรู้แบบ สตาร์โมเดล ด้วยแผนการจัดการเรียนรู้จำนวน 8 แผน จะส่งผลต่อทักษะการคิดคำนวณ เรื่อง การบวกและการลบจำนวนที่มีผลลัพธ์และตัวตั้งไม่เกิน 100 หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. แผนการจัดการเรียนรู้ คือ แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสตาร์โมเดล จำนวน 8 แผน ในแต่ละแผนมีการดำเนินกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ที่เป็นหลักการจัดการเรียนรู้แบบ สตาร์โมเดล ประกอบด้วยขั้นตอน S – Setup T – Training A – Active Learning และ R – Recognize

2. เครื่องมือเก็บรวมรวมข้อมูล ได้แก่ แบบทดสอบเรื่อง การบวกและการลบจำนวนที่มีผลลัพธ์และตัวตั้งไม่เกิน 100 จำนวน 10 ข้อ เป็นแบบปรนัย 3 ตัวเลือก ตอบถูกได้ 1 คะแนน ตอบผิด ได้ 0 คะแนน

การสร้างและตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. แผนการจัดการเรียนรู้ การสร้างและตรวจสอบคุณภาพของแบบประเมินประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ทั้ง 8 แผน ผู้วิจัยกำหนดเป็นแบบประเมินที่มีประเด็นรายการประเมินทั้งหมด 15 ข้อแบ่งเป็น 5 ด้าน ได้แก่ ด้านมาตรฐานและตัวบ่งชี้ สาระสำคัญของเนื้อหา จุดประสงค์การเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้ (สตาร์โมเดล) การวัดและประเมินผล โดยใช้ผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่านพิจารณาแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับความสอดคล้องขององค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้ว่ามีความสอดคล้องระหว่างองค์ประกอบของแผนมากน้อยเพียงใด คำตอบแบ่งเป็น 5 ระดับ ได้แก่ มีสอดคล้องมากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย น้อยที่สุด แสดงถึงประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ ผลการประเมินมีประสิทธิภาพอยู่ในระดับมาก

2. แบบทดสอบเรื่องการบวกและการลบจำนวนที่มีผลลัพธ์และตัวตั้งไม่เกิน 100 ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 มีขั้นตอนในการสร้างและตรวจสอบคุณภาพพอสรุปดังนี้ ดำเนินการพัฒนาแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องการบวกและการลบจำนวนที่มีผลลัพธ์และตัวตั้งไม่เกิน 100 สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 10 ข้อ เป็นแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 3 ตัวเลือก โดยผู้วิจัยได้ศึกษาทฤษฎีและหลักการสร้างเครื่องมือวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นแนวทางก่อนดำเนินการสร้างแบบทดสอบ เมื่อสร้างเสร็จแล้วนำเสนออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อตรวจสอบรูปแบบและความสอดคล้องกับ

จุดมุ่งหมายของการเรียนรู้ แล้วปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำที่ได้รับ จากนั้นนำแบบทดสอบเสนอผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน เพื่อประเมินความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์การเรียนรู้ โดยใช้เกณฑ์การให้คะแนน +1 หมายถึงสอดคล้อง 0 หมายถึงไม่แน่ใจ และ -1 หมายถึงไม่สอดคล้อง วิเคราะห์หาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) จากผลรวมคะแนนของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่าน ผลการวิเคราะห์พบว่าข้อสอบทุกข้อได้ค่า IOC เท่ากับ 1.00 ซึ่งแสดงว่าข้อสอบมีความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้และสามารถนำไปใช้ได้ทุกข้อ จึงจัดพิมพ์แบบทดสอบฉบับสมบูรณ์เพื่อนำไปทดลองใช้จริงกับกลุ่มเป้าหมายนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนวัดปู่เจ้าต่อไป

การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ผู้วิจัยชี้แจงเกี่ยวจุดประสงค์และข้อปฏิบัติของการทดสอบทักษะการคิดคำนวณเรื่อง การบวกและการลบจำนวนที่มีผลลัพธ์และตัวตั้งไม่เกิน 100 ของนักเรียนก่อนจัดกิจกรรมตามแผนการจัดการเรียนรู้ ใช้เวลา 1 ชั่วโมง
2. ดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนแบบ สตาร์โมเดล ผ่านแผนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นจำนวน 8 แผนๆ ละ 1 ชั่วโมง รวม 8 ชั่วโมง
3. ทดสอบความสามารถทางการเรียน เรื่อง การบวกและการลบจำนวนที่มีผลลัพธ์และตัวตั้งไม่เกิน 100 ของผู้เรียนหลังจัดกิจกรรมตามแผนการจัดการเรียนรู้ ซึ่งเป็นแบบทดสอบหลังเรียน ใช้เวลา 30 นาที
4. นำข้อมูลจากการทดสอบก่อนและหลังเรียนมาตรวจสอบความสมบูรณ์ ครบถ้วน จากนั้นนำวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติต่อไป

การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยการเปรียบเทียบทักษะการคิดคำนวณ เรื่อง การบวกและการลบจำนวนที่มีผลลัพธ์และตัวตั้งไม่เกิน 100 ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนโดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้แบบสตาร์โมเดล ด้วยการใช้สถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าเฉลี่ย (Mean) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD.) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป

ผลการวิจัย

ผู้วิจัยดำเนินการนำข้อมูลจากการทดสอบทั้งก่อนและหลังมาวิเคราะห์ข้อมูลโดยการวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานได้แก่ ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป ผลการวิเคราะห์มีดังนี้

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนทักษะการคิดคำนวณเรื่องการบวกและการลบที่มีผลลัพธ์และตัวตั้งไม่เกิน 100 ก่อนและหลังการจัดกิจกรรม

ตัวแปรตาม	ช่วงเวลาทดสอบ	จำนวนนักเรียน (N)	ค่าเฉลี่ย $\overline{x}$	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน (SD.)
คะแนนทักษะการคิดคำนวณ	หลังเรียน	16	6.25	2.266
	ก่อนเรียน	16	4.31	2.600

การเปรียบเทียบคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียน พบว่า คะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน โดยมีค่าเฉลี่ยของความแตกต่างเท่ากับ 1.938 คะแนน ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพนักเรียนสามารถอธิบายกระบวนการและวิธีการคิดในการบวกและการลบได้อย่างเป็นระบบ มีความมั่นใจในการแก้โจทย์ปัญหาที่เชื่อมโยงกับสถานการณ์ใน

ชีวิตประจำวันมากยิ่งขึ้น ผลการวิจัยโดยภาพรวมสะท้อนให้เห็นว่า การจัดการเรียนรู้แบบสตาร์โมเดล เป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพในการพัฒนาทักษะการคิดคำนวณของนักเรียนระดับประถมศึกษา

การอภิปรายผล

จากผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสตาร์โมเดล มีทักษะการคิดคำนวณหลังการจัดการเรียนรู้สูงกว่าก่อนการจัดการเรียนรู้ ซึ่งสามารถอภิปรายผลการวิจัยได้ดังนี้

1. การจัดการเรียนรู้แบบ สตาร์โมเดล ส่งเสริมความเข้าใจเชิงแนวคิดของผู้เรียน ขั้น Setup เป็นขั้นตอนที่มุ่งสร้างแรงจูงใจและกระตุ้นความสนใจของผู้เรียนผ่านสถานการณ์ใกล้ตัว ส่งผลให้ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงประสบการณ์เดิมกับความรู้ใหม่ได้อย่างเป็นธรรมชาติ อันเป็นกระบวนการสำคัญของการเรียนรู้อย่างมีความหมาย ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Ausubel ที่เสนอว่าการเรียนรู้จะเกิดประสิทธิผลเมื่อผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงสาระความรู้ใหม่เข้ากับโครงสร้างความรู้เดิมที่มีอยู่

2. การฝึกทักษะอย่างเป็นระบบช่วยเพิ่มความถูกต้องและความคล่องแคล่วในการคิดคำนวณ ขั้น Training มุ่งเน้นการพัฒนาทักษะการบวกและการลบของผู้เรียนอย่างเป็นลำดับขั้น ผ่านการอธิบายตัวอย่างและการฝึกปฏิบัติจากแบบฝึกที่มีความหลากหลาย ส่งผลให้ผู้เรียนมีกระบวนการคิดแก้โจทย์ปัญหาที่ถูกต้องและความคล่องแคล่วในการคิดคำนวณเพิ่มขึ้น ผลดังกล่าวสอดคล้องกับแนวคิดการเรียนรู้เชิงพฤติกรรมนิยมของ Skinner ซึ่งเน้นการฝึกซ้ำและการเสริมแรงเพื่อให้เกิดการเรียนรู้ที่คงทน การใช้สื่อหรือสัญลักษณ์ทั้งสามประเภทในขั้นที่ 2 ดังกล่าวพัฒนามาจากทฤษฎีของ บรูเนอร์ อันจะนำมาซึ่งความเข้าใจและการถ่ายโยงความรู้ นอกจากนี้ Bruner ได้กล่าวถึงพัฒนาการทางปัญญาว่าผู้เรียนจะเกิดความรู้ความเข้าใจในความคิดรวบยอดได้ หากเขาสามารถถ่ายโยงความรู้ความเข้าใจทุกสิ่งที่เป็นนามธรรมไปสู่ภาพหรือสัญลักษณ์ได้ (Gagnon & Krezmien, 2011; Khotrakoon, 2005; ธันยกานต์ ชีแก้ว และคณะ, 2564)

3. การเรียนรู้จากการลงมือปฏิบัติจริงช่วยเสริมสร้างการเรียนรู้อย่างมีความหมาย ขั้น Active Learning เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมในการเรียนรู้อย่างกระตือรือร้น ผ่านกิจกรรมกลุ่ม ใบงาน และการแก้โจทย์ปัญหาจากสถานการณ์จริง ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการคิด วิเคราะห์ และการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นร่วมกันซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดการเรียนรู้เชิงรุกที่เน้นบทบาทของผู้เรียนเป็นศูนย์กลางของกระบวนการเรียนรู้ (Bonwell & Eison, 1991)

4. การสะท้อนผลการเรียนรู้ช่วยเสริมสร้างความเข้าใจและการเรียนรู้อย่างยั่งยืน ขั้น Recognize เป็นขั้นตอนที่ช่วยให้ผู้เรียนได้ทบทวนและสะท้อนผลการเรียนรู้ของตนเอง ส่งผลให้ผู้เรียนตระหนักถึงความก้าวหน้าในการเรียนรู้และสามารถสรุปองค์ความรู้ได้อย่างเป็นระบบ ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดการเรียนรู้จากประสบการณ์ของ Kolb ที่ให้ความสำคัญกับกระบวนการสะท้อนคิดเพื่อก่อให้เกิดการเรียนรู้ที่ลึกซึ้งและยั่งยืน

จากการสะท้อนผลการวิจัยดังกล่าวจะเห็นว่าการจัดการเรียนรู้แบบ สตาร์โมเดล ในทุกขั้นตอนมีบทบาทสำคัญในการส่งเสริมทักษะการคิดคำนวณและการเรียนรู้คณิตศาสตร์ของนักเรียนอย่างเป็นระบบและมีประสิทธิภาพ

บทสรุป

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาทักษะการคิดคำนวณเรื่องการบวกและการลบจำนวนที่มีผลลัพธ์และตัวตั้งไม่เกิน 100 ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสตาร์โมเดล พบว่า นักเรียนมีทักษะการคิดคำนวณเรื่องการบวกและการลบจำนวนที่มีผลลัพธ์และตัวตั้งไม่เกิน 100 หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน แสดงให้เห็นว่ารูปแบบการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวมีประสิทธิภาพในการพัฒนาทักษะการคิดคำนวณและส่งเสริมความเข้าใจเชิงแนวคิดทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนได้อย่างชัดเจน นอกจากนี้ ผู้เรียนยังสามารถอธิบายกระบวนการคิดได้อย่างเป็นระบบ และนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ใกล้ตัวได้ดียิ่งขึ้น ข้อค้นพบดังกล่าวบ่งบอกแนวทางแก่ครูผู้สอนว่าควรนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบ สตาร์โมเดล ไปประยุกต์ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยเน้นการมีส่วนร่วมของผู้เรียนและการเชื่อมโยงกับบริบทชีวิตจริง เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้อย่างมีความหมาย ทั้งนี้ การวิจัยในครั้งต่อไปควรขยายกลุ่มตัวอย่างให้กว้างขึ้น ศึกษาในระดับชั้นหรือเนื้อหาที่หลากหลาย และเปรียบเทียบกับรูปแบบการจัดการเรียนรู้อื่น ๆ รวมทั้งพิจารณาตัวแปรด้านแรงจูงใจและเจตคติ เพื่อยืนยันและต่อยอดองค์ความรู้ให้มีความครอบคลุมยิ่งขึ้น

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1.1 ครูผู้สอนสามารถนำการจัดการเรียนรู้แบบสตาร์โมเดล ไปประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ ในระดับประถมศึกษา โดยเฉพาะเนื้อหาที่มุ่งพัฒนาทักษะการคิดคำนวณ หรือโจทย์ปัญหาที่เน้นการคิดคำนวณเนื่องจากรูปแบบสตาร์โมเดล เป็นขั้นตอนที่ฝึกกระบวนการคิดแก้โจทย์ปัญหาเป็นสำคัญ ผลลัพธ์ที่ได้อาจแตกต่างกันไม่มากนัก

1.2 คุณครูควรให้ความสำคัญกับขั้นการสรุปสะท้อนผล ประเมินและเสริมแรงเชิงบวก (R-Recognize) โดยเฉพาะการให้กำลังใจแก่นักเรียนในการแก้โจทย์ปัญหา ส่งผลให้นักเรียนมีเจตคติที่ดี เห็นคุณค่าของกระบวนการคิดแบบ สตาร์โมเดล ในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่ยากมากขึ้นและเป็นการส่งเสริมการสะท้อนผลการเรียนรู้และการพัฒนาการเรียนรู้ด้วยตนเอง (self-directed learning) ของผู้เรียนอย่างต่อเนื่องในอนาคต

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

2.1. ควรศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้แบบ สตาร์โมเดล กับเนื้อหาคณิตศาสตร์ในเรื่องอื่น ๆ เช่น การคูณ การหาร หรือ การแก้โจทย์ปัญหาที่มีความซับซ้อนมากขึ้น

2.2 ควรขยายกลุ่มตัวอย่างไปยังระดับชั้นอื่น ๆ เพื่อเพิ่มความครอบคลุมและความน่าเชื่อถือ ของผลการวิจัย

2.3 ควรศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้แบบ สตาร์โมเดล ต่อผลลัพธ์ด้านอื่น ๆ เช่น เจตคติที่มีต่อการเรียนคณิตศาสตร์ ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ หรือทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษา ผู้บริหารสถานศึกษา คณะครู และบุคลากรโรงเรียนวัดปู่เจ้า ที่ให้คำแนะนำและสนับสนุนการดำเนินการวิจัย รวมทั้งขอขอบคุณผู้เชี่ยวชาญและนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ที่ให้ความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลจนการวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการ. (2551). หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551. โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.

กระทรวงศึกษาธิการ. (2545). คู่มือการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์. องค์การค้ารับส่งสินค้าและพัสดุภัณฑ์.

กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560). ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

แขนภา ชารีคำ. (2564). ผลการใช้การเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิคทีมช่วยเหลือเป็นรายบุคคล เสริมด้วยแบบฝึกการ์ตูนตามกลวิธี STAR ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4. วารสารมหาจุฬานาครทรรศน์. 8(5): 136-147.

ธันยกานต์ ชีแก้ว, เวชฤทธิ์ อังกนะภัทรขจร และพรรณ ทิพาตันตินัย. (2021). ผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้กลวิธี STAR ร่วม กับเทคนิคคู่คิดที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2. Nakkhabut Paritat Journal. 13(1): 190-203.

โรงเรียนบ้านฉางหลาง. (ม.ป.ป.). รายงาน Best Practices: การพัฒนาทักษะการอ่าน–เขียนภาษาไทยโดยใช้รูปแบบ S-T-A-R Model (Set-up, Tie in, Active learning, Repeat) สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 [รายงาน].

วรรณี โสมประยูร. (2524). เทคนิคการสอนคณิตศาสตร์สำเร็จรูปสำหรับครูประถม 1. เทพนิมิตการพิมพ์.

วิลัยวรรณ มาวัน. (2564). การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง การแก้โจทย์ปัญหา การบวก ลบ คูณ หาร ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้รูปแบบบาร์โมเดลร่วมกับกลวิธี STAR. An Online Journal of Education. วารสารอิเล็กทรอนิกส์ทางการศึกษา. ปีที่ 19 ฉบับที่ 2 OJED1902007 (14 pages) http://doi.org/10.14456/ojed.2024.7

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2555). ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ (พิมพ์ครั้งที่ 3). 3-คิว มีเดีย.

สังวาล ทองผุด. (2562). การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนโดยใช้เทคนิคการจาตัวอักษรตัวแรกของชื่อลำดับขั้น STAR ร่วมกับทฤษฎีการเรียนรู้แบบร่วมมือเพื่อพัฒนาความสามารถ ในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3. วารสารมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชพฤกษ์. ฉบับเสริม ธันวาคม 2562.

สาลินี บุญสอน, มะลิวัลย์ ถุนาพรรณ์และมนชยา เจียงประดิษฐ์. (2565). การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยกลวิธี STAR ร่วมกับการใช้สื่ออิเล็กทรอนิกส์ที่ส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์เรื่องโจทย์ปัญหา ร้อยละของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5. วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม. 16(1): 82-93.

อิตติพร ปัญญาภิญโญผล. (2540). รายงานการวิจัยรูปแบบของวิธีการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน: กรณีศึกษาสำหรับครูประถมศึกษา. คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

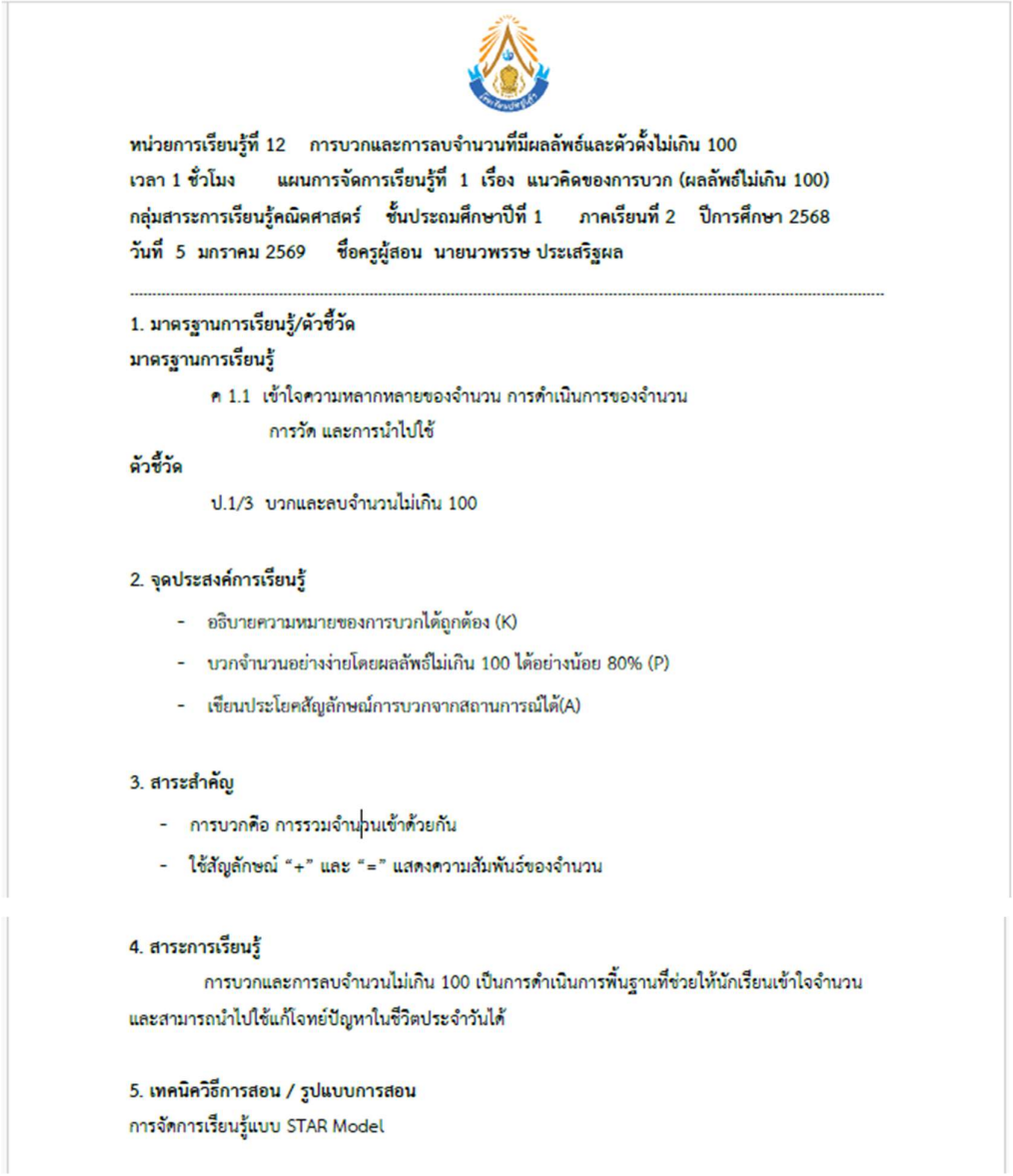
Bonwell, C. C., & Eison, J. A. (1991). *Active learning: Creating excitement in the classroom.* Washington, DC: The George Washington University, School of Education and Human Development.

Gagnon, J. C., and Krezmien, M. (2011). Effective instructional strategies for correctional education programs. Retrieved 2016, April 5, from http://www.edjj.org/conf/ cdEDJJ%20 Conference%20(D)/Effecttive%20Instruction.ppt

Khotrakoon, S. (2005). Educational psychology. (6th ed). Bangkok: Publishing House of Chulalongkorn University.

Skinner, B. F. (1953). *Science and human behavior.* New York: Macmillan.

ตัวอย่าง แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด สตาร์โมเดล



หน่วยการเรียนรู้ที่ 12 การบวกและการลบจำนวนที่มีผลลัพธ์และตัวตั้งไม่เกิน 100
เวลา 1 ชั่วโมง แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง แนวคิดของการบวก (ผลลัพธ์ไม่เกิน 100)
กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2568
วันที่ 5 มกราคม 2569 ชื่อครูผู้สอน นายนวพรรษ ประเสริฐผล

---

1. มาตรฐานการเรียนรู้/ตัวชี้วัด

มาตรฐานการเรียนรู้

ค 1.1 เข้าใจความหลากหลายของจำนวน การดำเนินการของจำนวน การวัด และการนำไปใช้

ตัวชี้วัด

ป.1/3 บวกและลบจำนวนไม่เกิน 100

2. จุดประสงค์การเรียนรู้

- อธิบายความหมายของการบวกได้ถูกต้อง (K)
- บวกจำนวนอย่างง่ายโดยผลลัพธ์ไม่เกิน 100 ได้อย่างน้อย 80% (P)
- เขียนประโยคสัญลักษณ์การบวกจากสถานการณ์ได้(A)

3. สาระสำคัญ

- การบวกคือ การรวมจำนวนเข้าด้วยกัน
- ใช้สัญลักษณ์ "+" และ "=" แสดงความสัมพันธ์ของจำนวน

4. สาระการเรียนรู้

การบวกและการลบจำนวนไม่เกิน 100 เป็นการดำเนินการพื้นฐานที่ช่วยให้นักเรียนเข้าใจจำนวน และสามารถนำไปใช้แก้โจทย์ปัญหาในชีวิตประจำวันได้

5. เทคนิควิธีการสอน / รูปแบบการสอน

การจัดการเรียนรู้แบบ STAR Model

6. คุณลักษณะอันพึงประสงค์

- ใฝ่เรียนรู้

7. สมรรถนะ

☑ 1. ความสามารถในการสื่อสาร

☑ 2. ความสามารถในการคิด

☑ 3. ความสามารถในการแก้ปัญหา

☑ 4. ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต

☐ 5. ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี

8. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้

S – Setup (10 นาที) ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน

1. ครูเริ่มต้นบทเรียนด้วยการพูดคุยซักถามเพื่อกระตุ้นความสนใจและทบทวนความรู้เดิมของนักเรียน โดยตั้งคำถามชวนคิด เช่น

“นักเรียนเคยนับเลขได้ถึงจำนวนเท่าไร”
“ใครเคยนับเลขถึง 50 หรือถึง 100 บ้าง”

2. จากนั้นครูเปิดเพลงนับเลข 1–100 และจัดกิจกรรมเกมนับเลขอย่างรวดเร็วบริเวณหน้าเสาธงหรือหน้าชั้นเรียน โดยครูชี้ไปที่ตัวเลขบนแผ่นป้ายหรือตารางตัวเลข และให้นักเรียนพูดนับพร้อมกันทั้งห้อง เพื่อสร้างบรรยากาศที่สนุกสนานและเป็นกันเอง

3. ครูเชื่อมโยงเข้าสู่บทเรียน โดยกล่าวสรุปว่า

“วันนี้เราจะมาเรียนรู้และฝึกนับ อ่าน และเขียนตัวเลขตั้งแต่ 0 ถึง 100 ให้คล่องยิ่งขึ้น เพื่อให้ทุกคนใช้ตัวเลขได้อย่างถูกต้องและมั่นใจมากขึ้น”

T – Training (15 นาที) ขั้นอธิบายและสาธิต

1. ครูนำเสนอ **ตารางตัวเลข 0–100** ให้นักเรียนสังเกตลำดับของตัวเลขที่เรียงเพิ่มขึ้นทีละ 1 พร้อมอธิบายให้นักเรียนเห็นความต่อเนื่องของจำนวน และชวนเปรียบเทียบตัวเลขแบบง่าย ๆ เช่น ตัวเลขใดมากกว่า หรือน้อยกว่า
2. ครูอธิบายแนวคิดเรื่อง **ค่าประจำหลัก** โดยใช้สื่อประกอบ เช่น แท่งสิบหรือภาพประกอบ พร้อมอธิบายว่า
    - 10 หน่วย เท่ากับ 1 สิบ
    - ตัวอย่างเช่น จำนวน 24 หมายถึง 2 สิบ และ 4 หน่วย
3. ครูสาธิตการอ่านและการเขียนตัวเลขบนกระดาน พร้อมให้นักเรียนอ่านออกเสียงและเขียนตามไปพร้อมกัน เพื่อเสริมความเข้าใจและความถูกต้องในการเขียนตัวเลข

A – Active Learning (25 นาที) ขั้นลงมือปฏิบัติจริง

กิจกรรมที่ 1 : จับคู่จำนวนกับตัวเลข

- ครูแบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่มย่อย กลุ่มละ 3–4 คน
- แต่ละกลุ่มได้รับบัตรภาพแสดงจำนวนสิ่งของ และบัตรตัวเลข
- นักเรียนร่วมกันพิจารณาและจับคู่บัตรภาพกับบัตรตัวเลขให้ถูกต้อง
- ตัวแทนกลุ่มอธิบายเหตุผลประกอบการเลือก เพื่อฝึกการคิดและการสื่อสาร

กิจกรรมที่ 2 : เติมตัวเลขที่หายไป

- นักเรียนทำใบงานลำดับตัวเลข 0–100
- ฝึกเติมตัวเลขที่ขาดหายไปในลำดับ เช่น
  18, 19, ___, 21, ___
- ครูเน้นให้นักเรียนสังเกตลำดับของตัวเลขที่เพิ่มขึ้นทีละ 1

กิจกรรมเสริมสำหรับผู้เรียนที่ทำได้รวดเร็ว

- เกม "ใครนับหลักสิบได้เร็ว"
- ให้นักเรียนนับตัวเลขทีละสิบ เช่น 10, 20, 30, ... เพื่อเสริมความเข้าใจเรื่องหลักสิบ

บทบาทของครู

- เดินตรวจและให้คำแนะนำเป็นรายบุคคล
- ตั้งคำถามชี้นำเพื่อกระตุ้นการคิด เช่น

“ถ้ามี 9 หน่วย แล้วเพิ่มอีก 1 หน่วย จะกลายเป็นจำนวนใด”

R – Recognize (10 นาที) ขั้นสะท้อนผลและสรุปการเรียนรู้

ครูให้นักเรียนอาสาออกมาชี้และบอกจำนวนบนตารางตัวเลขหน้าชั้นเรียน เพื่อแสดงความเข้าใจของตนเอง จากนั้นครูตั้งคำถามสรุปบทเรียน เช่น

- “10 หน่วย เท่ากับกี่สิบ”
- “ตัวเลข 34 มีจำนวนสิบกี่ตัว และมีหน่วยกี่ตัว”

ครูสรุปสาระสำคัญของบทเรียนอีกครั้ง พร้อมกล่าวชมเชยและให้กำลังใจนักเรียนทุกคน และมอบสติกเกอร์หรือรางวัลเล็ก ๆ เพื่อเสริมแรงจูงใจในการเรียนรู้

9. สื่อการเรียนรู้และแหล่งการเรียนรู้

- บัตรภาพ จับคู่ “จำนวนกับตัวเลข”
- โปรแกรมนำเสนอประกอบการสอนเรื่อง อธิบายความหมายของการบวก

10.การวัดและประเมินผล

1

การวัดผล

1. วิธีวัด

    1.1 สังเกตพฤติกรรมระหว่างเรียน

2. เครื่องมือวัด

    2.1 แบบบันทึกการสังเกตพฤติกรรมระหว่างเรียน

การประเมินผล

1. เกณฑ์ผ่านจากการสังเกตพฤติกรรมระหว่างเรียนต้องได้คะแนนคิดเป็นร้อยละ 70 ขึ้นไป

ความพึงพอใจของนายจ้าง/ผู้ใช้บัณฑิตที่มีต่อคุณลักษณะบัณฑิตคณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต

Employers' satisfaction with the characteristics of graduates from the Faculty of Education, Suan Dusit University

วีระพงศ์ วิรุฬห์ธนกฤษณ์[1*] อรทัย โกกิลกนิษฐ[1] ไอริช วิวเวียน มิลเลอร์ เลาเรน่า[1] และจิตต์วิมล คล้ายสุบรรณ[1]

Weerapong Wirunthanakrit[1]*, Oratai Kokilakanishtha[1], Irish Viveanne Miller Laurena[1] and Jitwimon Klaysubun[1]

[1]สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยสวนดุสิต กรุงเทพมหานคร

[1]Research and Development Institute, Suan Dusit University, Bangkok

** Corresponding Author E-mail Address : weerapong_wir@dusit.ac.th*

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนายจ้างหรือผู้ใช้บัณฑิตที่มีต่อคุณลักษณะของบัณฑิตจากคณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นายจ้างหรือผู้ใช้บัณฑิตที่รับบัณฑิตคณะครุศาสตร์ที่สำเร็จการศึกษาในปีการศึกษา 2566 เข้าทำงาน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเป็นแบบสอบถามชนิดมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ และวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิจัยพบว่า นายจ้างหรือผู้ใช้บัณฑิตมีความพึงพอใจต่อคุณลักษณะบัณฑิตคณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต โดยภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด (μ = 4.68, σ = 0.42) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า ด้านทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบมีค่าเฉลี่ยสูงสุด (μ = 4.87, σ = 0.32) รองลงมา ได้แก่ ด้านคุณธรรมจริยธรรม (μ = 4.79, σ = 0.32) และด้านความรู้ (μ = 4.70, σ = 0.42) ซึ่งทุกด้านมีระดับความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด

คำสำคัญ: ความพึงพอใจ ผู้ใช้บัณฑิต คุณลักษณะบัณฑิต คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต

Abstract

This study aimed to examine employers' satisfaction with the characteristics of graduates from the Faculty of Education, Suan Dusit University. The sample consisted of employers or graduate users who had employed graduates from the Faculty of Education who completed their studies in the 2023 academic year. A five-point rating scale questionnaire was used as the research instrument. Data were analyzed using descriptive statistics, including mean and standard deviation. The results revealed that employers were very satisfied with the graduates' attributes generally (μ = 4.68, σ = 0.42). When analyzed each aspect, the highest mean score was observed in interpersonal skills and responsibility (μ = 4.87, σ = 0.32), followed by

morality and ethics (μ = 4.79, σ = 0.32) and knowledge (μ = 4.70, σ = 0.42). All aspects were rated at the highest level of satisfaction.

Keywords: Satisfaction, Graduate employers, Graduate characteristics, Faculty of Education, Suan Dusit University

บทนำ

ในศตวรรษที่ 21 การจัดการศึกษามุ่งเน้นการพัฒนาผู้เรียนให้มีสมรรถนะที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตและการทำงานในโลกยุคใหม่ โดยเฉพาะทักษะการคิดวิเคราะห์ การสื่อสาร และการทำงานร่วมกับผู้อื่น (Trilling and Fadel, 2009) คุณภาพของบัณฑิตเป็นหนึ่งในตัวชี้วัดสำคัญของการจัดการศึกษาระดับอุดมศึกษา โดยเฉพาะในยุคที่สังคมมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ทั้งด้านเศรษฐกิจ เทคโนโลยี และโครงสร้างตลาดแรงงาน สถาบันอุดมศึกษาจึงมีบทบาทสำคัญในการพัฒนาบัณฑิตให้มีสมรรถนะที่เหมาะสมต่อการประกอบวิชาชีพและสามารถปรับตัวต่อบริบทของสังคมในปัจจุบันได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Altbach et al., 2019) การประเมินคุณภาพบัณฑิตจึงไม่ได้พิจารณาเพียงผลสัมฤทธิ์ทางการศึกษาเท่านั้น แต่ยังรวมถึงคุณลักษณะด้านความรู้ ทักษะ และคุณธรรมจริยธรรมที่แสดงถึงความพร้อมของบัณฑิตในการทำงานจริงในสถานประกอบการ

กรอบมาตรฐานคุณวุฒิระดับอุดมศึกษาแห่งชาติได้กำหนดผลการเรียนรู้ที่คาดหวังของบัณฑิตในหลายด้าน ได้แก่ ด้านคุณธรรมจริยธรรม ด้านความรู้ ด้านทักษะทางปัญญา ด้านทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ และด้านทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ ซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญในการพัฒนาบัณฑิตให้สามารถปฏิบัติงานในวิชาชีพได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Office of the Higher Education Commission, 2017) สำหรับสาขาวิชาชีพครู การพัฒนาคุณลักษณะของบัณฑิตยังต้องให้ความสำคัญกับทักษะทางวิชาชีพครู การจัดการเรียนรู้ และการพัฒนาผู้เรียนอย่างเหมาะสมตามมาตรฐานวิชาชีพ (คุรุสภา, 2563)

มหาวิทยาลัยสวนดุสิตเป็นสถาบันอุดมศึกษาที่มุ่งเน้นการผลิตบัณฑิตที่มีคุณภาพและมีอัตลักษณ์เฉพาะทาง โดยดำเนินงานภายใต้แนวคิดการพัฒนาเพื่อความเป็นเลิศบนพื้นฐานของการจัดการคุณภาพ ทั้งนี้มหาวิทยาลัยมีพันธกิจสำคัญ ได้แก่ การผลิตบัณฑิต การพัฒนางานวิจัยและนวัตกรรม การบริการวิชาการแก่สังคม และการทำนุบำรุงศิลปวัฒนธรรม เพื่อสร้างบัณฑิตที่มีสมรรถนะทางวิชาการและวิชาชีพที่สามารถตอบสนองต่อความต้องการของสังคมและตลาดแรงงาน (มหาวิทยาลัยสวนดุสิต, 2562)

คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต เป็นหนึ่งในคณะอัตลักษณ์ของมหาวิทยาลัยที่มีบทบาทสำคัญในการผลิตและพัฒนาบุคลากรทางการศึกษา โดยมีพัฒนาการทางประวัติศาสตร์ยาวนานที่สืบทอดมาจากการจัดการศึกษาด้านการฝึกหัดครู ปัจจุบันคณะครุศาสตร์มุ่งเน้นการผลิตบัณฑิตที่มีความรู้ทางวิชาการและวิชาชีพครู มีคุณธรรมจริยธรรม มีจิตวิญญาณความเป็นครู และมีสมรรถนะในการจัดการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับบริบทของสังคมและการศึกษาในยุคปัจจุบัน อย่างไรก็ตาม การพัฒนาคุณภาพบัณฑิตให้สอดคล้องกับความต้องการของหน่วยงานหรือองค์กรที่รับบัณฑิตเข้าทำงาน จำเป็นต้องอาศัยข้อมูลจากผู้ใช้บัณฑิต เนื่องจากผู้ใช้บัณฑิตเป็นผู้ที่สามารถประเมินความสามารถและสมรรถนะของบัณฑิตจากประสบการณ์การทำงานจริง (Harvey, 2020) การศึกษาความพึงพอใจของนายจ้างหรือผู้ใช้บัณฑิตจึงเป็นเครื่องมือสำคัญในการแสดงผลลัพธ์ของการจัดการศึกษา และสามารถนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ในการพัฒนาหลักสูตร การจัดการเรียนการสอน และการพัฒนาคุณลักษณะของบัณฑิตให้ทันสมัยและสอดคล้องกับความต้องการของสถานศึกษาและบริบทของสังคม

จากเหตุผลดังกล่าว สถาบันวิจัยและพัฒนา ซึ่งเป็นหน่วยงานที่รับผิดชอบด้านการติดตามและประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้บัณฑิตของมหาวิทยาลัยสวนดุสิต จึงได้นำข้อมูลมาศึกษาความพึงพอใจของนายจ้างหรือผู้ใช้บัณฑิตที่มีต่อคุณลักษณะของบัณฑิตคณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต ที่สำเร็จการศึกษาในปีการศึกษา 2566 โดยพิจารณาคุณลักษณะบัณฑิตในด้านต่าง ๆ ได้แก่ ด้านคุณธรรมจริยธรรม ด้านความรู้ ด้านทักษะทางปัญญา ด้านทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ ด้านทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสารและการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ และด้านทักษะการปฏิบัติทางวิชาชีพครู ทั้งนี้เพื่อใช้เป็นข้อมูลสำหรับการพัฒนาหลักสูตรและการจัดการเรียนการสอนของคณะครุศาสตร์ให้มีคุณภาพและสอดคล้องกับความต้องการของผู้ใช้บัณฑิตต่อไป การวิจัยครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนายจ้างหรือผู้ใช้บัณฑิตที่มีต่อคุณลักษณะบัณฑิตคณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต ที่สำเร็จการศึกษาในปีการศึกษา 2566

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นายจ้างหรือผู้ใช้บัณฑิตที่รับบัณฑิตคณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต ที่สำเร็จการศึกษาในปีการศึกษา 2566 เข้าทำงานเป็นระยะเวลาตั้งแต่ 6 เดือน ถึง 1 ปีขึ้นไป จำนวน 22 คน ประกอบด้วยหน่วยงานภาครัฐ 17 หน่วยงาน เอกชน 5 หน่วยงาน แบ่งเป็นเพศหญิง 15 คน เพศชาย 7 คน มีตำแหน่งเป็นผู้อำนวยการ จำนวน 7 คน ผู้จัดการ จำนวน 4 คน ครูชำนาญการ จำนวน 4 คน ครู คศ.3 จำนวน 1 คน ครูผู้ช่วย จำนวน 5 คน โดยเป็นผู้ที่มีประสบการณ์ในการทำงานร่วมกับบัณฑิต และสามารถให้ข้อมูลเกี่ยวกับคุณลักษณะของบัณฑิตได้อย่างเหมาะสม ทั้งนี้ การกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างอ้างอิงตามเกณฑ์การประกันคุณภาพการศึกษาภายในระดับหลักสูตร (อุดมศึกษา) ซึ่งกำหนดให้จำนวนบัณฑิตที่ได้รับการประเมินความพึงพอใจจากผู้ใช้บัณฑิตต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 20 ของจำนวนบัณฑิตที่สำเร็จการศึกษาทั้งหมด (สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา, 2557) โดยในการศึกษาครั้งนี้มีบัณฑิตสำเร็จการศึกษาจำนวน 75 คน และมีผู้ใช้บัณฑิตที่ตอบแบบสอบถามจำนวน 22 คน ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเป็นแบบสอบถาม แบ่งออกเป็น 2 ตอน ได้แก่

1. ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

2. แบบสอบถามเกี่ยวกับความพึงพอใจของนายจ้างหรือผู้ใช้บัณฑิตที่มีต่อคุณลักษณะบัณฑิตคณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต ครอบคลุม 6 ด้าน ได้แก่ (1) ด้านคุณธรรมจริยธรรม (2) ด้านความรู้ (3) ด้านทักษะทางปัญญา (4) ด้านทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ (5) ด้านทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยี และ (6) ด้านทักษะการปฏิบัติทางวิชาชีพครู ลักษณะของแบบสอบถามเป็นมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ (Rating scale) (บุญชม ศรีสะอาด, 2554) โดยกำหนดเกณฑ์การแปลผลค่าเฉลี่ย ดังนี้

4.51 – 5.00 หมายถึง มีระดับความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด

3.51 – 4.50 หมายถึง มีระดับความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก

2.51 – 3.50 หมายถึง มีระดับความพึงพอใจอยู่ในระดับปานกลาง

1.51 – 2.50 หมายถึง มีระดับความพึงพอใจอยู่ในระดับน้อย

1.00 – 1.50 หมายถึง มีระดับความพึงพอใจอยู่ในระดับน้อยที่สุด

การตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือวิจัย โดยการนำแบบสอบถามฉบับร่างเสนอผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน ประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญด้านวิธีวิทยาการวิจัย/การวัดและประเมินผล และผู้เชี่ยวชาญด้านการศึกษา เพื่อตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (Content validity) โดยพิจารณาความครอบคลุมของเนื้อหา ความถูกต้อง และความเหมาะสมของการใช้ภาษาในการสื่อความหมาย

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ความถี่ (ร้อยละ) ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการวิจัย

ผู้ตอบแบบสอบถามเป็นนายจ้างหรือผู้ใช้บัณฑิตที่รับบัณฑิตคณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต ที่สำเร็จการศึกษาในปีการศึกษา 2566 เข้าทำงานเป็นระยะเวลาตั้งแต่ 6 เดือน ถึง 1 ปีขึ้นไป จำนวน 22 คน โดยส่วนใหญ่สังกัดหน่วยงานภาครัฐ จำนวน 17 แห่ง คิดเป็นร้อยละ 77.27 และหน่วยงานเอกชน จำนวน 5 แห่ง คิดเป็นร้อยละ 22.73 แบ่งเป็นเพศหญิง จำนวน 15 คน คิดเป็นร้อยละ 68.18 และเพศชาย จำนวน 7 คน คิดเป็นร้อยละ 31.82 เมื่อพิจารณาตามตำแหน่ง พบว่า ส่วนใหญ่ดำรงตำแหน่งผู้อำนวยการ จำนวน 7 คน คิดเป็นร้อยละ 31.82 รองลงมา ได้แก่ ครูผู้ช่วย จำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 22.73 ผู้จัดการ และครูชำนาญการ จำนวนตำแหน่งละ 4 คน คิดเป็นร้อยละ 18.18 และครู คศ.3 จำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 4.55

ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของนายจ้างหรือผู้ใช้บัณฑิตที่มีต่อคุณลักษณะของบัณฑิตคณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต ทั้ง 6 ด้าน ได้แก่ ด้านคุณธรรมจริยธรรม ด้านความรู้ ด้านทักษะทางปัญญา ด้านทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ ด้านทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ และด้านทักษะการปฏิบัติทางวิชาชีพ พบว่า โดยภาพรวมมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด (μ = 4.68, σ = 0.42) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า ด้านทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบมีค่าเฉลี่ยสูงสุด อยู่ในระดับมากที่สุด (μ = 4.87, σ = 0.32) รองลงมา ได้แก่ ด้านคุณธรรมจริยธรรม (μ = 4.79, σ = 0.32) และด้านความรู้ (μ = 4.70, σ = 0.42) ตามลำดับ ขณะที่ด้านทักษะทางปัญญา (μ = 4.60, σ = 0.47) ด้านทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ (μ = 4.56, σ = 0.52) และด้านทักษะการปฏิบัติทางวิชาชีพ (μ = 4.56, σ = 0.45) มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมากที่สุดเช่นเดียวกัน ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความพึงพอใจของนายจ้าง/ผู้ใช้บัณฑิตที่มีต่อคุณลักษณะของบัณฑิต ด้าน และในภาพรวม

คุณลักษณะของบัณฑิต	μ	σ	อันดับ
ด้านคุณธรรมจริยธรรม	4.79	0.32	2
ด้านความรู้	4.70	0.42	3
ด้านทักษะทางปัญญา	4.60	0.47	4
ด้านทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ	4.87	0.32	1
ด้านทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ	4.56	0.52	5
ด้านทักษะการปฏิบัติทางวิชาชีพ	4.56	0.45	5
รวม	4.68	0.42	

ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของนายจ้างหรือผู้ใช้บัณฑิตที่มีต่อคุณลักษณะของบัณฑิตด้านคุณธรรมจริยธรรม พบว่า โดยภาพรวมมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด (μ = 4.79, σ = 0.40) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า การปฏิบัติงานด้วยความซื่อสัตย์สุจริตมีค่าเฉลี่ยสูงสุด อยู่ในระดับมากที่สุด (μ = 4.95, σ = 0.21) รองลงมา ได้แก่ การปฏิบัติตามจรรยาบรรณวิชาชีพ (μ = 4.86, σ = 0.35) และการปฏิบัติตามกฎระเบียบและข้อตกลงของหน่วยงาน (μ = 4.82, σ = 0.39) ตามลำดับ ขณะที่ข้อที่มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด คือ การเป็นผู้นำและ/หรือผู้ตามที่ดี (μ = 4.59, σ = 0.59) ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความพึงพอใจของนายจ้าง/ผู้ใช้บัณฑิตที่มีต่อคุณลักษณะของบัณฑิตในด้านคุณธรรมจริยธรรม

ด้านคุณธรรมจริยธรรม	μ	σ	อันดับ
1. การปฏิบัติงานด้วยความซื่อสัตย์สุจริต	4.95	0.21	1
2. การเป็นผู้นำและ/ หรือผู้ตามที่ดี มุ่งมั่นที่จะปฏิบัติงานให้ สำเร็จ	4.59	0.59	5
3. มีความตรงต่อเวลา รับผิดชอบในหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย	4.73	0.46	4
4. ปฏิบัติตนตามกฎระเบียบและข้อตกลงของหน่วยงาน	4.82	0.39	3
5. การปฏิบัติงานตามจรรยาบรรณวิชาชีพ	4.86	0.35	2
รวม	4.79	0.40	

ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของนายจ้างหรือผู้ใช้บัณฑิตที่มีต่อคุณลักษณะของบัณฑิตด้านความรู้ พบว่า โดยภาพรวมมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด (μ = 4.70, σ = 0.50) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า ความรู้ในการใช้คอมพิวเตอร์พื้นฐานและอินเทอร์เน็ตเพื่อการปฏิบัติงานมีค่าเฉลี่ยสูงสุด อยู่ในระดับมากที่สุด (μ = 4.82, σ = 0.50) รองลงมา ได้แก่ การใช้ภาษาได้อย่างถูกต้องเหมาะสม (μ = 4.73, σ = 0.46) ขณะที่ความสามารถ ในการสรุปความและจับใจความได้และความเข้าใจงานที่ได้รับมอบหมาย มีค่าเฉลี่ยเท่ากัน (μ = 4.68, σ = 0.48) และข้อที่มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด คือ ความชำนาญเกี่ยวกับวิชาชีพที่ปฏิบัติงาน (μ = 4.59, σ = 0.59) ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความพึงพอใจของนายจ้าง/ผู้ใช้บัณฑิตที่มีต่อคุณลักษณะของบัณฑิตในด้านความรู้

ด้านความรู้	μ	σ	อันดับ
1. สามารถสรุปความและจับใจความได้	4.68	0.48	3
2. มีความเข้าใจงานที่ได้รับมอบหมาย	4.68	0.48	3
3. มีความชำนาญเกี่ยวกับวิชาชีพที่ปฏิบัติงาน	4.59	0.59	5
4. มีความรู้ในการใช้คอมพิวเตอร์พื้นฐานและอินเทอร์เน็ตเพื่อการปฏิบัติงานได้	4.82	0.50	1
5. มีความรู้ในการใช้ภาษาได้อย่างถูกต้องเหมาะสม	4.73	0.46	2
รวม	4.70	0.50	

ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของนายจ้างหรือผู้ใช้บัณฑิตที่มีต่อคุณลักษณะของบัณฑิตด้านทักษะทางปัญญา พบว่า โดยภาพรวมมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด (μ = 4.60, σ = 0.55) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า การปรับตัวเข้ากับสถานการณ์ได้อย่างเหมาะสมมีค่าเฉลี่ยสูงสุด อยู่ในระดับมากที่สุด (μ = 4.68, σ = 0.48) รองลงมา ได้แก่ การแสวงหาความรู้และการสร้างสรรค์งานใหม่ และการมีปฏิภาณไหวพริบในการแก้ปัญหา (μ = 4.64) ขณะที่ข้อที่มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด คือ การคิดอย่างเป็นระบบและการให้เหตุผลเพื่อการตัดสินใจ (μ = 4.50, σ = 0.60) ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความพึงพอใจของนายจ้าง/ผู้ใช้บัณฑิตที่มีต่อคุณลักษณะของบัณฑิตในด้านทักษะทางปัญญา

ด้านทักษะทางปัญญา	μ	σ	อันดับ
1. มีความสามารถในการวางแผนจัดระบบงานและควบคุมงานได้	4.55	0.51	4
2. แสวงหาความรู้และสามารถสร้างสรรค์งานใหม่ ๆ	4.64	0.49	2
3. มีกระบวนการคิดเป็นระบบ คิดวิเคราะห์ สามารถเสนอแนะ และให้เหตุผลเพื่อการตัดสินใจได้	4.50	0.60	5
4. มีปฏิภาณไหวพริบในการแก้ปัญหาเฉพาะหน้า	4.64	0.66	2
5. การปรับตัวเข้ากับสถานการณ์ได้อย่างเหมาะสม	4.68	0.48	1
รวม	4.60	0.55	

ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของนายจ้างหรือผู้ใช้บัณฑิตที่มีต่อคุณลักษณะของบัณฑิตด้านทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ พบว่า โดยภาพรวมมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด (μ = 4.87, σ = 0.34) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า บุคลิกภาพและการวางตัวอย่างเหมาะสม และการมีมนุษยสัมพันธ์ที่ดีและสามารถทำงานเป็นทีมได้ มีค่าเฉลี่ยสูงสุดเท่ากัน (μ = 4.91, σ = 0.29) รองลงมา ได้แก่ ความเอื้อเฟื้อเผื่อแผ่และการมีความรับผิดชอบต่อหน้าที่ (μ = 4.86, σ = 0.35) และข้อที่มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด คือ การมีส่วนร่วมในกิจกรรมขององค์กร (μ = 4.82, σ = 0.39) ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความพึงพอใจของนายจ้าง/ผู้ใช้บัณฑิตที่มีต่อคุณลักษณะของบัณฑิตในด้านทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ

ด้านทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ	μ	σ	อันดับ
1. มีบุคลิกภาพและการวางตัวอย่างเหมาะสม ไม่ละเมิดสิทธิของผู้อื่น	4.91	0.29	1
2. มีความเอื้อเฟื้อเผื่อแผ่ ให้ความช่วยเหลือผู้อื่นโดยสมัครใจ	4.86	0.35	3
3. มีมนุษยสัมพันธ์ที่ดีและสามารถทำงานเป็นทีมได้	4.91	0.29	1
4. มีความรับผิดชอบ เสียสละ อดกลั้น และมีระเบียบวินัยในการทำงาน	4.86	0.35	3
5. มีส่วนร่วมในโครงการและกิจกรรมขององค์กรหรือหน่วยงานสม่ำเสมอ	4.82	0.39	6
6. การปรับตัวเข้ากับเพื่อนร่วมงานได้อย่างดี	4.86	0.35	3
รวม	4.87	0.34	

ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของนายจ้างหรือผู้ใช้บัณฑิตที่มีต่อคุณลักษณะของบัณฑิตด้านทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ พบว่า โดยภาพรวมมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด (μ = 4.56, σ = 0.61) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า ความสามารถในการสื่อสาร (พูด อ่าน ฟัง เขียน) มีค่าเฉลี่ยสูงสุด อยู่ในระดับมากที่สุด (μ = 4.82, σ = 0.39) รองลงมา ได้แก่ การถ่ายทอดข้อมูลเป็นภาษาไทย (μ = 4.64, σ = 0.49) ขณะที่ข้อที่มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด คือ การถ่ายทอดข้อมูลเป็นภาษาอังกฤษ (μ = 4.36, σ = 0.79) ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความพึงพอใจของนายจ้าง/ผู้ใช้บัณฑิตที่มีต่อคุณลักษณะของบัณฑิตในด้านทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสารและการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

ด้านทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสารและการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ	μ	σ	อันดับ
1. การเลือกใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ ตลอดจนรูปแบบการนำเสนอสารสนเทศในการสื่อสารได้อย่างมีประสิทธิภาพเหมาะสมกับสถานการณ์	4.55	0.60	4
2. การคิดวิเคราะห์ สังเคราะห์ และสร้างสรรค์งาน	4.59	0.67	3
3. ประยุกต์ใช้ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข และความรู้เชิงสถิติเบื้องต้นในการปฏิบัติงาน	4.45	0.74	6
4. มีการนำเสนอและการสื่อสารภาษาไทยและภาษาต่างประเทศได้อย่างเหมาะสม และมีประสิทธิภาพ	4.50	0.60	5
5. มีวิธีการถ่ายทอดข้อมูลข่าวสารในรูปแบบภาษาไทยให้แก่ผู้อื่นได้อย่างเข้าใจและมีประสิทธิภาพ	4.64	0.49	2
6. มีวิธีการถ่ายทอดข้อมูลข่าวสารในรูปแบบภาษาอังกฤษให้แก่ผู้อื่นได้อย่างเข้าใจและมีประสิทธิภาพ	4.36	0.79	7
7. ความสามารถในการสื่อสาร (พูด อ่าน ฟัง เขียน)	4.82	0.39	1
รวม	4.56	0.61	

ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของนายจ้างหรือผู้ใช้บัณฑิตที่มีต่อคุณลักษณะของบัณฑิตด้านทักษะการปฏิบัติทางวิชาชีพ พบว่า โดยภาพรวมมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด (μ = 4.56, σ = 0.53) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า ความเชี่ยวชาญในการจัดการเรียนรู้ในวิชาชีพครูมีค่าเฉลี่ยสูงสุด อยู่ในระดับมากที่สุด (μ = 4.68, σ = 0.48) รองลงมา ได้แก่ การจัดการเรียนรู้ที่หลากหลายรูปแบบ (μ = 4.55, σ = 0.51) และข้อที่มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด คือ การจัดการเรียนรู้สำหรับผู้เรียนที่มีความหลากหลาย (μ = 4.45, σ = 0.60) ดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความพึงพอใจของนายจ้าง/ผู้ใช้บัณฑิตที่มีต่อคุณลักษณะของบัณฑิตในด้านทักษะการปฏิบัติทางวิชาชีพ

ด้านทักษะการปฏิบัติทางวิชาชีพ	μ	σ	อันดับ
1. มีความเชี่ยวชาญในการจัดการเรียนรู้ที่มีรูปแบบหลากหลาย ทั้งรูปแบบที่เป็นทางการ (Formal) รูปแบบกึ่งทางการ (Non-formal) และรูปแบบไม่เป็นทางการ (Informal) สร้างสรรค์	4.55	0.51	2
2. มีความเชี่ยวชาญในการจัดการเรียนรู้สำหรับผู้เรียนที่หลากหลาย ทั้งผู้เรียนที่มีความสามารถพิเศษ ผู้เรียนที่มีความสามารถปานกลาง และผู้เรียนที่มีความต้องการพิเศษ อย่างมีนวัตกรรม	4.45	0.60	3
3. มีความเชี่ยวชาญในการจัดการเรียนรู้ในวิชาชีพครูได้	4.68	0.48	1
รวม	4.56	0.53	

การอภิปรายผล

ผลการวิจัย พบว่า นายจ้างหรือผู้ใช้บัณฑิตมีความพึงพอใจต่อคุณลักษณะของบัณฑิตคณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต โดยภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ทั้งนี้ เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า ด้านทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบมีค่าเฉลี่ยสูงสุด แสดงให้เห็นถึงความสามารถของบัณฑิตในการทำงานร่วมกับผู้อื่น การมีมนุษยสัมพันธ์ที่ดี และความรับผิดชอบต่อหน้าที่ ซึ่งเป็นคุณลักษณะสำคัญในการประกอบวิชาชีพครู ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากกระบวนการจัดการเรียนการสอนของคณะครุศาสตร์ที่มุ่งเน้นการผลิตบัณฑิตให้มีความรู้ควบคู่กับทักษะทางวิชาชีพและคุณธรรมจริยธรรม ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดการพัฒนาผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 ที่เน้นการพัฒนาสมรรถนะรอบด้าน ทั้งด้านความรู้ ทักษะ และคุณลักษณะ (Trilling and Fadel, 2009) และสอดคล้องกับแนวคิดของ Yorke (2019) ที่ระบุว่าทักษะด้านความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบเป็นหนึ่งในสมรรถนะหลักของบัณฑิตที่ส่งผลต่อความสามารถในการทำงานและความสำเร็จในวิชาชีพ นอกจากนี้ ผลที่ได้ยังอาจอธิบายได้จากลักษณะของวัฒนธรรมองค์กรของมหาวิทยาลัยที่มุ่งเน้นการทำงานร่วมกัน การมีจิตบริการ และการปลูกฝังจิตวิญญาณความเป็นครู ซึ่งเป็นกระบวนการหล่อหลอมให้ผู้เรียนพัฒนาทักษะด้านความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบอย่างต่อเนื่อง สอดคล้องกับแนวคิดวัฒนธรรมองค์กรของ Schein (2010) ที่ชี้ว่าค่านิยมและบรรยากาศองค์กรมีอิทธิพลต่อพฤติกรรมและคุณลักษณะของบุคลากร

ด้านคุณธรรมจริยธรรมมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมากที่สุดเช่นเดียวกัน โดยเฉพาะการปฏิบัติงานด้วยความซื่อสัตย์สุจริตและการยึดมั่นจรรยาบรรณวิชาชีพ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการจัดการเรียนการสอนในหลักสูตรครุศาสตร์ที่ให้ความสำคัญกับการปลูกฝังคุณธรรม จริยธรรม และจิตวิญญาณความเป็นครูอย่างต่อเนื่อง ซึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญของการประกอบวิชาชีพครู สอดคล้องกับมาตรฐานวิชาชีพครูที่กำหนดให้ครูต้องมีคุณธรรมและจรรยาบรรณเป็นหลักในการปฏิบัติงาน (คุรุสภา, 2563)

ด้านความรู้ พบว่า ผู้ใช้บัณฑิตมีความพึงพอใจในระดับมากที่สุด โดยเฉพาะความสามารถในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความสามารถของบัณฑิตในการประยุกต์ใช้ความรู้ในการปฏิบัติงานจริง สอดคล้องกับแนวคิดของ Redecker (2017) ที่กล่าวว่าครูในยุคดิจิทัลจำเป็นต้องมีสมรรถนะด้านเทคโนโลยีและการสื่อสารเพื่อสนับสนุนการจัดการเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ด้านทักษะทางปัญญา พบว่า บัณฑิตมีความสามารถในการปรับตัวและแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ ได้ในระดับมากที่สุด ซึ่งเป็นทักษะสำคัญในโลกการทำงานที่มีความเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ทั้งนี้สอดคล้องกับแนวคิดของ Organisation for Economic Co-operation and Development (2018) ที่เน้นการพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ การแก้ปัญหา และการปรับตัวเป็นสมรรถนะสำคัญของผู้เรียนในศตวรรษที่ 21

ด้านทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ พบว่า มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด โดยเฉพาะทักษะการสื่อสารภาษาไทย อย่างไรก็ตาม ทักษะการสื่อสารภาษาอังกฤษมีค่าเฉลี่ยต่ำกว่าด้านอื่น ซึ่งชี้ให้เห็นถึงความจำเป็นในการพัฒนาทักษะภาษาอังกฤษของบัณฑิตให้สอดคล้องกับบริบทของการศึกษายุคโลกาภิวัตน์ (Trilling and Fadel, 2009)

ด้านทักษะการปฏิบัติทางวิชาชีพ พบว่า บัณฑิตมีความพร้อมในการจัดการเรียนรู้และปฏิบัติงานจริงในระดับมากที่สุด โดยเฉพาะด้านการจัดการเรียนรู้ในวิชาชีพครู ซึ่งอาจเป็นผลจากการจัดประสบการณ์เรียนรู้ในรูปแบบสหกิจศึกษาและการเรียนรู้เชิงบูรณาการกับการทำงาน (Cooperative and Work-Integrated Education: CWIE) ที่เปิดโอกาสให้นักศึกษาได้ฝึกปฏิบัติงานในสถานการณ์จริงอย่างเป็นระบบ ส่งผลให้เกิดการเรียนรู้จากประสบการณ์ (experiential learning) และสามารถพัฒนาทักษะวิชาชีพได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Kolb, 1984; Darling-Hammond, 2021)

โดยสรุป ผลการวิจัยบ่งชี้ว่า คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต สามารถพัฒนาบัณฑิตให้มีคุณลักษณะที่สอดคล้องกับความต้องการของผู้ใช้บัณฑิตได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งด้านความรู้ ทักษะ และคุณธรรมจริยธรรม อย่างไรก็ตาม ควรส่งเสริมและพัฒนาทักษะด้านภาษาอังกฤษและการวิเคราะห์เชิงตัวเลขเพิ่มเติม เพื่อเสริมสร้างศักยภาพของบัณฑิตให้สามารถปฏิบัติงานและแข่งขันได้อย่างมีประสิทธิภาพในบริบทสากล

บทสรุป

การศึกษาความพึงพอใจของนายจ้างหรือผู้ใช้บัณฑิตที่มีต่อคุณลักษณะของบัณฑิตคณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต พบว่า โดยภาพรวมผู้ใช้บัณฑิตมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด สะท้อนให้เห็นว่าการจัดการศึกษาของคณะครุศาสตร์สามารถพัฒนาบัณฑิตให้มีคุณลักษณะที่สอดคล้องกับความต้องการของหน่วยงานผู้ใช้บัณฑิตได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า ด้านทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ และด้านคุณธรรมจริยธรรม เป็นด้านที่มีระดับความพึงพอใจสูงสุด ซึ่งแสดงให้เห็นถึงจุดเด่นของบัณฑิตในด้านการทำงานร่วมกับผู้อื่น ความรับผิดชอบและการยึดมั่นในจรรยาบรรณวิชาชีพ ขณะที่ด้านความรู้และทักษะทางปัญญาอยู่ในระดับมากที่สุดเช่นเดียวกัน สะท้อนถึงความสามารถของบัณฑิตในการนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในการปฏิบัติงานได้อย่างเหมาะสม

อย่างไรก็ตาม แม้ว่าทุกด้านจะอยู่ในระดับมากที่สุด แต่ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าทักษะด้านการสื่อสารภาษาอังกฤษและการวิเคราะห์เชิงตัวเลขยังมีค่าเฉลี่ยต่ำกว่าด้านอื่น จึงควรมีการพัฒนาทักษะภาษาอังกฤษและการคิดวิเคราะห์เชิงตัวเลขอย่างเป็นรูปธรรม โดยอาจดำเนินการบูรณาการการใช้ภาษาอังกฤษในรายวิชาต่าง ๆ การส่งเสริมการเรียนรู้แบบ Active learning ที่เน้นการคิดวิเคราะห์ รวมถึงการเพิ่มโอกาสในการฝึกประสบการณ์ในกิจกรรมที่ใช้ภาษาอังกฤษ ทั้งนี้เพื่อเสริมสร้างความพร้อมของบัณฑิตในการแข่งขันและการทำงาน

ดังนั้น ผลการวิจัยครั้งนี้สามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลสำคัญในการพัฒนาหลักสูตร การจัดการเรียนการสอน และการพัฒนาคุณลักษณะของบัณฑิตคณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต ให้มีคุณภาพและสอดคล้องกับความต้องการของผู้ใช้บัณฑิตอย่างต่อเนื่อง

เอกสารอ้างอิง

คุรุสภา. (2563). รายละเอียดของมาตรฐานความรู้และประสบการณ์วิชาชีพครู ตามข้อบังคับคุรุสภา (ฉบับที่ 4) พ.ศ. 2562. ราชกิจจานุเบกษา.

บุญชม ศรีสะอาด. (2554). หลักการวิจัยเบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่ 9. สุริวิริยาสาส์น: กรุงเทพฯ.

มหาวิทยาลัยสวนดุสิต. (2562). อำนาจหน้าที่ ภารกิจของมหาวิทยาลัยสวนดุสิต. ค้นเมื่อ 3 เมษายน 2569. https://www.dusit.ac.th/home/authority

สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา. (2557). คู่มือการประกันคุณภาพการศึกษาภายในระดับอุดมศึกษา พ.ศ. 2557. ภาพพิมพ์: กรุงเทพฯ.

Altbach, P. G., Reisberg, L. and de Wit, H. (2019). Trends in global higher education: Tracking an academic revolution. UNESCO: Paris.

Darling-Hammond, L. (2021). Preparing teachers for a changing world. Jossey-Bass: CA.

Harvey, L. (2020). Employer satisfaction and graduate employability. Higher Education Policy. 33(1): 1–15.

Kolb, D. A. (1984). Experiential learning: Experience as the source of learning and development. Englewood Cliffs, Prentice Hall: NJ.

Organisation for Economic Co-operation and Development. (2018). The future of education and skills: Education 2030. OECD Publishing: Paris.

Office of the Higher Education Commission. (2017). Thai qualifications framework for higher education. Office of the Education Council Ministry of Education: Bangkok.

Redecker, C. (2017). European framework for the digital competence of educators (DigCompEdu). European Commission: Luxembourg.

Schein, E. H. (2010). Organizational culture and leadership (4th ed.). Jossey-Bass: CA.

Trilling, B. and Fadel, C. (2009). 21st century skills: Learning for life in our times. Jossey-Bass: CA.

Yorke, M. (2019). Employability in higher education: What it is and what it is not. Higher Education Academy: NewYork.

โครงการวิจัยการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาทักษะ: กรณีศึกษาขนมกุยช่ายเสริมหญ้านางนวล
Instructional research for enhancing of skills: A case study of Chinese chive dumplings enriched with Gnaphalium affine

ทศพร ธีรวงศ์กาญจนา[1*] นุจิรา รัศมีไพบูลย์[1] สุวรรณา พิชัยยงค์วงศ์ดี[1] จรรยารัตน์ คนคล่อง[1] ณภัสนันน์ ฐณะกุณณพัฒน์[1] และชญาธร สุรศิริเดช[1]

Thotsaporn Theerawongkanjana[1*], Nujira Rasamipaiboon[1],
Suwanna Pichaiyongvongdee[1], Janyarat Konklong[1], Naphatsanan Thanakunnaphat[1*]
and Chayatorn Surasiridet[1]

[1]โรงเรียนการเรือน มหาวิทยาลัยสวนดุสิต*
[1]School of Culinary Arts Suan Dusit University*
[*]Corresponding Author E-mail Address : thotsaporn_the@dusit.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาการจัดการเรียนการสอนในรายวิชาที่เกี่ยวข้องกับระเบียบวิธีวิจัยและการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร โดยบูรณาการแนวคิดการเรียนรู้เชิงรุก การเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน และการจัดการศึกษาแบบมุ่งผลลัพธ์การเรียนรู้ (Outcome-based Education: OBE) ผ่านกรณีศึกษาการพัฒนาขนมกุยช่ายเสริมหญ้านางนวล การดำเนินการวิจัยแบ่งเป็น 2 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นตอน 1 การคัดเลือกตำรับมาตรฐานของขนมกุยช่าย และ ขั้นตอนที่ 2 การศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ขนมกุยช่ายเสริมหญ้านางนวลในระดับการเสริม 3 ระดับ คือ 2, 4 และ 6 กรัมต่อน้ำหนักแป้งทั้งหมด การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสดำเนินการโดยใช้มาตร 9 ระดับ ครอบคลุมด้านลักษณะที่ปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และคุณลักษณะโดยรวม วิเคราะห์ข้อมูลด้วยค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิจัยพบว่าตำรับที่ 3 ได้รับการยอมรับสูงที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบโดยรวมเท่ากับ 7.20±0.40 และเมื่อศึกษาปริมาณการเสริมหญ้านางนวล พบว่าการเสริมในระดับ 6 กรัม ให้คะแนนความชอบสูงสุดในทุกด้าน ได้แก่ ลักษณะที่ปรากฏ (7.47±0.89) สี (7.63±0.99) กลิ่น (7.57±0.97) รสชาติ (7.67±0.99) เนื้อสัมผัส (7.63±0.88) และคุณลักษณะโดยรวม (7.83±0.79) นอกจากนี้ ผลการจัดการเรียนรู้พบว่า ผู้เรียนมีพัฒนาการด้านทักษะการวิจัย การคิดวิเคราะห์ และการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร สอดคล้องกับผลลัพธ์การเรียนรู้ที่กำหนดไว้ แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนการสอนโดยใช้การวิจัยเป็นฐานร่วมกับโครงงาน สามารถเสริมสร้างสมรรถนะของผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ พร้อมทั้งได้ผลิตภัณฑ์ต้นแบบที่มีศักยภาพในการต่อยอดเชิงพาณิชย์

คำสำคัญ: พัฒนาการเรียนการสอน ขนมกุยช่าย หญ้านางนวล การทดสอบทางประสาทสัมผัส

Abstract

This study aimed to develop instructional management in courses related to research methodology and food product development by integrating active learning, project-based learning, and Outcome-Based Education (OBE). The approach was implemented through a case study on the development of chive dumplings supplemented with *Gnaphalium affine*. The research was conducted in two phases: (1) selection of a standard chive dumpling formulation, and (2) investigation of consumer acceptance of chive dumplings supplemented with *Gnaphalium affine* at three levels 2, 4, and 6 grams per total flour weight. Sensory evaluation was carried out using a 9-point hedonic scale, covering appearance, color, aroma, taste, texture, and overall acceptability. Data was analyzed using mean and standard deviation. The results indicated that formulation 3 received the highest acceptance, with an overall liking score of 7.20 ± 0.40. Regarding supplementation levels, the addition of 6 grams of *Gnaphalium affine* yielded the highest scores across all sensory attributes, including appearance (7.47 ± 0.89), color (7.63 ± 0.99), aroma (7.57 ± 0.97), taste (7.67 ± 0.99), texture (7.63 ± 0.88), and overall acceptability (7.83 ± 0.79). Furthermore, the learning outcomes demonstrated that students improved their research skills, analytical thinking, and food product development competencies, aligning with the intended learning outcomes. These findings suggest that research-based instruction combined with project-based learning effectively enhances student competencies. Additionally, the study resulted in a prototype product with potential for commercial development.

Keywords: Teaching and learning Development, Gnaphalium affine, Chinese Chive Dumplings, Sensory Test

บทนำ

ขนมกุยช่ายเป็นอาหารว่าง ที่มีต้นกำเนิดจากชาวจีนแต้จิ๋ว มีลักษณะเป็นแป้งที่ห่อด้วยไส้ โดยตัวแป้งทำจากแป้งข้าวเจ้าผสมกับแป้งมันสำปะหลังเป็นส่วนผสมหลัก (Chisa5708242, 2559) และตัวไส้จะใช้ใบของต้นกุยช่ายเป็นวัตถุดิบหลัก ต่อมาคนไทยมีการดัดแปลงตัวไส้ของขนมกุยช่ายจากเดิมเป็นใบกุยช่าย มาเป็นพืชชนิดอื่น ๆ เช่น เผือก หน่อไม้ มันแกว เป็นต้น โดยลักษณะของขนมกุยช่ายที่นิยมมี 3 ลักษณะ ได้แก่ ขนมกุยช่ายแบบแต้จิ๋ว มีลักษณะรูปร่างแบนและกลม ด้านในมีไส้ที่ทำจากใบกุยช่าย ขนมกุยช่ายแบบถาด เป็นการดัดแปลงจากขนมกุยช่ายแบบดั้งเดิม โดยจะนำแป้งและไส้มากระจายในถาดแล้วนึ่งให้สุก และขนมกุยช่ายแบบแป้งสด โดยส่วนของแป้งมีลักษณะคล้ายกับแป้งข้าวเกรียบปากหม้อและมีไส้เป็นใบกุยช่าย ซึ่งลักษณะแป้งของขนมกุยช่ายที่ดี ตัวแป้งเมื่อสุกจะมีสีขาวขุ่นจนถึงใส มีความบางทำให้เห็นถึงสีของไส้ มีกลิ่นหอม เนื้อสัมผัสของแป้งต้องมีความนุ่ม มีความมันวาวเล็กน้อย และไม่มีส่วนที่แข็งเป็นไต เมื่อรับประทานคู่กับตัวไส้แล้ว จะต้องสัมผัสได้ถึงรสชาติของตัวไส้ (ธัญศา สิงหปรีชา, 2565)

หญ้านางนวล มีชื่อเรียกอื่น ๆ เช่น หญ้าชิวคักหรือฉี่อคัก มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Gnaphalium Affine* จัดอยู่ในวงศ์ Asteraceae พบมากในพื้นที่ราบลุ่มของประเทศแถบเอเชียเป็นพืชที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ ตามทุ่งนาพบได้บริเวณใต้ต้นมะพร้าว และสวนผลไม้ต่าง ๆ เจริญเติบโตได้ดีในฤดูฝนประมาณเดือนพฤศจิกายน โดยหญ้านางนวล มีดอกสีขาวนวล มีลำต้นสูงประมาณ 20 - 50 เซนติเมตร ใบมีสีเขียวอ่อน ปลายใบอวบ ๆ และเรียว รสชาติจะออกขมและหวาน เมื่อนำไปตากแห้งจะมีกลิ่นหอม จึงเป็นที่นิยมในการนำหญ้านางนวลมาผสมกับแป้งของขนมเทียนจะทำให้ตัวแป้งของขนมเทียนมีลักษณะใส และมีความเหนียวนุ่มมากขึ้น (จันทิมา แก้วเจริญ และคณะ, 2567)

ดังนั้น การนำหญ้านางนวลซึ่งเป็นพืชที่พบได้ตามธรรมชาติและมีความปลอดภัยต่อการบริโภค มาใช้เป็นส่วนเสริมในแป้งขนมกุยช่าย จึงเป็นแนวทางที่เหมาะสมในการบูรณาการองค์ความรู้ด้านการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเข้ากับการจัดการเรียนการสอน โดยผู้เรียนสามารถเรียนรู้กระบวนการคัดเลือกวัตถุดิบ การออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ ตลอดจนการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสอย่างเป็นระบบ อันจะนำไปสู่การพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์และทักษะการวิจัย นอกจากนี้ การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมกุยช่ายเสริมหญ้านางนวลยังช่วยส่งเสริมการสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์อาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการ ปลอดภัยต่อสุขภาพ และมีความหลากหลายในด้านสี กลิ่น รสชาติ และเนื้อสัมผัส อีกทั้งยังเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับวัตถุดิบท้องถิ่นและผลิตภัณฑ์อาหาร ซึ่งสอดคล้องกับแนวทางการจัดการเรียนรู้และพัฒนาการจัดการเรียนการสอนในรายวิชาที่เกี่ยวข้องกับระเบียบวิธีวิจัยและการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารที่บูรณาการแนวคิดการเรียนรู้เชิงรุก การเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน และการจัดการศึกษาแบบมุ่งผลลัพธ์การเรียนรู้ โดยมุ่งเน้นการประยุกต์ใช้ความรู้สู่การปฏิบัติจริงและการสร้างคุณค่าเชิงเศรษฐกิจอย่างยั่งยืน

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

การวิจัยการพัฒนาขนมกุยช่ายเสริมหญ้านางนวล มีวิธีดำเนินการ ดังนี้

1. การคัดเลือกตำรับมาตรฐานของขนมกุยช่าย

การคัดเลือกตำรับมาตรฐานของขนมกุยช่ายได้ทำการศึกษา ค้นคว้า และรวบรวมไว้ 3 ตำรับ ได้แก่ ตำรับที่ 1 ของ shinnemonmam (2557) ตำรับนี้ใช้ส่วนผสมประกอบด้วย แป้งข้าวเจ้า แป้งมัน แป้งข้าวเหนียว น้ำมันพืช และน้ำ ใช้ในปริมาณ 60, 48, 24, 6 และ 78 กรัม ตามลำดับ ตำรับที่ 2 ของkruabannernnam (2564) ตำรับนี้ใช้ส่วนผสมประกอบด้วย แป้งข้าวเจ้า แป้งมัน แป้งท้าวยายม่อม น้ำมันพืช และน้ำ ใช้ในปริมาณ 60, 15, 8, 30 และ 120 กรัม ตามลำดับ และตำรับที่ 3 ของตำรับชาววัง (2565) ตำรับนี้ใช้ส่วนผสมประกอบด้วย แป้งข้าวเจ้า แป้งมันสำปะหลัง แป้งข้าวเหนียว แป้งท้าวยายม่อม น้ำมันพืช และน้ำ ใช้ในปริมาณ 60, 200, 20, 20, 40 และ 320 กรัม ตามลำดับ

2. ขั้นตอนการทำขนมกุยช่าย ประกอบด้วยการเตรียมแป้ง การเตรียมไส้ การห่อไส้ การนึ่ง และน้ำจิ้ม

2.1 การเตรียมแป้ง ชั่งน้ำหนักของแป้ง และนำแป้งทั้งหมดเทลงในอ่างผสม เติมน้ำและน้ำมัน นวดจนกระทั่งแป้งจับตัวเป็นเนื้อเดียวกัน จากนั้นชั่งน้ำหนักแป้งเพื่อปั้นเป็นก้อนกลมสำหรับห่อไส้ ก้อนละ 20 กรัม รีดเป็นแผ่นบางขนาด 0.3 เซนติเมตร เพื่อสำหรับเตรียมห่อไส้ต่อไป

2.2 การเตรียมไส้ นำเผือกมาปอกเปลือกและเห็ดหอมนำล้างน้ำให้สะอาด จากนั้นนำมาหั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ ผัดด้วยไฟกลาง เติมน้ำตาล ซีอิ้วขาว ซอสปรุงรส และพริกไทย ผัดอีกครั้ง เติมน้ำที่ผสมแป้งมันลงผัดให้เข้ากัน เป็นอันเสร็จ

2.3 การห่อไส้ นำแป้งที่รีดเป็นแผ่นบาง ๆ มาห่อด้วยไส้ที่เตรียมไว้

2.4 การนึ่ง นำตัวขนมกุยช่ายที่ห่อเสร็จ นึ่งในลังถึงประมาณ 15 นาที หรือจนกระทั่งแป้งของขนมกุยช่ายสุก จากนั้นนำขึ้นมาทาน้ำมันเพื่อป้องกันแป้งติดกัน โรยกระเทียมเจียว และจัดเสิร์ฟพร้อมน้ำจิ้ม

2.5 น้ำจิ้ม เป็นการเพิ่มอรรถรสในการรับประทานขนมกุยช่าย โดยนำซีอิ้วดำ น้ำตาลทราย ซีอิ้วขาว น้ำส้มสายชู และน้ำสะอาด ผสมให้เข้าด้วยกัน จากนั้นนำไปต้มให้เดือด และใส่พริกชี้ฟ้าซอย

3. การประเมินคุณภาพอาหารด้วยวิธีทางประสาทสัมผัส (9 - Point Hedonic Scale test)

3.1 ขนมกุยช่ายตำรับมาตรฐาน จำนวน 3 ตำรับ เครื่องมือที่ใช้คือ แบบประเมินคุณภาพอาหารด้วยวิธีทางประสาทสัมผัสในด้านลักษณะที่ปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และคุณลักษณะโดยรวม ประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญด้านอาหาร จำนวน 5 คน

3.2 ขนมกุยช่ายเสริมหญ้านางนวล ในส่วนผสมของแป้งขนมกุยช่าย 3 ระดับ คือ 2 4 และ 6 กรัมของน้ำหนักแป้งทั้งหมด เครื่องมือที่ใช้คือ แบบประเมินคุณภาพอาหารด้วยวิธีทางประสาทสัมผัสในด้านลักษณะที่ปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และคุณลักษณะโดยรวม ประเมินโดยผู้บริโภค จำนวน 30 คน

3.3 กำหนดเกณฑ์การให้คะแนนด้วยการใช้ประสาทสัมผัส 9 ระดับ ดังนี้ 9 หมายถึง ชอบมากที่สุด 8 หมายถึง ชอบมาก 7 หมายถึง ชอบปานกลาง 6 หมายถึง ชอบเล็กน้อย 5 หมายถึง เฉย ๆ 4 หมายถึง ไม่ชอบเล็กน้อย 3 หมายถึง ไม่ชอบปานกลาง 2 หมายถึงไม่ชอบมาก และ 1 หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด

3.4 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลคือ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการวิจัย

การศึกษาเรื่องการพัฒนาขนมกุยช่ายเสริมหญ้านางนวลแบ่งผลการศึกษาออกเป็น 2 ตอน ดังนี้ ตอนที่ 1 ผลการคัดเลือกตำรับมาตรฐานของแป้งขนมกุยช่าย และตอนที่ 2 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคต่อการยอมรับผลิตภัณฑ์ขนมกุยช่ายเสริมหญ้านางนวล

ตอนที่ 1 ผลการคัดเลือกตำรับมาตรฐานของแป้งขนมกุยช่าย

1. ลักษณะของขนมกุยช่ายตำรับมาตรฐาน ได้ทำการศึกษา ค้นคว้า และนำตำรับมาตรฐานของขนมกุยช่ายทั้ง 3 ตำรับมาทำการทดลอง ซึ่งตำรับที่ 1 ของ shinnemonman (2557) ตำรับที่ 2 ของ kruabannernnam (2564) และตำรับที่ 3 ของ ตำรับชาววัง (2565) โดยผลการศึกษา มีดังนี้ (รูปที่ 1)

1.1 ตำรับที่ 1 ขนมกุยช่ายที่ได้ตัวแป้งมีความหนา และแข็ง มีสีขาวขุ่น มองไม่เห็นถึงสีของตัวไส้ อีกทั้งเนื้อสัมผัสไม่มีความเหนียวและนุ่ม และขาดได้ง่าย

1.2 ตำรับที่ 2 ขนมกุยช่ายที่ได้ตัวแป้งมีความหนาคล้ายกับตำรับที่ 1 มีสีขาวขุ่น มองไม่เห็นถึงสีของตัวไส้ เนื้อสัมผัสไม่มีความเหนียวนุ่ม เมื่อตั้งพักทิ้งไว้ให้เย็น ตัวแป้งมีความแข็ง และขาดได้ง่าย

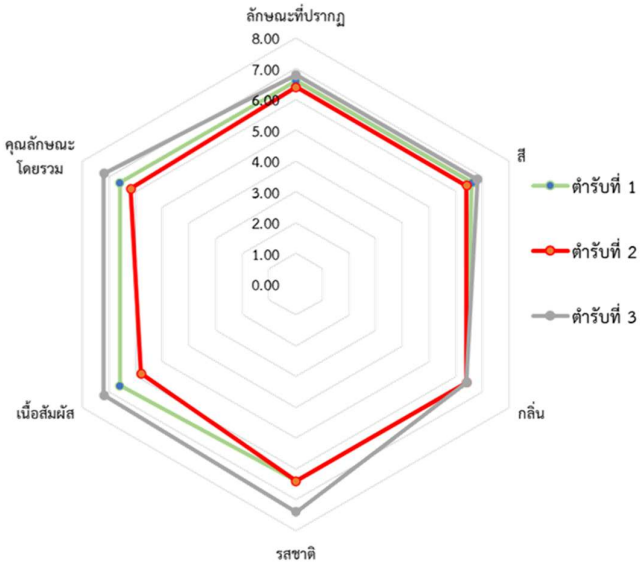
1.3 ตำรับที่ 3 ขนมกุยช่ายที่ได้ตัวแป้งมีความบาง และใส มองเห็นถึงสีของตัวไส้ได้ชัดเจน เนื้อสัมผัสมีความเหนียว นุ่ม และมีกลิ่นหอม



ก) ตำรับที่ 1 **ข) ตำรับที่ 2** **ค) ตำรับที่ 3**

รูปที่ 1 ลักษณะของขนมกุยช่ายตำรับมาตรฐาน ก) ตำรับที่ 1 ข) ตำรับที่ 2 และ ค) ตำรับที่ 3

2. การประเมินประสาทสัมผัสขนมกุยช่ายตำรับมาตรฐาน ใช้วิธีการประเมินคุณภาพอาหารด้วยวิธีทางประสาทสัมผัส 6 ด้าน คือ ลักษณะที่ปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และคุณลักษณะโดยรวม ได้ผลดังนี้ (รูปที่ 2)



รูปที่ 2 ค่าเฉลี่ยคะแนนการประเมินประสาทสัมผัสของขนมกุยช่ายตำรับมาตรฐาน

จากรูปที่ 2 ค่าเฉลี่ยคะแนนประเมินด้วยวิธีการทดสอบทางประสาทสัมผัสของแป้งกุยช่ายตำรับมาตรฐาน เมื่อพิจารณาคุณลักษณะแต่ละด้านของทั้ง 3 ตำรับ พบว่า ตำรับที่ 3 มีค่าคะแนนเฉลี่ยมากที่สุดในด้านลักษณะที่ปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และคุณลักษณะโดยรวม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.80±0.40, 6.80±0.40, 6.80±0.40, 7.40±0.49, 7.20±0.75 และ 7.20±0.40 ตามลำดับ รองลงมาคือ ตำรับที่ 1 มีค่าคะแนนเฉลี่ยในด้านคุณลักษณะโดยรวมเท่ากับ 6.60±0.89 และตำรับรับที่ 2 มีค่าคะแนนเฉลี่ยในด้านคุณลักษณะโดยรวมน้อยที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.20±0.75 และในด้านกลิ่นของทั้ง 3 ตำรับมีค่าคะแนนเฉลี่ยเท่า ๆ กัน คือ 6.80±0.40 ดังนั้นจากการศึกษาตำรับมาตรฐานของขนมกุยช่ายตำรับที่ 3 เหมาะสมที่สุดในการพัฒนาขนมกุยช่ายเสริมหญ้านางนวลต่อไป

ตอนที่ 2 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคต่อการยอมรับผลิตภัณฑ์ขนมกุยช่ายเสริมหญ้านางนวล

1. ลักษณะของขนมกุยช่ายเสริมหญ้านางนวล ได้จากการนำตำรับมาตรฐานที่ได้รับการคัดเลือกมาเสริมด้วยหญ้านางนวลในแป้งของขนมกุยช่าย ได้แก่ ตำรับที่ 1 เสริมด้วยหญ้านางนวลในปริมาณ 2 กรัม ตำรับที่ 2 เสริมด้วยหญ้านางนวลในปริมาณ 4 กรัม และตำรับที่ 3 เสริมด้วยหญ้านางนวลในปริมาณ 6 กรัม โดยผลการศึกษา มีดังนี้ (รูปที่ 3)

1.1 ตำรับที่ 1 ตัวแป้งมีความบาง ใส มีสีอ่อน และมีกลิ่นหอมอ่อน ๆ รสชาติกลมกล่อม เนื้อสัมผัสมีความเหนียวนุ่มเล็กน้อย

1.2 ตำรับที่ 2 ตัวแป้งมีความบาง ใส และมีสีเข้ม มีกลิ่นหอมคล้ายใบชา รสชาติกลมกล่อม เนื้อสัมผัสมีความเหนียวนุ่มเล็กน้อย

1.3 ตำรับที่ 3 ตัวแป้งมีความบาง ใส และมีสีเข้มมากที่สุด มีกลิ่นหอมคล้ายใบชา รสชาติกลมกล่อม อีกทั้งเนื้อสัมผัสมีความเหนียวและนุ่มมาก



ก) ตำรับที่ 1 ปริมาณ 2 กรัม



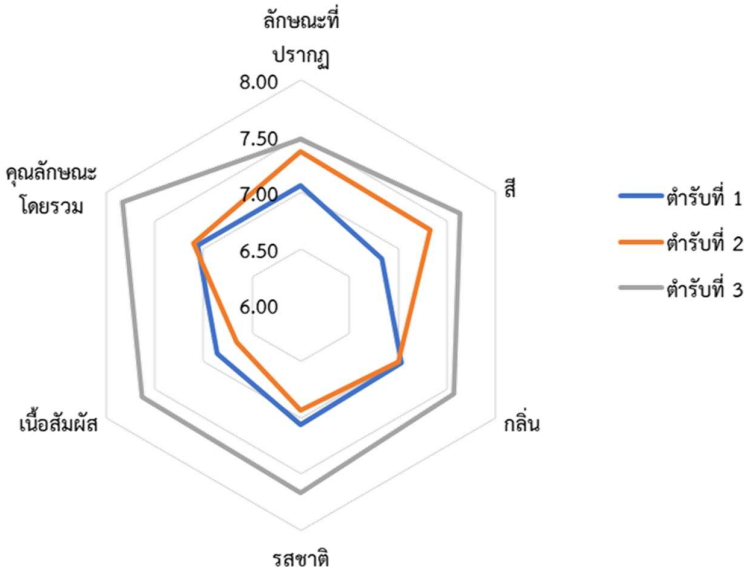
ข) ตำรับที่ 2 ปริมาณ 4 กรัม



ค) ตำรับที่ 3 ปริมาณ 6 กรัม

รูปที่ 3 ลักษณะของแป้งขนมกุยช่ายเสริมหญ้านางนวล ก) ตำรับที่ 1 ปริมาณ 2 กรัม ข) ตำรับที่ 2 ปริมาณ 4 กรัม และ ค) ตำรับที่ 3 ปริมาณ 6 กรัม

2. การประเมินทางประสาทสัมผัสของขนมกุยช่ายเสริมหญ้านางนวล โดยใช้หญ้านางนวลเสริมในปริมาณที่แตกต่างกัน คือ ปริมาณ 2 4 และ 6 กรัมของน้ำหนักแป้งทั้งหมด ประเมินคุณภาพอาหารด้วยวิธีทางประสาทสัมผัส 6 ด้าน ได้แก่ ลักษณะที่ปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และคุณลักษณะโดยรวม ได้ผลดังนี้ (รูปที่ 4)



รูปที่ 4 ค่าเฉลี่ยคะแนนการประเมินคุณภาพอาหารด้วยวิธีทางประสาทสัมผัสของขนมกุยช่ายเสริมหญ้านางนวล

จากรูปที่ 4 ค่าเฉลี่ยคะแนนการประเมินคุณภาพอาหารด้วยวิธีทางประสาทสัมผัสของขนมกุยช่ายเสริมหญ้านางนวลในปริมาณที่แตกต่างกัน พบว่า ตำรับที่ 3 ที่เสริมหญ้านางนวลในปริมาณ 6 กรัม มีค่าคะแนนเฉลี่ยมากที่สุดในทุก ๆ ด้าน มีค่าคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 7.47±0.89, 7.63±0.99, 7.57±0.97, 7.67±0.99, 7.63±0.88 และ 7.83±0.79 ตามลำดับ ในด้านลักษณะที่ปรากฏ สี และคุณลักษณะโดยรวมของขนมกุยช่ายเสริมหญ้านางนวล พบว่า ตำรับที่ 2 ที่เสริมหญ้านางนวลในปริมาณ 4 กรัม มีค่าเฉลี่ยมากกว่าตำรับที่ 1 ที่เสริมหญ้านางนวลในปริมาณ 2 กรัม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.36±0.88, 7.33±0.99, 7.10±0.99, 7.06±0.86, 6.83±0.74 และ 7.06±0.73 ตามลำดับ ส่วนในด้านกลิ่น รสชาติ และเนื้อสัมผัสของขนมกุยช่ายเสริมหญ้านางนวล พบว่า ตำรับที่ 1 ที่เสริมหญ้านางนวลในปริมาณ 2 กรัม มีค่าเฉลี่ยมากกว่าตำรับที่ 2 ที่เสริมหญ้านางนวลในปริมาณ 4 กรัม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.03±0.99, 7.06±0.82, 6.86±0.73, 7.00±0.94, 6.93±0.94 และ 6.66±0.95 ตามลำดับ

การอภิปรายผล

1. ผลของการคัดเลือกตำรับมาตรฐานของขนมกุยช่าย ประเมินคุณภาพอาหารด้วยวิธีทางประสาทสัมผัสของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อตำรับมาตรฐาน 3 ตำรับ จำนวน 5 คน ในด้านลักษณะที่ปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และคุณลักษณะโดยรวมได้ว่า ตำรับที่ 3 ได้รับความชอบมากที่สุดในทุก ๆ ด้าน เนื่องจากขนมกุยช่ายที่ได้ตัวแป้งมีความบาง และใส มองเห็นถึงสีของตัวไส้ได้ชัดเจน เนื้อสัมผัสมีความเหนียว นุ่ม และมีกลิ่นหอม ซึ่งเป็นลักษณะที่ดีของขนมกุยช่าย (ธัญศา สิงหปรีชา, 2565) ที่กล่าวว่า ลักษณะของตัวแป้งเมื่อสุกแล้วจะมีสีขาวขุ่นจนถึงใส เนื้อแป้งมีความบางและใสทำให้เห็นสีของไส้ชัดเจน มีกลิ่นและรสชาติตามไส้ของขนมกุยช่าย มีเนื้อสัมผัสนุ่มและเมื่อนำมาห่อด้วยไส้ ตัวไส้จะไม่ทะลุออกมาภายนอก ไม่มีส่วนที่เป็นไตแข็ง โดยจะมีความแตกต่างจากตำรับที่ 1 และ 2 ขนมกุยช่ายที่ได้ตัวแป้งมีความหนา และแข็ง มีสีขาวขุ่น มองไม่เห็นถึงสีของตัวไส้ อีกทั้งเนื้อสัมผัสไม่มีความเหนียวและนุ่ม เมื่อตั้งพักทิ้งไว้ให้เย็น ตัวแป้งมีความแข็งกระด้าง และขาดได้ง่าย

2. ผลของการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคต่อการยอมรับผลิตภัณฑ์ขนมกุยช่ายเสริมหญ้านางนวล ประเมินคุณภาพอาหารด้วยวิธีทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภค จำนวน 30 คน ในด้านลักษณะที่ปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และคุณลักษณะโดยรวมได้ว่า ตำรับที่ 3 ได้รับความชอบมากที่สุดในทุก ๆ ด้าน ตัวแป้งของขนมกุยช่ายมีความบาง ใส และมีสีเข้มมากที่สุดเนื่องจากหญ้านางนวลมีสารประกอบจำพวกฟลาโวนอยด์ มีกลิ่นหอมคล้ายใบชา มีรสชาติกลมกล่อม เนื้อสัมผัสมีความเหนียว และนุ่มมาก สอดคล้องกับงานวิจัยของ อรัญญา อำไพจิตร์ (2552) ที่ได้ศึกษาการพัฒนาแป้งขนมเทียนผสมชิวคัก เนื่องจากแป้งข้าวเหนียวมีลักษณะนุ่ม มีความยืดหยุ่น โดยนำหญ้าชิวคักหรือหญ้านางนวลมาใส่เป็นส่วนผสมเพื่อปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัสให้ความนุ่มและเหนียว เพราะหญ้านางนวลมีสารประกอบโพลีแซ็กคาไรด์ที่ช่วยเพิ่มความหนืดและช่วยดูดซับน้ำ ทำให้แป้งมีเนื้อสัมผัสที่ดี อีกทั้งเป็นการนำวัตถุดิบจากธรรมชาติที่เป็นพืชสมุนไพรมาเสริมในขนมกุยช่ายเพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ ยกระดับของขนมกุยช่ายให้มีความน่าสนใจ และมีความแตกต่างจากท้องตลาด ตอบโจทย์กับผู้บริโภคในปัจจุบันที่หันมาใส่ใจในการดูแลรักษาสุขภาพ สามารถต่อยอดเชิงพาณิชย์ และผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพได้

บทสรุป

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อพัฒนาการเรียนการสอนในรายวิชาที่เกี่ยวข้องกับระเบียบการวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ทางด้านอาหารดังนี้ 1) เพื่อคัดเลือกตำรับมาตรฐานของแป้งขนมกุยช่าย และ 2) เพื่อทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคต่อการยอมรับผลิตภัณฑ์ขนมกุยช่ายเสริมหญ้านางนวลในแป้งขนมกุยช่าย 3 ระดับ คือ 2 4 และ 6 กรัมของน้ำหนักแป้งทั้งหมด โดยคัดเลือกตำรับที่ได้รับการยอมรับสูงที่สุดด้วยวิธีการประเมินคุณภาพอาหารทางประสาทสัมผัส 9 ระดับ (9 - Point Hedonic Scale) ในด้านลักษณะที่ปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และคุณลักษณะโดยรวม นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิจัยพบว่า ตำรับที่ 3 ได้รับการยอมรับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.20±0.40 ซึ่งจะนำไปพัฒนาขนมกุยช่ายเสริมหญ้านางนวล และจากการศึกษาปริมาณการเสริมหญ้านางนวลในแป้งกุยช่าย พบว่า การเสริมหญ้านางนวลในปริมาณ 6 กรัม ได้รับคะแนนความชอบมากที่สุดในด้านลักษณะที่ปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และคุณลักษณะโดยรวม ดังนี้ 7.47±0.89, 7.63±0.99, 7.57±0.97, 7.67±0.99, 7.63±0.88 และ 7.83±0.79 ตามลำดับ โดยผลการวิจัยนี้สามารถใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพ ซึ่งสอดคล้องกับพฤติกรรมผู้บริโภคในปัจจุบันที่ให้ความสำคัญต่อการดูแลสุขภาพมากยิ่งขึ้น อีกทั้งยังสะท้อนศักยภาพของการนำวัตถุดิบจากธรรมชาติโดยเฉพาะพืชสมุนไพรอย่างหญ้าชิวคักหรือหญ้านางนวลมาประยุกต์ใช้เพื่อเพิ่มมูลค่าและเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการให้กับผลิตภัณฑ์ขนมกุยช่ายได้อย่างเหมาะสม ทั้งนี้ ผลการศึกษาสามารถต่อยอดไปสู่การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารประเภทอื่น หรือขยายสู่ระดับอุตสาหกรรมได้ โดยควรมีการศึกษาความคงตัวของผลิตภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษา (shelf life) การวิเคราะห์องค์ประกอบทางโภชนาการและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในเชิงลึก ตลอดจนการประเมินความปลอดภัยทางอาหารตามมาตรฐานที่เกี่ยวข้อง นอกจากนี้ ควรขยายการทดสอบทางประสาทสัมผัสไปยังกลุ่มผู้บริโภคที่มีความหลากหลายทั้งด้านอายุ เพศ และพฤติกรรมการบริโภค เพื่อเพิ่มความน่าเชื่อถือและการอ้างอิงในเชิงประชากร หรือการปรับสัดส่วนวัตถุดิบให้เหมาะสมกับกลุ่มเป้าหมาย รวมถึงการออกแบบบรรจุภัณฑ์ที่สามารถสื่อสารจุดเด่นด้านสุขภาพและความเป็นผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติได้อย่างชัดเจน

เอกสารอ้างอิง

จันทิมา แก้วเจริญ จิตติมา รัตนาภรณ์ และ ฐิญากานต์ นาควิบูลย์. (2567). การศึกษาของเอนไซม์แอลฟ่าอะไมเลสใบฉื่อคักต่อคุณลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์แป้งข้าวเหนียวนึ่ง. สืบค้นจาก https://expo.kmitl.ac.th/innovations/trx4d3sa2o9jcu2-study-the-effect-of-ganphalium-affine-d

ตำรับข้างวัง. (2565). ขนมเผือกนึ่งเห็ดหอม(สูตรเจ). สืบค้นจาก https://www.facebook.com/share/MNimMUmbKijZ4UfR/?mibextid=WC7FNe

ธัญศา สิงหปรีชา. (2565). หวานเป็นลม ขนมเป็นยา : รู้จักกับหญ้าฉื่อคัก ในขนมเทียนวันตรุษจีน. สืบค้นจาก https://plus.thairath.co.th/topic/everydaylife/ 101041

อรัญญา อำไพจิตร์. (2552). การพัฒนาแป้งขนมเทียนผสมชิวคักกึ่งสำเร็จรูป. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยศิลปากร.

Chisa5708242. (2559). ขนมกุยช่าย. สืบค้นจาก https://finalproject570 8242.blogspot.com

Kruabannernnam. (2564). ขนมกุยช่าย. สืบค้นจาก https://www.bloggang.com/m/mainblog.php?id=nernnam&month=08-06-2015&group=63&gblog=3

Shinnemonman. (2557). ขนมกุยช่ายไส้เผือก. สืบค้นจาก https://www.bloggang.com/m/viewdiary.php?id=shinnemonman&month=04-2014&date=16&group=2&gblog=40

1

ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับผังกราฟิก เรื่อง โมเมนตัมและการชน ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนท่าชนะ จังหวัดสุราษฎร์ธานี

The effects of problem-based learning management together with graphic organizers in the topic of momentum and collision on academic achievement and scientific problem-solving ability of Grade 10 students at Thachana School in Suratthani Province

อริย์สร ภูริอัครวณิชย์[1*] ทวีศักดิ์ จินดานุรักษ์[1] และชำนาญ เชาวกีรติพงศ์[2]
Arisorn Pooriakkarawanit[1*], Tweesak Chindanurak[1] and Chumnan Chowakeratipong[2]

[1]สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช จังหวัดนนทบุรี
[1]School of Educational Studies, Sukhothai Thammathirat Open University
[2]สาขาวิชาศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช จังหวัดนนทบุรี
[2]School of Liberal Arts, Sukhothai Thammathirat Open University
[*]Corresponding Author E-mail Address : arisorn.pt@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง โมเมนตัมและการชน โดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับผังกราฟิก ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 กับเกณฑ์ร้อยละ 70 และ 2) เปรียบเทียบทักษะการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังเรียน เรื่อง โมเมนตัมและการชน โดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับผังกราฟิก ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยแบบกลุ่มเดียววัดก่อนและหลังการทดลอง ประชากรเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนท่าชนะ จังหวัดสุราษฎร์ธานี ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2568 จำนวน 2 ห้องเรียน รวมทั้งหมด 68 คน กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 1 ห้องเรียน 33 คน ซึ่งได้จากการสุ่มแบบกลุ่ม เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ 1) แผนการจัดการเรียนรู้จำนวน 4 แผน 18 ชั่วโมง 2) แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง โมเมนตัมและการชน และ 3) แบบวัดทักษะการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบค่าที

ผลการวิจัยพบว่า 1) นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนโดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับผังกราฟิกสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ 2) นักเรียนมีทักษะการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนโดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับผังกราฟิกสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

คำสำคัญ: การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ผังกราฟิก ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์

Abstract

The purposes of this research were to 1) compare the academic achievement of Grade 10 students learning through problem-based learning together with graphic organizers on the topic of momentum and collisions with the 70 percent criterion; and 2) compare students' scientific problem-solving skills before and after learning through problem-based learning together with graphic organizers on the topic of momentum and collisions.

This study employed a one-group pretest–posttest experimental design. The population comprised 68 Grade 10 students from Tachana School in Surat Thani province, enrolled in the second semester of the 2025 academic year across two classrooms. The sample consisted of 33 students from one classroom, selected through cluster random sampling. The research instruments included the following: 1) four lesson plans totaling 18 hours of instruction, 2) an academic achievement test on momentum and collision, and 3) a scientific problem-solving skills assessment. The data were analyzed using the mean, standard deviation, and t-test.

The findings revealed that: 1) students' academic achievement after learning through problem-based learning together with graphic organizers was significantly higher than the 70 percent criterion at the .05 level of statistical significance; and 2) students' scientific problem-solving skills after learning through problem-based learning together with graphic organizers were significantly higher than before learning at the .05 level of statistical significance.

Keywords: Problem-based learning, Graphic organizers, Learning achievement, Scientific problem-solving skill

บทนำ

การศึกษาในศตวรรษที่ 21 มุ่งเน้นการพัฒนาผู้เรียนให้มีทักษะที่จำเป็นเพื่อรับมือกับโลกที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ทั้งในด้านเศรษฐกิจ สังคม และวัฒนธรรม รวมถึงการเปลี่ยนผ่าน สู่ดิจิทัล โดยเฉพาะอย่างยิ่งด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 2560) เนื่องจากวิทยาศาสตร์เป็นวัฒนธรรมของโลกสมัยใหม่ซึ่งเป็นสังคมแห่งการเรียนรู้ ดังนั้นทุกคนจึงจำเป็นต้องได้รับการพัฒนาให้รู้วิทยาศาสตร์ เพื่อที่จะมีความรู้ความเข้าใจในธรรมชาติและเทคโนโลยีที่มนุษย์สร้างสรรค์ขึ้น สามารถนำความรู้ไปใช้อย่างมีเหตุผล สร้างสรรค์ และมีคุณธรรม (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ, 2560) การศึกษาวิทยาศาสตร์จึงมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ให้มีความรู้ความสามารถในการคิด วิเคราะห์ และแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ ซึ่งสอดคล้องกับแผนการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2560-2579 ที่มุ่งเน้นการพัฒนาคนไทยให้มีทักษะการคิดวิเคราะห์ สร้างสรรค์ และแก้ปัญหา (สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 2560) ทักษะการคิดแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบและมีวิจารณญาณเป็นหนึ่งในทักษะที่สำคัญที่สุดที่ผู้เรียนพึงมีในยุคปัจจุบัน (วิจารณ์ พานิช, 2555) ด้วยเหตุนี้ การจัดการศึกษาในระดับมัธยมศึกษาจึงควรมุ่งพัฒนาผู้เรียนให้มีความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ควบคู่ไปกับการสร้างองค์ความรู้ให้ลึกซึ้ง วิชาวิทยาศาสตร์มีบทบาทสำคัญในการส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหา

เนื่องจากเป็นวิชาที่เน้นกระบวนการสืบค้นและการคิดอย่างมีเหตุผลเพื่อหาข้อสรุปหรือคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ต่อปรากฏการณ์ต่าง ๆ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551)

ในปัจจุบันแม้ว่าประเทศไทยจะให้ความสำคัญกับการพัฒนาการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์ แต่ผลการประเมินการรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนไทยในโครงการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (Programme for International Student Assessment: PISA) พบว่า นักเรียนไทยมีคะแนนเฉลี่ยต่ำกว่าค่าเฉลี่ยนานาชาติ และยังพบว่านักเรียนมีปัญหาด้านทักษะการแก้ปัญหา การคิดวิเคราะห์ และการประยุกต์ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2566) สอดคล้องกับผลการทดสอบวิชาสามัญ ปีการศึกษา 2563-2565 และผลการสอบ A-Level ปีการศึกษา 2566 รายวิชาฟิสิกส์ พบว่ามีคะแนนเฉลี่ยอยู่ในช่วง 20 – 22 คะแนน เท่านั้น จากคะแนนเต็ม 100 คะแนน (สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ) ซึ่งจากปัญหาดังกล่าวเกิดจากการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่ยังเน้นการบรรยาย การท่องจำ และการแก้โจทย์ปัญหาตามแบบตัวอย่าง มากกว่าการพัฒนาทักษะกระบวนการคิด การแก้ปัญหา และการเชื่อมโยงความรู้ไปใช้ในสถานการณ์จริง (ทิศนา แขมมณี, 2560) ดังนั้นการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในปัจจุบันจึงจำเป็นต้องมุ่งเน้นให้ผู้เรียนไม่เพียงแต่เข้าใจเนื้อหาทางวิทยาศาสตร์เท่านั้น แต่ต้องสามารถพัฒนาทักษะกระบวนการคิด การแก้ปัญหา และการนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์จริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

สำหรับโรงเรียนท่าชนะ จังหวัดสุราษฎร์ธานี ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ในปีการศึกษา 2566-2567 มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 61 และ 67 ตามลำดับ ซึ่งต่ำกว่าเป้าหมายที่โรงเรียนกำหนดไว้ที่ร้อยละ 70 (โรงเรียนท่าชนะ, 2567) ทั้งนี้เนื่องจากนักเรียนขาดความเข้าใจในเนื้อหาและทฤษฎีทางฟิสิกส์ ขาดทักษะการคิดแก้ปัญหา และไม่สามารถเชื่อมโยงความรู้กับชีวิตประจำวันได้

การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-based Learning: PBL) เป็นรูปแบบการเรียนรู้ตามแนวคิดทฤษฎี Constructivism ที่ให้ผู้เรียนสร้างความรู้ใหม่จากปัญหาจริง เน้นการคิดวิเคราะห์ การสืบค้น และการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ (ไพศาล สุวรรณน้อย, 2559) ควบคู่กับผังกราฟิก (Graphic Organizer) ซึ่งเป็นเครื่องมือช่วยจัดระบบความคิด เชื่อมโยงข้อมูล และแสดงความสัมพันธ์ของเนื้อหาอย่างเป็นระบบ (นวลจิตต์ เชาวกีรติพงศ์, 2557) เนื่องจากทั้งสองแนวทางมีพื้นฐานจากทฤษฎีเดียวกัน การบูรณาการจึงส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียนอย่างมีประสิทธิผล ดังที่ นภัสวรรณ ศรีทรงเมือง (2563) พบว่านักเรียนที่เรียนด้วย PBL ร่วมกับผังกราฟิกมีความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ผู้วิจัยจึงนำการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับผังกราฟิกมาใช้กับเนื้อหาเรื่อง โมเมนตัมและการชน ซึ่งเป็นเนื้อหาที่มีความสำคัญทั้งในทางทฤษฎีและการประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน และเหมาะสมกับรูปแบบการจัดการเรียนรู้ดังกล่าว เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง โมเมนตัมและการชน โดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับผังกราฟิก ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 กับเกณฑ์ร้อยละ 70

2. เพื่อเปรียบเทียบทักษะการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังเรียน เรื่อง โมเมนตัมและการชน โดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับผังกราฟิก ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

สมมติฐานการวิจัย

1.. นักเรียนที่เรียนโดยการจัดการเรียนรู้โดยปัญหาเป็นฐานร่วมกับผังกราฟิกมีผลสัมฤทธิ์สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70

2 นักเรียนที่เรียนโดยการจัดการเรียนรู้โดยปัญหาเป็นฐานร่วมกับผังกราฟิกมีทักษะการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์สูงกว่าก่อนเรียน

การทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-Based Learning: PBL) มีรากฐานแนวคิดจากจอห์น ดิวอี (John Dewey) เป็นนักการศึกษาชาวอเมริกัน ผู้เสนอว่าการเรียนรู้เกิดจากการลงมือทำด้วยตนเอง และได้รับการพัฒนาครั้งแรกโดยคณะวิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัย McMaster ประเทศแคนาดา ก่อนจะแพร่หลายสู่สาขาวิชาต่างๆ รวมถึงวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ เป็นต้น (มัณฑรา ธรรมบุศย์, 2545) ซึ่งการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเป็นกระบวนการเรียนรู้ที่ใช้ปัญหาจากชีวิตจริงเป็นจุดเริ่มต้นในการกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ สืบเสาะหาความรู้ วิเคราะห์และแก้ปัญหาผ่านการทำงานกลุ่มย่อย (สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ, 2550) โดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานมีแนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ทฤษฎีการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์นิยม (Constructivism) ของเพียเจต์และไวก็อทกี ทฤษฎีการเรียนรู้ด้วยการค้นพบของบรูเนอร์ ซึ่งเน้นการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองผ่านปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม (Hmelo & Evensen, 2000, p. 4 อ้างใน ปัณฑารีย์ ถาวรศักดิ์,2565) ลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานคือการเริ่มต้นด้วยปัญหาที่ซับซ้อน ไม่มีคำตอบเดียว เชื่อมโยงกับชีวิตจริง โดยมีครูทำหน้าที่เป็นผู้อำนวยความสะดวกและการกระตุ้นให้ผู้เรียนแสวงหาทางเลือกในการแก้ปัญหาที่หลากหลายและพิจารณาเลือกวิธีที่เหมาะสม (ทิศนา แขมมณี, 2567) โดยขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยอ้างอิงขั้นตอนการจัดการเรียนรู้จากสำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ, 2550 ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ได้แก่ การกำหนดปัญหา ทำความเข้าใจกับปัญหา ดำเนินการศึกษาค้นคว้า สังเคราะห์ความรู้ สรุปและประเมินค่าของคำตอบ นำเสนอและประเมินผลงาน

2. การจัดการเรียนการสอนโดยใช้ผังกราฟิก

ผังกราฟิก (Graphic Organizers) เป็นเครื่องมือการเรียนรู้ที่ช่วยให้ผู้เรียนจัดระบบข้อมูลที่กระจัดกระจายให้เป็นระเบียบในรูปแบบที่เข้าใจง่าย (ทิศนา แขมมณี, 2550) มีรากฐานจากทฤษฎีการเรียนรู้อย่างมีความหมาย (Meaningful Learning Theory) ของออซูเบล (Ausubel, 1968) ซึ่งเชื่อว่าการเรียนรู้จะเกิดขึ้นเมื่อผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้ใหม่กับโครงสร้างความรู้เดิมได้ (ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์, 2553) อีกทั้งการเขียนผังกราฟิกเป็นวิธีการที่ช่วยให้นักเรียนจัดระบบข้อมูลความรู้เมื่อได้รับประสบการณ์ใหม่ โดยการนำความรู้ใหม่เชื่อมโยงกับความรู้เดิม แสดงให้เห็นความสัมพันธ์เชื่อมโยงต่าง ๆ และอธิบายถึงความสัมพันธ์แหล่านั้นเป็นข้อมูลที่ยืนยันความเข้าใจและสามารถตรวจสอบได้ (นวลจิตต์ เชาวกีรติพงศ์,2561) ในกระบวนการทางสมองนอกจากนี้ยังมีพื้นฐานจากทฤษฎีกระบวนการทางสมองในการประมวลข้อมูล (Clark, 1991และ Joyce et al,1992 อ้างใน ทิศนา แขมมณี,2567) ซึ่งอธิบายว่าผังกราฟิกช่วยให้ข้อมูลผ่านกระบวนการใส่ใจ รับรู้ เข้ารหัสและเรียกคืนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ผังกราฟิกมีหลายรูปแบบ เช่น ผังความคิด ผังมโนทัศน์ ผังแมงมุม ผังลำดับขั้นตอน ผังก้างปลา ผังวัฏจักร ผังวงกลมซ้อนหรือเวนน์ไดอะแกรม ผังวีไดอะแกรม ผังพล็อตไดอะแกรม ซึ่งช่วยส่งเสริมทักษะการคิดวิเคราะห์และการจดจำเนื้อหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ (ทิศนา แขมมณี,2567)

3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ หมายถึง พฤติกรรมการเรียนรู้อันพึงประสงค์ด้านสติปัญญารวมทั้งเป็นความรู้ในวิชาวิทยาศาสตร์ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี,2544) ซึ่งเป็นการทดสอบที่ใช้วัดความรู้ความสามารถของบุคคลในด้านวิชาการซึ่งเป็นผลในการเรียนรู้สาระและตามจุดประสงค์ของวิชานั้น (บุญชม ศรีสะอาด,2545) ขอบเขตของผลสัมฤทธิ์ครอบคลุม 5 ด้าน ได้แก่ ความรู้ความเข้าใจ การสืบเสาะหาความรู้ การนำความรู้ไปใช้ เจตคติและความสนใจ และทักษะปฏิบัติการ (ภพ เลาหไพบูลย์, 2542) การวัดผลสัมฤทธิ์อ้างอิงกรอบแนวคิดของ Bloom et al. (1956)

ที่ได้รับการปรับปรุงโดย Anderson and Krathwohl (2001) ซึ่งแบ่งพฤติกรรมการเรียนรู้เป็น 6 ระดับ ได้แก่ ความจำ ความเข้าใจ การประยุกต์ การวิเคราะห์ การประเมิน และการสร้างสรรค์ การสร้างเครื่องมือวัดผลสัมฤทธิ์ต้องผ่านการตรวจสอบคุณภาพด้านความตรง (Validity) ความเที่ยง (Reliability) ความยาก (Difficulty) และค่าอำนาจจำแนก (Discrimination) โดยเกณฑ์ค่าความยากที่ยอมรับได้อยู่ระหว่าง 0.20 – 0.80 และค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป (กัญจนา ลินทรัตนศิริกุล, 2563)

4. ทักษะการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์

ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถทางในการวิเคราะห์และทำความเข้าใจปัญหาและนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์และประสบการณ์ที่มีอยู่เดิมมาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2555) การวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยใช้ขั้นตอนการแก้ปัญหาตามแบบของ (Weir, 1974, อ้างในนภัสวรรณ ศรีทรงเมือง,2563) ซึ่งประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ได้แก่ (1) ขั้นระบุปัญหา (2) ขั้นระบุปัญหา (3) ขั้นเสนอวิธีการแก้ปัญหา และ (4) ขั้นตรวจสอบผลลัพธ์ การวัดความสามารถในการแก้ปัญหาใช้แบบทดสอบแบบอัตนัย โดยให้ผู้เรียนเขียนตอบแสดงกระบวนการคิด ตรวจให้คะแนนตามเกณฑ์รูบริค 3 ระดับ คือ 2 คะแนน (ถูกต้องครบถ้วน) 1 คะแนน (ถูกต้องแต่ไม่ครบถ้วน) และ 0 คะแนน (ไม่ถูกต้องหรือไม่ตอบ) (จรียารัตน์ ใช้ช้าง, 2556)

5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยทั้งในและต่างประเทศสนับสนุนอย่างสอดคล้องกันว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับผังกราฟิกส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนสูงกว่าการสอนแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เช่น นภัสวรรณ ศรีทรงเมือง (2563) อัจฉริยา คำมนตรี (2564) และปัณฑารีย์ ถาวรศักดิ์ (2565) ซึ่งศึกษาในวิชาวิทยาศาสตร์และฟิสิกส์ในระดับมัธยมศึกษา พบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับผังกราฟิกมีผลสัมฤทธิ์และความสามารถในการแก้ปัญหาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนและสูงกว่าเกณฑ์ที่กับหนด รวมถึงการศึกษาในต่างประเทศ Sagala และคณะ (2017) และ Valdez & Bungihan (2019) ยืนยันว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานช่วยพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และทักษะการแก้ปัญหาได้ดีกว่าการสอนแบบปกติ ขณะที่ Bara & Xhomara (2020) พบว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ในระดับมัธยมศึกษา จึงถือว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับผังกราฟิกเป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้ให้มีประสิทธิภาพและเหมาะสำหรับการพัฒนาผู้เรียนในศตวรรษที่ 21

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

วิธีดำเนินการวิจัย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1. ประชากร นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โรงเรียนท่าชนะ จำนวน 2 ห้องเรียน จำนวนนักเรียน 68 คน

2. กลุ่มตัวอย่าง นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โรงเรียนท่าชนะ จำนวน 1 ห้องเรียน จำนวนนักเรียน 33 คน ซึ่งได้จากการสุ่มแบบกลุ่ม

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ประกอบด้วย 2 ประเภท คือ เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองและเครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูล

1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้การจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานร่วมกับผังกราฟิก จำนวน 4 แผน ระยะเวลาทั้งหมด 18 ชั่วโมง รายวิชาฟิสิกส์ เรื่องโมเมนตัมและการชน ประกอบด้วย (1) แผนการจัดการเรียนรู้เรื่องโมเมนตัมและการเปลี่ยนโมเมนตัม (2) แผนการจัดการเรียนรู้เรื่องการอนุรักษ์โมเมนตัม (3) แผนการจัดการเรียนรู้เรื่องการชนของวัตถุในหนึ่งมิติ และ (4) แผนการจัดการเรียนรู้เรื่องการดีดตัวแยกออกจากกันของวัตถุในหนึ่งมิติ

2. เครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง โมเมนตัมและการชน เป็นแบบทดสอบปรนัย ชนิดชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ ข้อละ 1 คะแนน และ แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ เป็นแบบทดสอบอัตนัยให้นักเรียนเขียนตอบ จำนวน 20 ข้อ ข้อละ 2 คะแนน

การสร้างและการหาคุณภาพเครื่องมือ

1. แผนการจัดการเรียนรู้

ศึกษามาตรฐานการเรียนรู้ ผลการเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ เรื่อง โมเมนตัมและการชน จากหลักสูตรแกนการศึกษาขั้นฐาน กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) และวิเคราะห์เนื้อหา รายวิชาฟิสิกส์ 2 เรื่อง โมเมนตัมและการชน โดยผู้วิจัยได้แบ่งเนื้อหาออกเป็น 4 เรื่องย่อย คือ (1) โมเมนตัมและการเปลี่ยนโมเมนตัม (2) การอนุรักษ์โมเมนตัม (3) การชนของวัตถุในหนึ่งมิติ (4) การดีดตัวแยกออกจากกันของวัตถุในหนึ่งมิติ รวมทั้งศึกษาทฤษฎี และงานวิจัย และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานร่วมผังกราฟิก เพื่อเป็นแนวทางในการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานร่วมกับผังกราฟิก วิเคราะห์การใช้ผังกราฟิกร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน และสร้างตารางแสดงวิเคราะห์การจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานร่วมกับผังกราฟิก จัดทำแผนการจัดการเรียนรู้ จำนวน 4 แผนการเรียนรู้ เวลา 18 ชั่วโมง เสนอแผนการจัดการเรียนรู้ให้อาจารย์ที่ปรึกษา และผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาและพิจารณาให้ข้อคิดเห็นตามระดับความเหมาะสมที่ตรงกับความสอดคล้อง ซึ่งผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่าน ให้ความคิดเห็นต่อแผนการจัดการเรียนรู้ทั้ง 4 แผน มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 4.82-4.87 ซึ่งอยู่ในระดับคุณภาพที่มีความเหมาะสมมากที่สุด และค่าเฉลี่ยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ระหว่าง 0.12 - 0.27 นำแผนการจัดการเรียนรู้มาปรับปรุงแก้ไขและนำไปใช้กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง

2. แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ศึกษาเอกสาร วิเคราะห์ หลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี คู่มือครูและหนังสือเรียนวิชาฟิสิกส์ 2 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง โมเมนตัมและการชน ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี คู่มือการวัดและประเมินผล รวมทั้งเทคนิคและวิธีการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยครอบคลุมพฤติกรรมการเรียนรู้ ได้แก่ ความจำ ความเข้าใจ การประยุกต์ใช้ การวิเคราะห์ การประเมินและการสร้างสรรค์ (กัญจนา ลินทรัตนศิริกุล, 2563, น. 9-42) สร้างตารางวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างจุดประสงค์การเรียนรู้กับพฤติกรรมการเรียนสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ให้สอดคล้องกับตารางวิเคราะห์ข้อสอบ จำนวน 1 ฉบับ เป็นปรนัยชนิด 4 ตัวเลือก นำแบบทดสอบที่สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาและผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่านตรวจสอบตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา ในด้านความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจัดประสงค์การเรียนรู้และความสอดคล้องระหว่าข้อสอบกับระดับพฤติกรรม ผลพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ ไปหาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์การเรียนรู้และสอดคล้องกับระดับพฤติกรรมโดยใช้ค่า IOC: Index of Item Objective Congruence (กัญจนา ลินทรัตนศิริกุล, 2563, น. 9-52 - 9-53) ผลปรากฏว่าได้ค่า IOC อยู่ระหว่าง 0.67 – 1.00 จากนั้นนำแบบทดสอบไปทดลองใช้กับนักเรียนที่เคยเรียนเรื่องโมเมนตัมมาแล้ว (Try Out) จำนวน 30 คน เพื่อหาค่าความยาก (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) (กัญจนา ลินทรัตนศิริกุล, 2563, น. 9-58 - 9-61) และคัดเลือกข้อสอบมีความยาก (p) อยู่ระหว่าง 0.23-

0.75 ค่าอำนาจจำแนก (r) อยู่ระหว่าง 0.25 – 0.88 ซึ่งได้แบบทดสอบจำนวน 30 ข้อ นำแบบทดสอบที่คัดเลือกแล้ว มาหาค่าความเที่ยงทั้งฉบับได้ค่าความเที่ยงของแบบทดสอบทั้งฉบับเท่ากับ 0.84 แล้วจัดพิมพ์แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่คัดเลือกและปรับปรุงเรียบร้อยแล้ว จำนวน 30 ข้อ ทดลองใช้กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่างต่อไป

3. แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา

ศึกษาการสร้างแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาจากแนวคิดทฤษฎีและเอกสารที่เกี่ยวข้อง ขั้นตอนการสร้างแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา สร้างแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ตามแนวคิดทฤษฎีของเวียร์ (Weir, 1974) ซึ่งมี 4 ขั้นตอนคือ ขั้นการระบุปัญหา ขั้นการวิเคราะห์ปัญหา ขั้นการเสนอแนวทางแก้ปัญหา และการตรวจสอบผลลัพธ์ ซึ่งแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาเป็นแบบอัตนัย โดยใช้สถานการณ์ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหา จำนวน 5 สถานการณ์ ในแต่ละสถานการณ์จะใช้ข้อคำถามคลอบคลุมทักษะการแก้ปัญหา ตามแนวคิดทฤษฎีของเวียร์ 4 ขั้นตอน รวมข้อสอบทั้งหมด 20 ข้อ ข้อละ 2 คะแนน นำแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อตรวจสอบความถูกต้อง และเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามในสถานณ์ปัญหาพฤติกรรมที่ต้องการวัด โดยพิจารณาความตรงเชิงโครงสร้างถึงลักษณะการใช้คำถาม ความสอดคล้องกับขั้นตอนการแก้ปัญหา ตรวจสอบความถูกต้อง และเพื่อตรวจสอบเนื้อหาและข้อคำถามกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมรายข้อ ซึ่งมีค่าความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์ระหว่างเท่ากับ 0.67-1.00 และนำแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วและ นำไปทดลองกับนักเรียนชั้นที่เคยเรียนเรื่องโมเมนตัมมาแล้ว (Try Out) จำนวน 30 คน เพื่อหาค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) และหาค่าความเที่ยงของแบบทดสอบซึ่ได้ค่าต่างๆ ดังนี้ ค่าความยากง่าย (p) มีค่าระหว่าง 0.33 - 0.78 ค่าอำนาจจำแนก (r) มีค่าระหว่าง 0.20 - 0.89 และค่าความเที่ยง มีค่าเท่ากับ 0.73 หลังจากนั้นนำแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา ฉบับสมบูรณ์จำนวน 20 ข้อ ไปใช้จริงกับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง

การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ดำเนินการทดสอบก่อนเรียน กับนักเรียนเรียนกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 33 คน ด้วยแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา จำนวน 20 ข้อ และบันทึกผลเป็นคะแนนก่อนเรียน

2. ดำเนินการจากการเรียนการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับผังกราฟิกกับนักเรียนกลุ่มตัวอย่างจำนวน 33 คน รายวิชาฟิสิกส์ 2 เรื่องโมเมนตัมและการชน จำนวน 4 แผน จำนวน 18 ชั่วโมง

3. หลังจากดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เรียบร้อยแล้ว ทำการทดสอบหลังเรียน กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่างจำนวน 33 คน ด้วยแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง โมเมนตัมและการชน จำนวน 30 ข้อ และแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา จำนวน 20 ข้อ และบันทึกผลคะแนนหลังเรียน

4. ผู้วิจัยนำข้อมูลคะแนนที่ได้จากแบบแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง โมเมนตัมและการชน และแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียน มาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติเพื่อทดสอบสมติฐานต่อไป

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. วิเคราะห์ค่าเฉลี่ยส่วนเบี่ยงเบียนมาตรฐาน ผลการทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและผลการวัดทักษะการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์

2. เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนของกลุ่มทดลองกับเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยใช้การทดสอบเครื่องหมาย Sign test (one Sample)

3. เปรียบเทียบทักษะการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังเรียนของกลุ่มทดลอง โดยใช้การทดสอบเครื่องหมาย Sign test (Paired Samples)

ผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์ข้อมูลการวิจัย พบว่า

1. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับผังกราฟิก มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน ค่าเฉลี่ยหลังเรียน *(M)* เท่ากับ 23.81 คะแนน จากคะแนนเต็ม 30 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน *(SD)* เท่ากับ 2.57 และเมื่อทำการทดสอบค่า Sign test (One Sample) เปรียบเทียบคะแนนหลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70 พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 1 ตารางแสดงการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง โมเมนตัมและการชน โดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับผังกราฟิก ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 กับเกณฑ์ร้อยละ 70

การทดสอบ	n	*M*	*SD*	ร้อยละของคะแนนเฉลี่ย	t	P-value Sig. (2-tailed)
หลังเรียน	33	23.81	2.57	72.15	6.27*	.00

หมายเหตุ: * p ≤ .05

2. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับผังกราฟิก มีทักษะการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนมีคะแนนเฉลี่ย (*M*) เท่ากับ 9.90 คะแนน หลังเรียนมีคะแนนเฉลี่ย (*M*) เท่ากับ 28.36 คะแนน จากคะแนนทั้งหมด 40 แนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (*SD*) ก่อนเรียนเท่ากับ 4.43 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (*SD*) หลังเรียนเท่ากับ 4.46 ซึ่งพบว่ามีคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนและเมื่อทำการทดสอบค่า Sign test (Paired Samples) เปรียบเทียบคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน พบว่า ความสามารถแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 2 ตารางแสดงการเปรียบเทียบทักษะการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังเรียน เรื่อง โมเมนตัมและการชน โดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับผังกราฟิก ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

การทดสอบ	**n**	***M***	***SD***	**t**	**P-value Sig. (2-tailed)**
ก่อนเรียน	33	9.90	4.43	26.60*	.00
หลังเรียน	33	28.36	4.46		

หมายเหตุ: * p ≤ .05

การอภิปรายผล

จากการวิจัยผู้วิจัยนำมาวิเคราะห์และอภิปรายผลดังนี้

1. จากการศึกษาพบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง โมเมนตัมและการชน โดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับผังกราฟิก ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 1 ทั้งนี้เนื่องจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเป็นการจัดการเรียนรู้ที่กระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความ

อยากรู้อยากเห็น และแสวงหาความรู้ด้วยตนเองผ่านสถานการณ์ปัญหาที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดทฤษฎีการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์นิยม (Constructivism) ของเพียเจต์และไวก็อทสกี ที่เน้นให้ผู้เรียนสร้างความรู้ใหม่ด้วยตนเองผ่านการมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม โดยนำความรู้เดิมมาเชื่อมโยงกับประสบการณ์ใหม่ (สุวรรณา วงษ์วิเชียร, 2553) ในการทำการวิจัยครั้งนี้ผู้ทำการวิจัยเลือกใช้ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวทางของสำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ (2550) ที่ประกอบด้วยการกำหนดปัญหา การทำความเข้าใจปัญหา การค้นคว้า การสังเคราะห์ความรู้ และการนำเสนอผลงาน ซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ที่ครอบคลุมทั้งมิติของความรู้ความเข้าใจและความสามารถในการนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ใหม่ที่แตกต่างกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ จึงส่งผลให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจในเนื้อหาเรื่องโมเมนตัมและการชนได้อย่างลึกซึ้งและยั่งยืนมากกว่าการเรียนรู้แบบท่องจำเพียงอย่างเดียว

ส่วนการนำผังกราฟิกมาใช้ร่วมในกระบวนการเรียนรู้ช่วยให้ผู้เรียนสามารถจัดระบบความรู้ที่ได้จากการค้นคว้าให้อยู่ในรูปแบบที่เป็นระเบียบและเข้าใจง่าย ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีการเรียนรู้อย่างมีความหมาย (Meaningful Learning Theory) ของออซูเบล ที่ระบุว่าการเรียนรู้จะเกิดขึ้นได้อย่างมีประสิทธิภาพเมื่อผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้ใหม่เข้ากับโครงสร้างความรู้เดิมในสมองได้ (ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์, 2553) อีกทั้งการเขียนผังกราฟิกเป็นวิธีการที่ช่วยให้นักเรียนจัดระบบข้อมูลความรู้เมื่อได้รับประสบการณ์ใหม่ โดยการนำความรู้ใหม่เชื่อมโยงกับความรู้เดิมในกระบวนการทางสมอง โดยนักเรียนเขียนข้อมูลที่รู้และเข้าใจออกมาเป็นแผนผัง แสดงให้เห็นความสัมพันธ์เชื่อมโยงต่าง ๆ และอธิบายถึงความสัมพันธ์แหล่านั้นเป็นข้อมูลที่ยืนยันความเข้าใจและสามารถตรวจสอบได้ผังกราฟิกยังมีลักษณะเป็นภาพที่ช่วยให้สมองจดจำได้ง่ายกว่าข้อความที่ต่อเนื่องยาว จึงทำให้ผู้เรียนสามารถเรียกคืนความรู้เรื่องโมเมนตัมและการชนได้อย่างถูกต้องและรวดเร็วยิ่งขึ้น (นวลจิตต์ เชาวกีรติพงศ์, 2561) ซึ่งผู้วิจัยได้ออกแบบการเรียนเรียนรู้ โดยให้ผู้เรียนเลือกใช้ผังก้างปลาเพื่อวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาเนื่องจากเป็นผังแสดงสาเหตุของปัญหาซึ่งมีความซับซ้อนผังก้างปลาจะช่วยทำให้สาเหตุหลักและสาเหตุย่อยที่ชัดเจน และให้ผู้เรียนเลือกใช้แผนผังความคิดสรุปความสัมพันธ์ของข้อมูลที่ศึกษาค้นคว้าโดยเลือกใช้แผนผังคิดเนื่องจากแผนผังความคิดเป็นแผนผังที่แสดงความสัมพันธ์ของสาระหรือความคิดต่างๆ ให้เป็นโครงสร้างในภาพรวม โดยใช้เส้น คำ ระยะห่างจากจุดกลาง สีเครื่องหมาย รูปทรงเรขาคณิต และภาพ แสดงความหมายและความเชื่อมโยงของความคิดหรือสาระนั้นๆ (ทิศนา แขมมณี,2567)

สอดคล้องกับงานวิจัยของ นภัสวรรณ ศรีทรงเมือง (2563) ได้ทำการศึกษาผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับผังกราฟิกที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนวัดสุคันธาราม (สุคันธวิทยาคาร) จังหวัดพระนครศรีอยุธยา พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับผังกราฟิก เรื่อง ทรัพยากรธรรมชาติ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับผังกราฟิก เรื่อง ทรัพยากรธรรมชาติ หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และอัจฉริยา คำมนตรี (2564) ได้ศึกษาการพัฒนาการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานร่วมกับผังกราฟิกเพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 พบว่านักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานร่วมกับผังกราฟิกมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนค่าเฉลี่ยเท่ากับ 22.58 คิดเป็นร้อยละ 75.28 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด

ดังนั้นจากเหตุผลที่กล่าวมาข้างต้นจึงเป็นการสนับสนุนข้อค้นพบที่ว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับผังกราฟิก มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด

2. จากการศึกษาพบว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับผังกราฟิก นักเรียนมีความสามารถแก้ปัญหาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 2 ทั้งนี้จากแนวคิดและทฤษฎีที่เป็นพื้นฐานของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน กล่าวคือ กระบวนการเรียนรู้ที่ใช้ปัญหาจากชีวิตจริงเป็นจุดเริ่มต้น ทำให้ผู้เรียนเกิดความขัดแย้งทางปัญญาและถูกกระตุ้นให้แสวงหาความรู้ใหม่มาเชื่อมโยงกับความรู้เดิม ดังที่ทฤษฎีการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์นิยม (Constructivism) ของเพียเจต์และไวก็อทสกี รวมถึงทฤษฎีการเรียนรู้ด้วยการค้นพบของบรูเนอร์ได้ระบุว่า การเรียนรู้ที่แท้จริงเกิดขึ้นเมื่อผู้เรียนสร้างความรู้ด้วยตนเองผ่านกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ (Hmelo & Evensen, 2000) และขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวทางของสำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ (2550) ที่ผู้วิจัยนำมาใช้ ซึ่งประกอบด้วยการกำหนดปัญหา การทำความเข้าใจปัญหา การค้นคว้า การสังเคราะห์ความรู้ การสรุปและประเมินคำตอบ และการนำเสนอผลงาน ได้ส่งเสริมให้นักเรียนฝึกกระบวนการคิดวิเคราะห์ การวางแผนแก้ปัญหา และการตรวจสอบผลลัพธ์อย่างเป็นระบบ ตามขั้นตอนการแก้ปัญหาของ Weir 4 ขั้นตอน (Weir,1974) คือ ขั้นระบุปัญหา ขั้นวิเคราะห์ปัญหา ขั้นเสนอวิธีการแก้ปัญหา และขั้นตรวจสอบผลลัพธ์ จนทำให้ความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนพัฒนาขึ้นอย่างเห็นได้ชัด

ส่วนการการนำผังกราฟิกมาใช้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานช่วยให้ผู้เรียนมีความสามารถแก้ปัญหาได้ดีขึ้น เนื่องจากผังกราฟิกทำหน้าที่เป็นเครื่องมือช่วยให้นักเรียนจัดระบบข้อมูลและความรู้ที่กระจัดกระจายให้อยู่ในรูปแบบที่มองเห็นและเข้าใจได้ง่าย สอดคล้องกับทฤษฎีการเรียนรู้อย่างมีความหมายของออซูเบล (Ausubel, 1968) ที่ระบุว่าการเรียนรู้ที่มีความหมายเกิดขึ้นเมื่อผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้ใหม่กับโครงสร้างความรู้เดิมในสมองได้ ผังกราฟิกจึงช่วยให้นักเรียนเห็นความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุและผลของปัญหา ตลอดจนแนวทางการแก้ปัญหาอย่างชัดเจนเป็นระบบ นอกจากนี้ Bromley, Devitis and Modlo (1995 อ้างใน ทิศนา แขมมณี, 2567) ยังได้ชี้ว่าผังกราฟิกช่วยกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อย่างตื่นตัว เพราะต้องใช้ทักษะการฟัง พูด อ่าน เขียน และคิดพร้อมกัน ซึ่งกระบวนการเหล่านี้ช่วยเสริมสร้างการเข้ารหัสและการเรียกคืนข้อมูลในความจำระยะยาวได้อย่างมีประสิทธิภาพ ส่งผลให้นักเรียนสามารถประยุกต์ความรู้มาแก้ปัญหาใหม่ได้ดียิ่งขึ้น

ผลการวิจัยครั้งนี้ยังสอดคล้องกับ นภัสวรรณ ศรีทรงเมือง (2563) ได้ทำการศึกษาผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับผังกราฟิกที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนวัดสุคันธาราม (สุคันธวิทยาคาร) จังหวัดพระนครศรีอยุธยา พบว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับผังกราฟิกเรื่องทรัพยากรธรรมชาติ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ Joseph E. Valdez and Melfei E. Bungihan (2019) ยืนยันว่าการจัดการเรียนรู้แบบ PBL มีประสิทธิผลในการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ได้สูงกว่าการสอนแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญ เช่นเดียวกับ Nurdeli Lasniroha Sagala และคณะ (2017) ที่พบว่านักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบปัญหาเป็นฐานมีการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหาสูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบดั้งเดิมอย่างชัดเจน

ดังนั้นจากเหตุผลที่กล่าวมาข้างต้นจึงเป็นการสนับสนุนข้อค้นพบที่ว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับผังกราฟิก มีทักษะการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

บทสรุป

การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์การวิจัยเพื่อ (1) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง โมเมนตัมและการชน โดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับผังกราฟิก ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 กับเกณฑ์ร้อยละ 70 (2) เปรียบเทียบทักษะการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังเรียน เรื่อง โมเมนตัมและการชน โดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับผังกราฟิก ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยศึกษากับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนท่าชนะ จังหวัดสุราษฎร์ธานี จำนวน 33 คน พบว่านักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 และมีทักษะการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์สูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทั้งนี้เนื่องการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานช่วยกระตุ้นให้ผู้เรียนสร้างความรู้และเรียนรู้ผ่านสถานการณ์จริงจากชีวิตประจำวัน และเทคนิคผังกราฟิกยังช่วยจัดระบบความคิดละเชื่อมโยงความรู้ใหม่กับความรู้เดิมได้อย่างมีประสิทธิภาพ ข้อเสนอแนะสำหรับการทำวิจัยคือ เลือกสถานการณ์ปัญหาและประเภทผังกราฟิกให้เหมาะสมกับเนื้อหา รวมถึงควรมีการศึกษาต่อยอดในรูปแบบดิจิทัลและนำไปประยุกต์ใช้กับทักษะการคิดด้านอื่น ๆ ต่อไป

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551.กระทรวงศึกษาธิการ.

_____. (2560). หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560). โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย

กัญจนา ลินทรัตนศิริกุล. (2563). เครื่องมือและการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ. ใน ประมวลสาระชุดวิชาการวิจัย หลักสูตรและการเรียนการสอน. (หน่วยที่ 9). (พิมพ์ครั้งที่ 9). นนทบุรี: สาขาวิชาศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

จรียารัตน์ ใช้ช้าง. (2556). ผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะความรู้ 7 ขั้น ที่เน้นการเรียนแบบร่วมมือที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนหนองยางพิทยาคม จังหวัดนครราชสีมา. (วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, นนทบุรี.

ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์. (2553). การจัดการเรียนรู้แนวใหม่ ทฤษฎี แนวปฏิบัติ และผลการวิจัย. นนทบุรี: สหมิตรพริ้นติ้งแอนด์พับลิสชิ่ง

ทิศนา แขมมณี. (2550). ศาสตร์การสอน. (พิมพ์ครั้งที่ 5). กรุงเทพฯ: ด่านสุทธาการพิมพ์.

_____. (2560). ศาสตร์การสอน: องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ (พิมพ์ครั้งที่ 21). สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

_____. (2567). ศาสตร์การสอน: องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ (พิมพ์ครั้งที่ 27). สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

นภัสวรรณ ศรีทรงเมือง. (2563). ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับผังกราฟิกที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่องทรัพยากรธรรมชาติ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนวัดสุคันธาราม (สุคันธวิทยา คาร) จังหวัดพระนครศรีอยุธยา. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. นนทบุรี

นวลจิตต์ เชาวกีรติพงศ์. (2557). การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์2. ใน ประมวลชุดวิชาสารัตถะ วิทยวิธีและธรรมชาติของวิทยาศาสตร์. (หน่วยที่ 9, น. 24-30). นนทบุรี :มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

_____. (2561). การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์2. ใน ประมวลชุดวิชา สารัตถะวิทยวิธีและธรรมชาติของวิทยาศาสตร์. (หน่วยที่ 9, น. 24-30). นนทบุรี :มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

บุญชม ศรีสะอาด. (2545). การวิจัยเบื้องต้น. (พิมพ์ครั้งที่ 7). กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.

ปัณฑารีย์ ถาวรศักดิ์. (2565). ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เรื่อง ฟิสิกส์นิวเคลียร์ ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนราชประชานุเคราะห์ 15 (เวียงเก่าแสนภูวิทยาประสาท) จังหวัดเชียงราย. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. นนทบุรี.

ไพศาล สุวรรณน้อย. (2559). การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem–based Learning: PBL). มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ภพ เลาหไพบูลย์. (2542). แนวการสอนวิทยาศาสตร์. (พิมพ์ครั้งที่ 3). ไทยวัฒนาพานิช.

มัณฑรา ธรรมบุศย์. (2545). การพัฒนาคุณภาพการเรียนรู้โดยใช้ PBL (Problem-Based Learning). วารสารวิชาการ. 5(2): 11-17.

โรงเรียนท่าชนะ. (2567). รายงานการประเมินตนเอง (SAR). สุราษฎร์ธานี: โรงเรียนท่าชนะ.

วิจารณ์ พานิช. (2555). วิถีสร้างการเรียนรู้เพื่อศิษย์ในศตวรรษที่ 21. ตถาตาพับลิเคชั่น

วิชัย วงษ์ใหญ่ และกัญจนา ลินทรัตนศิริกุล. (2558). การประเมินหลักสูตรและการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์. ในประมวลสาระชุดวิชาหลักสูตรและการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ (หน่วยที่ 5, น. 5-58). นนทบุรี: มหาวิทยาลัย สุโขทัยธรรมาธิราช.

สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (องค์การมหาชน). (2563). รายงานค่าสถิติพื้นฐานการทดสอบวิชาสามัญ 9 วิชา ปีการศึกษา 2563. https://www.niets.or.th/th/content/view/13837

_____. (2564). รายงานค่าสถิติพื้นฐานการสอบวิชาสามัญ ประจำปี 2564. https://www.niets.or.th/th/content/view/18805

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2544). คู่มือการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.

_____. (2555). การวัดผลประเมินผลวิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูนิเคชั่น.

_____. (2566). ผลการประเมิน PISA 2022. (2566). https://pisathailand.ipst.ac.th/news-21/

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551. สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (2550). แนวทางการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ การจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน. ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

_____. (2560). แผนการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2560–2579. สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา

สุวรรณา วงษ์วิเชียร. (2553) การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียน เรื่อง การคุ้มครองสิทธิผู้บริโภค กลุ่มสาระการเรียนรู้สังคมศึกษา ศาสนา และวัฒนธรรม โดยวิธีการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานกับวิธีการจัดการเรียนรู้แบบหมวกความคิดหกใบ. (วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยรามคำแหง. กรุงเทพฯ

อัจฉริยา คำมนตรี. (2564). การพัฒนาการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานร่วมกับผังกราฟิกเพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. วารสารเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. 4(11).

Ausubel, D. P. (1968). Educational Psychology: A Cognitive View. New York: Holt- Rinehart and Winston.

Bara, G., & Xhomara, N. (2020). The effect of student-centered teaching and problem-based learning on academic achievement in science. Journal of Turkish Science Education. 17(2): 180-199

Hmelo, C. E., & Evensen, D. H. (2000). Problem-Based Learning A Research Perspective on Learning Interaction. New York: Routledge Taylor & Francis Group

Sagala, N. L., Rahmatsyah, & Simanjuntak, M. P. (2017). The influence of problem-based learning model on scientific process skill and problem-solving ability of student. IOSR Journal of Research & Method in Education. 7(4): 1-9.

Valdez, J. E., & Bungihan, M. E. (2019). Problem-based learning approach enhances the problem-solving skills in chemistry of high school students. Journal of Technology and Science Education. 9(3): 282-294.

Weir, J. J. (1974). Problem Solving is Everybody's Problem. The Science Teacher.

กลุ่มที่ 5: มนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์

การศึกษาสุขภาวะทางสังคมของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นในจังหวัดนครนายก
A Study of Social Well-being of Lower Secondary School Students in Nakhon Nayok Province

บุญญลักษม์ ตำนานจิตร[1] สายสุดา ปั้นตระกูล[1*] ปริศนา มัชฌิมา[2] และชูติวรรณ บุญอาชาทอง[2]
Boonyalak Tumnanchit[1], Saisuda Pantrakool[1*], Prisana Mutchima[2] and Chutiwan Boonarchatong[2]

[1]คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต กรุงเทพมหานคร
[1]Faculty of Humanities and Social Sciences, Suan Dusit University, Bangkok
[2]คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต กรุงเทพมหานคร
[2]Faculty of Science and Technology, Suan Dusit University, Bangkok
[*]Corresponding Author E-mail Address : saisuda_pan@dusit.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) ศึกษาระดับสุขภาวะทางสังคมของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นในจังหวัดนครนายก และ (2) เปรียบเทียบสุขภาวะทางสังคมของนักเรียนจำแนกตามเพศและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น จำนวน 360 คน จากโรงเรียน 3 แห่ง ในจังหวัดนครนายก ได้แก่ โรงเรียนสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมการศึกษาเอกชน และองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น ได้มาโดยการสุ่มแบบหลายขั้นตอน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเป็นแบบสอบถามสุขภาวะทางสังคม วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน t-test และ One-way ANOVA

ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีสุขภาวะทางสังคมโดยรวมอยู่ในระดับสูง และเมื่อพิจารณารายด้านพบว่าอยู่ในระดับสูงทุกด้าน โดยด้านที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด ได้แก่ การรับรู้คุณค่าในตนเองและการเคารพผู้อื่น และการใช้เทคโนโลยีเพื่อการสื่อสารและการอยู่ร่วมกันอย่างเหมาะสม รองลงมาคือ ความสามารถในการสร้างและรักษาความสัมพันธ์ทางสังคม และการเรียนรู้และทำงานร่วมกับชุมชน เมื่อเปรียบเทียบตามเพศ พบว่า นักเรียนเพศหญิงมีสุขภาวะทางสังคมสูงกว่านักเรียนเพศชายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p < .001$ และนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่างกันมีสุขภาวะทางสังคมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p < .01$ โดยนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงมีค่าเฉลี่ยสุขภาวะทางสังคมสูงที่สุดผลการวิจัยสะท้อนให้เห็นถึงความสำคัญของปัจจัยส่วนบุคคลต่อการส่งเสริมสุขภาวะทางสังคมของนักเรียน ซึ่งสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาการจัดการเรียนรู้และกิจกรรมที่เหมาะสมในสถานศึกษาต่อไป

คำสำคัญ: สุขภาวะทางสังคม นักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น จังหวัดนครนายก

Abstract

This study aimed to (1) examine the level of social well-being among lower secondary school students in Nakhon Nayok Province, and (2) compare students' social well-being based on gender and academic achievement. The sample consisted of 360 lower secondary school students from three schools in Nakhon Nayok Province, under the Office of the Basic Education Commission, the Office of the Private Education Commission, and local administrative organizations. The sample was selected by multi-stage sampling. The research instrument was a questionnaire on social well-being. Data were analyzed using mean, standard deviation, t-test, and One-way ANOVA.

The results showed that the overall social well-being of the students was at a high level. All aspects were also at a high level. The highest mean scores were found in self-worth and respect for others, and the use of technology for communication and appropriate social living. These were followed by the ability to build and maintain social relationships, and learning and working with the community. In addition, the comparison by gender showed that female students had significantly higher social well-being than male students at the $p < .001$ level. Students with different levels of academic achievement also showed significantly different social well-being at the $p < .01$ level, with students with high academic achievement having the highest mean score. The findings highlight the importance of personal factors in promoting students' social well-being. They can be used as a guideline for developing suitable learning management and school activities.

Keywords: Social Well-being, Lower Secondary School Students, Nakhon Nayok Province

บทนำ

การพัฒนาคุณภาพการศึกษาในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานของประเทศไทยในปัจจุบันให้ความสำคัญกับการพัฒนาผู้เรียนในมิติที่ครอบคลุมทั้งด้านร่างกาย จิตใจ สังคมและสติปัญญา โดยปัจจัยสุขภาวะทางสังคมซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญที่ส่งผลต่อการดำรงชีวิต การเรียนรู้และการปรับตัวของผู้เรียนในสังคมยุคปัจจุบัน ในกลุ่มนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นซึ่งอยู่ในช่วงวัยรุ่นตอนต้น ถือเป็นช่วงวัยที่มีการเปลี่ยนแปลงทั้งด้านร่างกาย อารมณ์และสังคมอย่างรวดเร็วส่งผลให้การเสริมสร้างสุขภาวะทางสังคมเป็นประเด็นที่มีความสำคัญอย่างยิ่ง (Durongkaveroj, 2022)

ในบริบทของจังหวัดนครนายกเป็นพื้นที่ที่มีลักษณะผสมผสานระหว่างความเป็นเมืองและชนบท สภาพการจัดการศึกษายังคงสะท้อนถึงความเหลื่อมล้ำด้านคุณภาพและโอกาสทางการศึกษาในบางมิติ โดยเฉพาะความแตกต่างระหว่างโรงเรียนในสังกัดต่าง ๆ และบริบททางเศรษฐกิจและสังคมของผู้เรียน ซึ่งอาจส่งผลต่อระดับความสามารถในการเข้าถึงทรัพยากรทางการศึกษา รวมถึงระดับความรู้ด้านสุขภาพ (Health Literacy) และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน (Juliette, n.d.) นอกจากนี้ ยังพบว่านักเรียนในพื้นที่ดังกล่าวมีความแตกต่างด้านปัจจัยทางสังคมประชากร เช่น ฐานะทางเศรษฐกิจ อายุและโครงสร้างครอบครัวซึ่งมีบทบาทสำคัญต่อพัฒนาการและคุณภาพชีวิตของผู้เรียน (Jongkam et al., 2025; Songsin, Boonchieng & Runnuch, 2025)

สุขภาวะทางสังคม (Social Well-being) เป็นแนวคิดสำคัญที่สะท้อนถึงความสามารถของบุคคลในการสร้างความสัมพันธ์ที่ดี การมีส่วนร่วมในสังคม การรับรู้ถึงการสนับสนุนจากครอบครัว โรงเรียนและชุมชน รวมถึงความรู้สึกเป็นส่วนหนึ่งของสังคม การมีสุขภาวะทางสังคมที่ดีจะช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถปรับตัวได้อย่างเหมาะสม มีความพึงพอใจในชีวิตและมีความพร้อมในการเรียนรู้ที่ดี จากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมา พบว่า สุขภาวะทางสังคมของนักเรียนได้รับอิทธิพลจากหลายปัจจัย ทั้งปัจจัยส่วนบุคคล เช่น ความยืดหยุ่นทางจิตใจ (Psychological Resilience) และการควบคุมตนเอง ซึ่งมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับการปรับตัวทางสังคมและความพึงพอใจในชีวิต (Pongutta & Vithayarungruangsri, 2023) รวมถึงปัจจัยด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและอายุที่มีความสัมพันธ์กับระดับสุขภาวะของผู้เรียน (Ruangying, 2021)

ปัจจัยทางสังคม การสนับสนุนจากครอบครัวและชุมชน ตลอดจนเครือข่ายทางสังคม มีบทบาทสำคัญในการเสริมสร้างสุขภาวะทางสังคมของนักเรียน โดยนักเรียนที่ได้รับการสนับสนุนอย่างเหมาะสมมักมีระดับความเครียดต่ำและมีความสามารถในการเผชิญปัญหาที่ดีขึ้น (Ruangying, 2021) ในทางตรงกันข้าม การขาดการสนับสนุนทางสังคมอาจนำไปสู่ความรู้สึกโดดเดี่ยว ความวิตกกังวลและภาวะซึมเศร้า นอกจากนี้ บริบททางวัฒนธรรมของสังคมไทยที่ยังคงมีทัศนคติด้านลบต่อปัญหาสุขภาพจิต ส่งผลให้นักเรียนจำนวนมากไม่กล้าแสวงหาความช่วยเหลือจากผู้เชี่ยวชาญและเลือกพึ่งพาครอบครัวเป็นหลักซึ่งอาจเป็นข้อจำกัดในการได้รับการดูแลที่เหมาะสม (Ueangchokchai et al., 2024) รวมถึงปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะความผูกพันกับโรงเรียน (School Connectedness) และการมีส่วนร่วมในกิจกรรมเสริมหลักสูตรเป็นตัวแปรสำคัญที่ส่งผลต่อสุขภาวะทางสังคมของนักเรียน โดยนักเรียนที่มีความรู้สึกเป็นส่วนหนึ่งของโรงเรียนและมีปฏิสัมพันธ์ที่ดีกับครูและเพื่อนจะมีระดับความพึงพอใจในชีวิตและความสุขที่สูงกว่า (Kennedy & Walls, 2024) รวมถึงการเข้าร่วมกิจกรรมต่าง ๆ ยังช่วยเสริมสร้างทักษะทางสังคมและลดความรู้สึกโดดเดี่ยวของผู้เรียน

การศึกษาเกี่ยวกับสุขภาวะของนักเรียนในประเทศไทยมีการศึกษาวิจัยอย่างต่อเนื่องแต่ส่วนใหญ่มุ่งเน้นไปที่สุขภาพจิตหรือผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นหลัก ขณะที่การศึกษาเชิงลึกเกี่ยวกับสุขภาวะทางสังคมโดยเฉพาะในบริบทของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นในพื้นที่เฉพาะ เช่น จังหวัดนครนายกยังมีอยู่อย่างจำกัด อีกทั้งงานวิจัยบางส่วนเน้นศึกษาปัจจัยเฉพาะด้านการบูรณาการองค์ความรู้ที่ครอบคลุมทั้งปัจจัยส่วนบุคคล สังคม และสิ่งแวดล้อมอย่างเป็นระบบยังมีไม่มาก (Rungsang & Juntorn, 2024; Lwin et al., 2025) อีกทั้งจากผลการศึกษาที่ผ่านมาสะท้อนให้เห็นถึงปัญหาที่สำคัญ ได้แก่ ความเครียดจากภาระทางการเรียน ความเหลื่อมล้ำทางการศึกษา และการขาดระบบสนับสนุนที่เหมาะสม ซึ่งส่งผลกระทบต่อสุขภาวะของนักเรียนทั้งในระยะสั้นและระยะยาว (Jansem et al., 2025) โดยเฉพาะนักเรียนที่มีพื้นฐานทางเศรษฐกิจและสังคมที่แตกต่างกัน อาจพบกับข้อจำกัดในการเข้าถึงทรัพยากรและโอกาสทางการศึกษา ทำให้เกิดความเหลื่อมล้ำในคุณภาพชีวิตและการพัฒนาในอนาคต (Budler et al., 2025) ช่องว่างดังกล่าวแสดงให้เห็นถึงความสำคัญในการศึกษาข้อมูลเชิงประจักษ์เกี่ยวกับระดับสุขภาวะทางสังคมของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น รวมถึงความแตกต่างตามปัจจัยส่วนบุคคล เพื่อให้ได้องค์ความรู้ที่สอดคล้องกับบริบทของพื้นที่และสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการพัฒนานโยบาย การจัดการเรียนรู้ และระบบสนับสนุนที่เอื้อต่อการเสริมสร้างสุขภาวะทางสังคมของนักเรียนในบริบทของประเทศไทยต่อไป

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาระดับสุขภาวะทางสังคมของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นในจังหวัดนครนายก
2. เพื่อเปรียบเทียบสุขภาวะทางสังคมของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นในจังหวัดนครนายก จำแนกตามเพศและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

สมมติฐานการวิจัย

1. นักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นในจังหวัดนครนายกที่มีเพศต่างกันมีสุขภาวะทางสังคมแตกต่างกัน

2. นักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นในจังหวัดนครนายกที่มีระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่างกันมีสุขภาวะทางสังคมแตกต่างกัน

การทบทวนวรรณกรรม

1. แนวคิดเกี่ยวกับสุขภาวะทางสังคมและพัฒนาการวัยรุ่น

สุขภาวะทางสังคมเป็นองค์ประกอบหนึ่งของสุขภาวะโดยรวม ซึ่งสะท้อนถึงความสามารถของบุคคลในการสร้างและรักษาความสัมพันธ์ที่ดี การมีส่วนร่วมในสังคมและการรับรู้ถึงการสนับสนุนจากผู้อื่น โดยเฉพาะในช่วงวัยรุ่น ความสัมพันธ์กับครอบครัว เพื่อนและชุมชนถือเป็นรากฐานสำคัญของสุขภาวะและมีบทบาทโดยตรงต่อพัฒนาการทางจิตใจและสังคม (Blum et al., 2022)

วัยรุ่นตอนต้นเป็นช่วงวัยที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วทั้งด้านร่างกาย อารมณ์ สติปัญญาและสังคม นักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นจึงอยู่ในระยะของการสร้างอัตลักษณ์ การพัฒนาความเป็นตัวของตัวเอง และการเรียนรู้บทบาททางสังคมผ่านความสัมพันธ์กับครอบครัว เพื่อน ครู และชุมชน ในช่วงวัยรุ่นตอนต้นกลุ่มเพื่อนมีอิทธิพลต่อพฤติกรรม การตัดสินใจและความรู้สึกเป็นส่วนหนึ่งของสังคมมากขึ้น ขณะเดียวกันวัยรุ่นยังต้องเผชิญกับความคาดหวังทางการเรียน การปรับตัวต่อกฎระเบียบของโรงเรียน และการใช้เทคโนโลยีในการสื่อสาร ซึ่งล้วนส่งผลต่อสุขภาวะทางสังคมของนักเรียน

ดังนั้นการศึกษาสุขภาวะทางสังคมของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นจึงมีการพิจารณาควบคู่กับลักษณะพัฒนาการวัยรุ่น เนื่องจากความสามารถในการสร้างความสัมพันธ์ การสื่อสาร การควบคุมอารมณ์ การเคารพผู้อื่น และการมีส่วนร่วมในสังคม เป็นทักษะสำคัญที่พัฒนาอย่างต่อเนื่อง ในช่วงวัยรุ่นตอนต้นหากนักเรียนได้รับการสนับสนุนจากครอบครัว โรงเรียนและชุมชนอย่างเหมาะสมจะช่วยส่งเสริมให้เกิดการปรับตัวทางสังคมที่ดี มีความเชื่อมั่นในตนเอง และสามารถอยู่ร่วมกับผู้อื่นได้อย่างมีคุณภาพ

ในเชิงทฤษฎีสุขภาวะของวัยรุ่นสามารถอธิบายได้ผ่านกรอบแนวคิดเชิงนิเวศ (Ecological Systems Theory) ซึ่งมองว่าพัฒนาการของบุคคลได้รับอิทธิพลจากหลายระดับ ได้แก่ ระดับบุคคล ครอบครัว โรงเรียนและสังคมโดยรวม แนวคิดดังกล่าวสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Pongutta et al. (2023) พบว่า สุขภาวะของนักเรียนมีความสัมพันธ์กับทั้งปัจจัยภายใน เช่น ความยืดหยุ่นทางจิตใจ และปัจจัยภายนอก เช่น การสนับสนุนทางสังคม อีกทั้งสุขภาวะยังสัมพันธ์กับความพึงพอใจในชีวิต ความสามารถในการปรับตัวและความสำเร็จทางการเรียน โดยวัยรุ่นที่มีสุขภาวะที่ดีมักมีทักษะทางสังคมสูงมีความมั่นคงทางอารมณ์และสามารถรับมือกับความเครียดได้อย่างเหมาะสม

2. ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อสุขภาวะทางสังคมของนักเรียน

ปัจจัยที่มีผลต่อสุขภาวะทางสังคมสามารถแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ ปัจจัยส่วนบุคคล ปัจจัยทางสังคม และปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อม (Pongutta et al., 2023; Ruangying, 2021) ดังนี้

2.1 ปัจจัยส่วนบุคคล

ปัจจัยส่วนบุคคล (Personal Factors) ปัจจัยภายใน เช่น ความยืดหยุ่นทางจิตใจ (resilience) และการควบคุมตนเอง (self-control) มีบทบาทสำคัญต่อการปรับตัวทางสังคม โดยนักเรียนที่มีความสามารถในการจัดการอารมณ์และ

ควบคุมพฤติกรรมของตนเองได้ดีจะมีแนวโน้มมีสุขภาวะทางสังคมสูงกว่า ปัจจัยด้านอายุและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนยังมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับสุขภาวะ โดยนักเรียนที่มีผลการเรียนดีมักมีความมั่นใจและความสัมพันธ์ทางสังคมที่ดีขึ้น

2.2 ปัจจัยทางสังคม

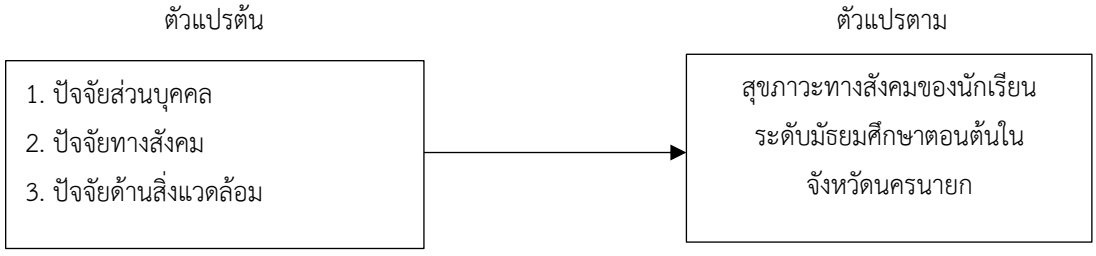
ปัจจัยทางสังคม (Social Factors) การสนับสนุนจากครอบครัว เพื่อน และชุมชน เป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยเสริมสร้างสุขภาวะทางสังคม โดยความสัมพันธ์ที่ดีภายในครอบครัวและเครือข่ายทางสังคมสามารถลดความเครียดและเพิ่มความพึงพอใจในชีวิตของนักเรียนได้ ในทางตรงกันข้าม การขาดการสนับสนุนทางสังคมอาจนำไปสู่ปัญหาทางอารมณ์ เช่น ความวิตกกังวลและภาวะซึมเศร้า ในประเด็นด้านบริบททางวัฒนธรรม ซึ่งมีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการแสดงออกและการขอความช่วยเหลือ โดยในสังคมไทยยังคงมีอคติต่อปัญหาสุขภาพจิต ส่งผลให้นักเรียนจำนวนหนึ่งไม่กล้าเข้าถึงบริการด้านสุขภาพจิตอย่างเหมาะสม

2.3 ปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อม

ปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อม (Environmental Factors) โรงเรียนเป็นสถานที่สำคัญในการพัฒนาสุขภาวะทางสังคม โดยเฉพาะแนวคิดความผูกพันกับโรงเรียน (School Connectedness) ซึ่งหมายถึงความรู้สึกเป็นส่วนหนึ่ง ได้รับการยอมรับและได้รับการสนับสนุนจากครูและเพื่อน ผลการศึกษาของ Yuen และ Wu (2024) พบว่า ความผูกพันกับโรงเรียนมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับสุขภาวะของนักเรียน และสามารถทำหน้าที่เป็นปัจจัยปกป้อง (protective factor) ต่อปัญหาสุขภาพจิต ในขณะเดียวกัน บรรยากาศและสภาพแวดล้อมของโรงเรียน (School Climate) มีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาทางสังคมและอารมณ์ของผู้เรียน

ในบริบทของประเทศไทย มีงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับประเด็นสุขภาวะของนักเรียนในหลายมิติ เช่น สุขภาพจิต ความรอบรู้ด้านสุขภาพและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยเฉพาะการศึกษาดังงานวิจัยของ Durongkaveroj (2022) พบว่า ปัจจัยทางเศรษฐกิจและสังคมมีผลต่อความเหลื่อมล้ำทางการศึกษาและสุขภาวะของนักเรียนอย่างมีนัยสำคัญ ผลการศึกษาที่ดำเนินการในจังหวัดนครนายกของ Thanachoksawang et al., (2024) และ Khampang et al., (2022) พบว่า นักเรียนมีระดับความรอบรู้ด้านสุขภาพและสุขภาวะที่แตกต่างกันตามบริบทของครอบครัวและสิ่งแวดล้อม โดยใช้วิธีวิจัยเชิงสำรวจร่วมกับการสัมภาษณ์เชิงลึกเพื่อทำความเข้าใจพฤติกรรมและกลไกการเผชิญปัญหาของนักเรียนและยังพบความสัมพันธ์ระหว่างความยืดหยุ่นทางจิตใจ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน การสนับสนุนทางสังคม ซึ่งมีอิทธิพลต่อสุขภาวะโดยรวมของนักเรียน (Pongutta, & Vithayarungruangsri, 2023; Ruangying, 2021) ผลการศึกษายังสะท้อนถึงปัญหาสำคัญ เช่น ความเครียดจากการเรียน ความกดดันทางวิชาการ และความไม่เท่าเทียมในการเข้าถึงทรัพยากรทางการศึกษา ซึ่งส่งผลต่อสุขภาวะของนักเรียน โดยเฉพาะในกลุ่มที่มีฐานะทางเศรษฐกิจต่ำ การศึกษาสุขภาวะทางสังคมของนักเรียนในจังหวัดนครนายกจึงมีความสำคัญอย่างยิ่งในการศึกษาข้อมูลเชิงประจักษ์และนำไปสู่การพัฒนาแนวทางส่งเสริมสุขภาวะของผู้เรียนอย่างเหมาะสมต่อไป

กรอบแนวคิดการวิจัย



วิธีการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปริมาณ (Quantitative Research) เพื่อศึกษาสุขภาวะทางสังคมของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นในจังหวัดนครนายก โดยมีขั้นตอนการดำเนินการวิจัยดังนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1.1 ประชากรที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ นักเรียนระดับมัธยมศึกษาในจังหวัดนครนายก จำนวน 3,620 คน จาก 131 โรงเรียน (สำนักนโยบายและแผนการศึกษาขั้นพื้นฐาน, 2565)

1.2 กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น จำนวน 360 คน กำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างโดยใช้สูตรของทาโร่ ยามาเน่ ที่ระดับความคลาดเคลื่อน .05 จากนั้นใช้วิธีการสุ่มนักเรียนแบบหลายขั้นตอน (multi-stage sampling) โดยมีการดำเนินการดังนี้ ขั้นที่ 1 คัดเลือกโรงเรียนแบบเจาะจง จำนวน 3 แห่งในจังหวัดนครนายก โดยพิจารณาให้ครอบคลุมความหลากหลายของสังกัดสถานศึกษา ได้แก่ โรงเรียนสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน (สพฐ.) โรงเรียนสังกัดสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมการศึกษาเอกชน (สช.) และโรงเรียนสังกัดองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น (อปท.) ขั้นที่ 2 กำหนดสัดส่วนกลุ่มตัวอย่างจากแต่ละโรงเรียนให้สอดคล้องกับจำนวนนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นของโรงเรียน และขั้นที่ 3 สุ่มนักเรียนจากแต่ละโรงเรียนตามจำนวนที่กำหนดด้วยวิธีการสุ่มแบบหลายขั้นตอน จนได้กลุ่มตัวอย่างสุดท้าย จำนวน 360 คน

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบสอบถามที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นจากการทบทวนเอกสารแนวคิดทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับสุขภาวะทางสังคม โดยแบบสอบถามแบ่งออกเป็น 2 ตอน ได้แก่

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม มีลักษณะเป็นแบบตรวจสอบรายการ (Check-list)

ตอนที่ 2 แบบสอบถามเกี่ยวกับสุขภาวะทางสังคมของนักเรียน มีลักษณะเป็นมาตรประมาณค่า 3 ระดับ (Rating Scale) ตามแนวทางการประเมินพฤติกรรมที่ใช้ในเครื่องมือด้านสุขภาพจิตของ กรมสุขภาพจิต กระทรวงสาธารณสุข

โดยกำหนดคะแนนดังนี้

ไม่ใช่ = 1 คะแนน บางครั้ง = 2 คะแนน จริง = 3 คะแนน

คณะผู้วิจัยได้นำแบบสอบถามไปตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) โดยผู้ทรงคุณวุฒิ และปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะ จากนั้นนำไปทดลองใช้ (Try-out) กับกลุ่มที่มีลักษณะใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่าง และวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นของเครื่องมือด้วยค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach’s Alpha Coefficient) =.90

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

คณะผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2568 โดยการประสานงานกับโรงเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง เพื่อขอความอนุเคราะห์ในการเก็บข้อมูล จากนั้นแจกแบบสอบถามให้แก่นักเรียนกลุ่มตัวอย่างและชี้แจงวัตถุประสงค์ของการวิจัย จริยธรรมในมนุษย์ รวมถึงการรักษาความลับของข้อมูลโดยให้นักเรียนตอบแบบสอบถามด้วยตนเอง และรวบรวมแบบสอบถามกลับคืนเพื่อนำไปวิเคราะห์ข้อมูล

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ความถี่ (Frequency) และร้อยละ (Percentage) ค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) t-test และการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-way ANOVA)

ผลการวิจัย

ผลการศึกษาระดับสุขภาวะทางสังคมของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นในจังหวัดนครนายก และเพื่อเปรียบเทียบสุขภาวะทางสังคมของนักเรียนจำแนกตามปัจจัยส่วนบุคคล ดังนี้

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง

ตารางที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

ข้อมูล	รายการ	จำนวน (n=360 คน)	ร้อยละ
เพศ	ชาย	188	52.2
	หญิง	164	45.6
	เพศทางเลือก	8	2.2
	รวม	360	100.0
ระดับชั้นเรียน	มัธยมศึกษาปีที่ 1	53	14.7
	มัธยมศึกษาปีที่ 2	135	37.5
	มัธยมศึกษาปีที่ 3	172	47.8
	รวม	360	100.0

จากตารางที่ 1 พบว่า นักเรียนทั้งหมด จำนวน 360 คน จำแนกตามเพศ พบว่า ส่วนใหญ่เป็นเพศชาย จำนวน 188 คน คิดเป็นร้อยละ 52.2 รองลงมาคือเพศหญิง จำนวน 164 คน คิดเป็นร้อยละ 45.6 และเพศทางเลือก จำนวน 8 คน คิดเป็นร้อยละ 2.2 ตามลำดับ

ระดับชั้นเรียน พบว่า ส่วนใหญ่เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 172 คน คิดเป็นร้อยละ 47.8 รองลงมาคือชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 135 คน คิดเป็นร้อยละ 37.5 และชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 53 คน คิดเป็นร้อยละ 14.7 ตามลำดับ

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ระดับสุขภาวะทางสังคมของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นในจังหวัดนครนายก

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของสุขภาวะทางสังคมของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นในจังหวัดนครนายก โดยรวมและรายด้าน

รายการ	Mean	SD	ระดับ
1. ด้านทักษะการคิดและการสื่อสารเชิงสร้างสรรค์ในบริบททางสังคม	2.19	0.33	สูง
2. ด้านการรับรู้คุณค่าในตนเองและการเคารพผู้อื่น	2.44	0.31	สูง
3. ด้านความสามารถในการสร้างและรักษาความสัมพันธ์ทางสังคม	2.39	0.34	สูง
4. ด้านการใช้เทคโนโลยีเพื่อการสื่อสารและการอยู่ร่วมกันอย่างเหมาะสม	2.44	0.40	สูง
5. ด้านการเรียนรู้และทำงานร่วมกับชุมชน	2.37	0.39	สูง
รวม	2.37	0.28	สูง

จากตารางที่ 2 พบว่า สุขภาวะทางสังคมของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นในจังหวัดนครนายกโดยรวมอยู่ในระดับสูง (Mean = 2.37, SD = 0.28) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่าอยู่ในระดับสูงทุกด้าน โดยด้านที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด คือ การใช้เทคโนโลยีเพื่อการสื่อสารและการอยู่ร่วมกันอย่างเหมาะสม (Mean = 2.44, SD = 0.40) รองลงมาคือ การรับรู้คุณค่าในตนเองและการเคารพผู้อื่น (Mean = 2.44, SD = 0.31) ความสามารถในการสร้างและรักษาความสัมพันธ์ทางสังคม (Mean = 2.39, SD = 0.34) การเรียนรู้และทำงานร่วมกับชุมชน (Mean = 2.37, SD = 0.39) และด้านที่มีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุด คือ ทักษะการคิดและการสื่อสารเชิงสร้างสรรค์ในบริบททางสังคม (Mean = 2.19, SD = 0.33)

ตอนที่ 3 ผลการเปรียบเทียบสุขภาวะทางสังคมของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นในจังหวัดนครนายก จำแนกตามปัจจัยส่วนบุคคล

ตารางที่ 3 ผลการเปรียบเทียบสุขภาวะทางสังคมของนักเรียน จำแนกตามเพศ

รายการ		n	Mean	SD	t	Sig.
เพศ	ชาย	188	2.31	0.31	3.74	.001**
	หญิง	164	2.42	0.23		

หมายเหตุ: **p< .01

จากตารางที่ 3 พบว่า นักเรียนเพศหญิงมีค่าเฉลี่ยสุขภาวะทางสังคมสูงกว่านักเรียนเพศชาย โดยเพศหญิงมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.42 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.23 ขณะที่เพศชายมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.31 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.31 ผลการทดสอบด้วยสถิติ t-test พบว่า นักเรียนที่มีเพศต่างกันมีสุขภาวะทางสังคมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p < .001$ จึงยอมรับสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 1 ซึ่งระบุว่านักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นในจังหวัดนครนายกที่มีเพศต่างกันมีสุขภาวะทางสังคมแตกต่างกัน

ตารางที่ 4 ผลการเปรียบเทียบสุขภาวะทางสังคมของนักเรียน จำแนกตามระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

รายการ		n	Mean	SD	F	Sig.
ระดับผลสัมฤทธิ์	ต่ำ	110	2.27	0.30	6.42	.002**
ทางการเรียน	ปานกลาง	150	2.36	0.27		
	สูง	100	2.49	0.24		

หมายเหตุ: **p< .01

จากตารางที่ 4 พบว่า นักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่างกันมีค่าเฉลี่ยสุขภาวะทางสังคมแตกต่างกัน โดยนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระดับสูงมีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด (Mean = 2.49, SD = 0.24) รองลงมาคือ นักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระดับปานกลาง (Mean = 2.36, SD = 0.27) และนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระดับต่ำ (Mean = 2.27, SD = 0.30) ตามลำดับ ผลการทดสอบด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-way ANOVA) พบว่า นักเรียนที่มีระดับ

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่างกันมีสุขภาวะทางสังคมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p < .01$ จึงยอมรับสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 2 ซึ่งระบุว่านักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นในจังหวัดนครนายกที่มีระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่างกันมีสุขภาวะทางสังคมแตกต่างกัน

การอภิปรายผล

การศึกษาสุขภาวะทางสังคมของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นในจังหวัดนครนายก พบว่า สถานการณ์สุขภาวะทางสังคมของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นในจังหวัดนครนายกในภาพรวมอยู่ในระดับสูง ซึ่งสามารถอธิบายได้จากบริบททางสังคมและการศึกษาในพื้นที่ที่มีทั้งลักษณะกึ่งเมืองและชนบท ส่งผลให้ผู้เรียนมีโอกาสในการพัฒนาทักษะทางสังคมผ่านทั้งครอบครัว โรงเรียน และชุมชนในระดับที่เหมาะสม ทั้งนี้ผลการวิจัยดังกล่าวสอดคล้องกับแนวคิดที่ว่าสุขภาวะทางสังคมของวัยรุ่นเป็นผลมาจากการปฏิสัมพันธ์ของปัจจัยหลายด้าน โดยเฉพาะการสนับสนุนทางสังคมและสภาพแวดล้อมทางการศึกษา (Ruangying, 2021) เมื่อพิจารณารายด้าน พบว่า ด้านการรับรู้คุณค่าในตนเองและการเคารพผู้อื่นมีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด แสดงให้เห็นว่านักเรียนส่วนใหญ่มีความตระหนักในคุณค่าของตนเองและสามารถเข้าใจบทบาทของตนเองในบริบททางสังคมได้ดี รวมถึงมีความรู้สึกเป็นส่วนหนึ่งของสังคมอย่างมีความหมาย ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่ระบุว่าความผูกพันกับสังคมและโรงเรียน (school connectedness) เป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งเสริมความพึงพอใจในชีวิตและสุขภาวะของนักเรียน (Kennedy & Walls, 2024)

การที่นักเรียนมีระดับการยอมรับผู้อื่นและการมีส่วนร่วมในสังคมอยู่ในระดับมาก สะท้อนถึงการพัฒนาทักษะทางสังคมที่เหมาะสม อันเป็นผลมาจากการได้รับการปลูกฝังทางวัฒนธรรมและค่านิยมจากครอบครัวและชุมชน ซึ่งอาจเป็นผลมาจากการจัดกิจกรรมในโรงเรียนและการมีปฏิสัมพันธ์กับเพื่อนในชีวิตประจำวัน สิ่งเหล่านี้ล้วนเป็นกลไกสำคัญในการเสริมสร้างความสามารถในการอยู่ร่วมกับผู้อื่นในสังคมอย่างมีคุณภาพ ผลการวิจัยด้านทักษะการคิดและการสื่อสารเชิงสร้างสรรค์ในบริบททางสังคมมีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับด้านอื่น แต่ยังคงอยู่ในระดับสูง แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีพื้นฐานด้านการคิดและการสื่อสารในบริบททางสังคมอยู่ในเกณฑ์ที่ดี เมื่อเปรียบเทียบกับองค์ประกอบด้านอื่น พบว่าเป็นประเด็นที่ควรได้รับการส่งเสริมเพิ่มเติม โดยเฉพาะการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้นักเรียนฝึกคิดวิเคราะห์ แสดงความคิดเห็นอย่างสร้างสรรค์ รับฟังความคิดเห็นที่แตกต่าง และสื่อสารอย่างเหมาะสมในสถานการณ์ทางสังคมที่หลากหลายทั้งนี้ยังอาจแสดงถึงความไม่มั่นคงทางการสื่อสารและความเชื่อมั่นในการคิดของตน โดยเฉพาะในบริบทสังคมที่มีความเหลื่อมล้ำทางการศึกษาและเศรษฐกิจที่ยังคงปรากฏอยู่ในบางพื้นที่ (Durongkaveroj, 2022; Juliette, n.d.) ดังนั้นจึงควรให้ความสำคัญกับการพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์และการสื่อสารอย่างสร้างสรรค์ในกระบวนการจัดการเรียนรู้เพื่อยกระดับสุขภาวะทางสังคมของนักเรียนให้ครอบคลุมในทุกด้าน

การเปรียบเทียบตามปัจจัยส่วนบุคคล พบว่า เพศมีผลต่อสุขภาวะทางสังคม โดยนักเรียนเพศหญิงมีระดับสุขภาวะทางสังคมสูงกว่าเพศชายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งสามารถอธิบายได้จากลักษณะทางสังคมและพฤติกรรมของเพศหญิงที่มักให้ความสำคัญกับความสัมพันธ์ การสื่อสาร และการแสดงออกทางอารมณ์มากกว่าเพศชาย ส่งผลให้สามารถสร้างและรักษาความสัมพันธ์ทางสังคมได้ดีกว่า ในขณะที่เพศชายมักมีรูปแบบการแสดงออกทางสังคมที่แตกต่างออกไป โดยเน้นความเป็นอิสระและการแข่งขันมากกว่าการพึ่งพาอาศัยกัน ซึ่งอาจส่งผลให้คะแนนสุขภาวะทางสังคมในบางด้านน้อยกว่าเพศหญิง ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดด้านพัฒนาการทางสังคมที่ระบุว่าเพศเป็นหนึ่งในปัจจัยทางสังคมประชากรที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมและการปรับตัวของบุคคล (Songsin, Boonchieng & Runnuch, 2025; Ruangying, 2021) และผลการวิจัยยังพบว่านักเรียนที่มี

ระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่างกันมีสุขภาวะทางสังคมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยนักเรียนที่มีระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงมีค่าเฉลี่ยสุขภาวะทางสังคมสูงกว่ากลุ่มปานกลางและกลุ่มต่ำ ผลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า กลุ่มนักเรียนที่มีผลการเรียนแตกต่างกันอาจมีประสบการณ์ทางการเรียน ความมั่นใจในตนเอง แรงจูงใจ และโอกาสในการมีส่วนร่วมกับกิจกรรมทางสังคมของโรงเรียนแตกต่างกัน ซึ่งอาจส่งผลต่อระดับสุขภาวะทางสังคมที่ปรากฏแตกต่าง ซึ่งอาจเนื่องมาจากนักเรียนกลุ่มนี้มีความมั่นใจในตนเอง มีแรงจูงใจในการเรียน และสามารถสร้างความสัมพันธ์กับผู้อื่นได้ดี กล่าวคือ ความสำเร็จทางวิชาการอาจเสริมสร้างความรู้สึกมีคุณค่าในตนเองและความพร้อมในการมีส่วนร่วมทางสังคม ซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญของสุขภาวะทางสังคม สอดคล้องกับงานวิจัยของ Jansem et al. (2025) ที่พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับการปรับตัวทางสังคมและความพึงพอใจในชีวิต ในบางกรณี ความกดดันทางการเรียนอาจส่งผลในทางลบต่อสุขภาวะของนักเรียน หากไม่มีระบบสนับสนุนที่เหมาะสม การส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจึงควรดำเนินควบคู่ไปกับการดูแลสุขภาวะทางจิตใจและสังคมของนักเรียนอย่างสมดุลเพื่อป้องกันผลกระทบเชิงลบจากความเครียดทางวิชาการ

ดังนั้นโรงเรียนจึงมีบทบาทสำคัญในฐานะพื้นที่ทางสังคมที่เอื้อต่อการพัฒนาสุขภาวะทางสังคมของนักเรียน โดยเฉพาะการสร้างบรรยากาศการเรียนรู้ที่ปลอดภัย ครอบคลุมและส่งเสริมความเท่าเทียม ซึ่งจะช่วยลดความเหลื่อมล้ำทางสังคมที่อาจส่งผลต่อสุขภาวะของนักเรียนในระยะยาว ซึ่งจำเป็นต้องอาศัยความร่วมมือจากหลายภาคส่วนทั้งครอบครัว โรงเรียนและชุมชน รวมถึงการจัดการเรียนรู้ที่มุ่งส่งเสริมทักษะชีวิตและการอยู่ร่วมกับผู้อื่นอย่างเหมาะสม พร้อมทั้งการพัฒนานโยบายและแนวปฏิบัติที่ตอบสนองต่อความหลากหลายของผู้เรียนทั้งในด้านเพศ ระดับชั้นและบริบทของชุมชน อันจะนำไปสู่การเสริมสร้างสุขภาวะทางสังคมของนักเรียนให้สอดคล้องกับบริบทของพื้นที่และความต้องการของผู้เรียนได้อย่างแท้จริง

องค์ความรู้ใหม่จากการวิจัย

ผลการวิจัยครั้งนี้เกิดองค์ความรู้ใหม่เกี่ยวกับสุขภาวะทางสังคมของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นในบริบทพื้นที่จังหวัดนครนายก ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีลักษณะผสมผสานระหว่างเมือง กึ่งเมืองและชนบท ผลการวิจัยพบว่าสุขภาวะทางสังคมของนักเรียน ปัจจัยส่วนบุคคลกับบริบททางการศึกษา ครอบครัว โรงเรียน ชุมชน และการใช้เทคโนโลยีในชีวิตประจำวันของผู้เรียนร่วมกัน องค์ความรู้สำคัญที่ได้จากการวิจัย คือ ข้อค้นพบว่าการรับรู้คุณค่าในตนเอง การเคารพผู้อื่น และการใช้เทคโนโลยีเพื่อการสื่อสารและการอยู่ร่วมกันอย่างเหมาะสม เป็นองค์ประกอบที่สำคัญของสุขภาวะทางสังคมในกลุ่มนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ขณะที่ทักษะการคิดและการสื่อสารเชิงสร้างสรรค์ในบริบททางสังคมควรได้รับการพัฒนาเพิ่มเติม สถานศึกษาควรบูรณาการการพัฒนาทักษะทางสังคม การสื่อสาร การเคารพความหลากหลาย และความรับผิดชอบต่อการใช้เทคโนโลยีควบคู่กัน

บทสรุป

การศึกษาสุขภาวะทางสังคมของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นในจังหวัดนครนายก พบว่า โดยภาพรวมนักเรียนมีสุขภาวะทางสังคมอยู่ในระดับสูงแสดงให้เห็นว่านักเรียนส่วนใหญ่สามารถปรับตัวและสร้างความสัมพันธ์ทางสังคมได้อย่างเหมาะสม เมื่อพิจารณาปัจจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่า เพศและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีผลต่อระดับสุขภาวะทางสังคมอย่างมีนัยสำคัญ โดยนักเรียนเพศหญิงและนักเรียนที่มีผลการเรียนดีมีแนวโน้มมีสุขภาวะทางสังคมที่ดีกว่า สุขภาวะทางสังคมของนักเรียนไม่ได้ขึ้นอยู่กับปัจจัยส่วนบุคคลเพียงอย่างเดียว แต่เกี่ยวข้องกับบริบททางสังคมและสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะบทบาทของครอบครัวและโรงเรียนในการส่งเสริมการพัฒนาทักษะทางสังคม

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

สถานศึกษาควรนำผลการวิจัยไปใช้เป็นแนวทางในการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้และกิจกรรมเสริมหลักสูตรที่ส่งเสริมทักษะทางสังคมและการอยู่ร่วมกันของนักเรียน ผู้ปกครองและโรงเรียนควรร่วมกันสร้างระบบสนับสนุนทางสังคมให้กับนักเรียน โดยเฉพาะการเสริมสร้างความสัมพันธ์ที่ดีและการดูแลด้านอารมณ์เพื่อยกระดับสุขภาวะทางสังคมอย่างยั่งยืน

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

ควรมีการศึกษาเปรียบเทียบสุขภาวะทางสังคมของนักเรียนในจังหวัดอื่นที่มีบริบทเมือง กึ่งเมืองและชนบท ในด้านการสนับสนุนจากครอบครัว ความผูกพันกับโรงเรียน สุขภาพจิต ความรอบรู้ด้านสุขภาพ การใช้เทคโนโลยีดิจิทัลและปัจจัยที่ส่งผลต่อสุขภาวะทางสังคมของนักเรียน

ข้อจำกัดของงานวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นงานวิจัยภาคตัดขวาง เก็บข้อมูลด้วยแบบสอบถามตนเอง ศึกษาเฉพาะจังหวัดนครนายก และยังไม่ได้วิเคราะห์ตัวแปรครอบครัว โรงเรียนหรือชุมชนเชิงลึก

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณคณะผู้เชี่ยวชาญทุกท่านที่กรุณาตรวจสอบเครื่องมือวิจัยและให้ข้อเสนอแนะอันเป็นประโยชน์ ขอขอบคุณผู้บริหารสถานศึกษา คณะครู และนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นในจังหวัดนครนายกทุกท่านที่ให้ความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลเป็นอย่างดี

เอกสารอ้างอิง

สำนักนโยบายและแผนการศึกษาขั้นพื้นฐาน. (2565). สถิติข้อมูลทางการศึกษา ปีการศึกษา 2565. สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. https://www.bopp.go.th/

Blum, R. W., Lai, J., Martinez, M., & Jessee, C. (2022). Adolescent connectedness: Cornerstone for health and wellbeing. BMJ. 379: e069213. https://doi.org/10.1136/bmj-2021-069213

Budler, L. C., Stiglic, G., Barr, O., & Pajnkihar, M. (2025). Adolescents' mental well-being and social support: Mixed-methods study. International Journal of Mental Health Nursing. 34(6): e70195. https://doi.org/10.1111/inm.70195

Durongkaveroj, W. (2022). Recent developments in basic education in Thailand: Issues and challenges (ADBI Working Paper No. 1322). Asian Development Bank Institute. https://www.adb.org/publications/recent-developments-in-basic-education-in-thailand-issues-and-challenges

Jansem, A., Intarakamhang, U., Suwanwong, C., Chuenphitthayavut, K., Tuntivivat, S., Le, K., Lien, L. T. M., & Prasittichok, P. (2025). Multi-group causal model of mental health literacy and helping behavior toward people at risk of depression among Thai and Vietnamese health science students. Journal of Preventive Medicine and Public Health. 58(3): 241-249.

Juliette. (n.d.). Education challenges in Thailand. Challenges Abroad. https://www.challengesabroad.com.au/blog/education-challenges-in-thailand/

Jongkam, C., Chirasatienpon, T., & Napatpittayatorn, P. (2025). An intervention to promote health literacy in Bangkok schools: Preventing the risks of legalized cannabis on vulnerable youth. International Journal of Innovative Research and Scientific Studies. 8(1): 1890-1901. https://doi.org/10.53894/ijirss.v8i1.4825

Kennedy, K., & Walls, J. (2024). Social-emotional well-being for high school students: Guidance for school and system policy and practice. RAND Corporation.

Khampang, R., Kloyiam, S., & Butchon, R. (2022). Relationship between socioeconomic, demographic, health and social characteristics and ability to access reliable information on herbal and food supplements: Analysis of Thai Health Literacy Survey 2019. BMC Public Health. 22(1): 1054. https://doi.org/10.1186/s12889-022-13454-9

Lwin, E. Z., Watthanakulpanich, D., Phetrak, A., Soonthornworasiri, N., & Prangthip, P. (2025). Factors influencing secondary school students' nutrition, mindfulness, and academic performance in Nan Province, Thailand. PLOS ONE. 20(1): e0308882. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0308882

Pongutta, S., & Vithayarungruangsri, J. (2023). Subjective well-being of Thai pre-teen children: Individual, family, and school determinants. Heliyon. 9(5): e15927. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e15927

Ruangying, J. (2021). Antecedents and consequences of social adjustment of undergraduate students in Thailand: A meta-analysis study. Asia Social Issues. 15(1): 250576. https://doi.org/10.48048/asi.2022.250576

Rungsang, B., & Juntorn, S. (2024). Level and predictors of mental health literacy among secondary school students in Nakhon Pathom Province, Thailand. Journal of Public Health and Development. 22: 51-60. https://doi.org/10.55131/jphd/2024/220305

Songsin, N., Boonchieng, W., & Runnuch, R. (2025). The relationship between health literacy and preventive behaviors towards COVID-19 among rural Thai youth: A cross-sectional study. Journal of Nursing and Midwifery Sciences. 12(4): e163823. https://doi.org/10.5812/jnms-163823

Thanachoksawang, C., Arphorn, S., Jarupat Maruo, S., Punneng, S., Ishimaru, T., & Bangkadanara, G. (2024). Psychological distress among high school students in Bangkok, Thailand. Health Psychology Research. 12: 120045. https://doi.org/10.52965/001c.120045

Ueangchokchai, C., Limsangouan, N., & Merakate, J. (2024). The results of the intergenerational relationship program and creation of new meaning in the Thai community context: A case study of Ban Na, Nakhon Nayok Province. Higher Education Studies. 14(1): 76. https://doi.org/10.5539/hes.v14n1p76

Yuen, M., & Wu, L. (2024). Relationship between school connectedness and psychological well-being in adolescents: A meta-analysis. Current Psychology. 43: 10590-10605. https://doi.org/10.1007/s12144-023-05164-1

คุณสมบัติของเทคโนโลยีดิจิทัลที่มีความสัมพันธ์ต่อประสบการณ์และความพึงพอใจของลูกค้าในธุรกิจสปาและเวลเนส

The Influence of Digital Technology Attributes on Customer Experience and Satisfaction in the Spa and Wellness Business

ณฐิตา อินทร์ยะ[1] ชุติมา จักรจรัส[1] พิมพรวี ทหารแกล้ว[1]
วรรณพรรธน์ ริมผดี[1] ณัฐปรียา โพธิ์พันธุ์[1] และพรรษพล คำไล้[1*]
Nathita Inya[1], Chutima Jakjarus[1], Pimrawee Tahanklaew
Wannapat Rimphati[1], Natpreeya Phopun[1] and Patsaphon Khamlai[1*]

[1]โรงเรียนการท่องเที่ยวและการบริการ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต กรุงเทพมหานคร

[1]School of Tourism and Hospitality, Suan Dusit University

[*]Corresponding Author E-mail Address : patsaphon_kha@dusit.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาความสัมพันธ์ของคุณสมบัติเทคโนโลยีดิจิทัลต่อประสบการณ์ลูกค้า 2) ศึกษาความสัมพันธ์ของประสบการณ์ลูกค้าที่มีต่อความพึงพอใจของลูกค้าตามแบบจำลองคุณภาพการบริการ (SERVQUAL) และ 3) ศึกษาความสัมพันธ์ทางตรงของคุณสมบัติเทคโนโลยีดิจิทัลต่อความพึงพอใจตามแบบจำลองคุณภาพการบริการ (SERVQUAL) และบทบาทการส่งผ่านของประสบการณ์ลูกค้า การวิจัยนี้ใช้ระเบียบวิธีวิจัยเชิงปริมาณ (Quantitative Research) เก็บรวบรวมข้อมูลด้วยแบบสอบถามจากกลุ่มตัวอย่างที่ลูกค้าที่เคยใช้บริการสปาและเวลเนสในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล จำนวน 623 คน วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนา การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (CFA) และการวิเคราะห์สมการโครงสร้าง (SEM)

ผลการวิจัยพบว่า 1) คุณสมบัติเทคโนโลยีดิจิทัลทั้ง 6 ด้าน (ความง่ายในการใช้งาน, การปรับแต่งเฉพาะบุคคล, การเชื่อมต่อตลอดเส้นทาง, ความปลอดภัยของข้อมูล, ความรวดเร็วในการตอบสนอง, การบูรณาการกับบริการหลัก) มีความสัมพันธ์เชิงบวกต่อประสบการณ์ลูกค้าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (β = 0.628, $p < 0.001$) โดยด้านการปรับแต่งเฉพาะบุคคลมีความสัมพันธ์สูงสุด 2) ประสบการณ์ลูกค้า (ก่อนใช้บริการ, ระหว่างใช้บริการ, หลังใช้บริการ) มีความสัมพันธ์เชิงบวกต่อความพึงพอใจของลูกค้าตามแบบจำลองคุณภาพการบริการ (SERVQUAL) (β = 0.573, $p < 0.001$) โดยประสบการณ์ระหว่างใช้บริการมีความสัมพันธ์สูงสุด 3) คุณสมบัติเทคโนโลยีดิจิทัลยังมีความสัมพันธ์ทางตรงต่อความพึงพอใจของลูกค้า (β = 0.318, $p < 0.001$) และ 4) ประสบการณ์ลูกค้าทำหน้าที่เป็นตัวแปรส่งผ่านบางส่วนระหว่างคุณสมบัติเทคโนโลยีดิจิทัลและความพึงพอใจของลูกค้า โดยมีความสัมพันธ์ทางอ้อมคิดเป็นร้อยละ 53.10 การศึกษานี้พบว่าเทคโนโลยีดิจิทัลมิได้ทำหน้าที่เป็นโครงสร้างพื้นฐานในการให้บริการเท่านั้น แต่เป็นองค์ประกอบเชิงกลยุทธ์ที่ช่วยยกระดับประสบการณ์และความพึงพอใจของลูกค้าในธุรกิจสปาและเวลเนสได้อย่างมีนัยสำคัญ โดยเทคโนโลยีดิจิทัลที่สามารถปรับแต่งบริการให้สอดคล้องกับลูกค้าแต่ละรายบุคคล และระบบที่เชื่อมโยงประสบการณ์ก่อน ระหว่าง และหลังใช้บริการอย่างไร้รอยต่อ เพื่อเป็นแนวทางสำหรับผู้ประกอบการต่อไป

คำสำคัญ: เทคโนโลยีดิจิทัล ประสบการณ์ลูกค้า ความพึงพอใจของลูกค้า ธุรกิจสปาและเวลเนส

Abstract

This study aimed to examine: 1) the influence of digital technology attributes on customer experience; 2) the influence of customer experience on customer satisfaction as conceptualized within the Service Quality Model (SERVQUAL); and 3) the direct influence of digital technology attributes on customer satisfaction within the SERVQUAL framework, as well as the mediating role of customer experience in this relationship. A quantitative research methodology was employed, with data collected through a structured questionnaire administered to a sample of 623 customers who had previously utilized spa and wellness services in Bangkok and its surrounding metropolitan areas. The collected data were subsequently analyzed using descriptive statistics, Confirmatory Factor Analysis (CFA), and Structural Equation Modeling (SEM).

The findings revealed that 1) all six dimensions of digital technology attribute (usability, personalization, connectivity, security, responsiveness, integration) had a statistically significant positive influence on customer experience (β = 0.628, $p < 0.001$), with personalization exerting the strongest effect, 2) customer experience across the three stages (pre-service, during-service, and post-service) had a statistically significant positive effect on customer satisfaction based on the SERVQUAL model (β = 0.573, $p < 0.001$), with the during-service experience having the greatest influence, 3) digital technology attributes also had a direct positive effect on customer satisfaction (β = 0.318, $p < 0.001$) and 4) customer experience served as a partial mediator between digital technology attributes and customer satisfaction, with the indirect effect accounting for 53.10 percent. The study suggests that digital technology functions not merely as a service infrastructure, but also as a strategic component that significantly enhances customer experience and satisfaction in the spa and wellness industry. Digital technologies that enable service personalization for individual customers, as well as systems that seamlessly connect the pre-service, during-service, and post-service experiences, may serve as practical guidelines for entrepreneurs in the industry.

Keywords: Digital Technology, Customer Experience, Satisfaction, Spa and Wellness Business

บทนำ

ในปัจจุบันสถานการณ์โลกเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างสิ้นเชิง (Radical Change) โดยเฉพาะความก้าวหน้าของเทคโนโลยีดิจิทัลที่เป็นปัจจัยสำคัญในการขับเคลื่อนสังคมและเศรษฐกิจทั่วโลก ประเทศไทยได้ตระหนักถึงความสำคัญของการเปลี่ยนผ่านสู่เศรษฐกิจดิจิทัลมาอย่างต่อเนื่อง โดยแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 13 (พ.ศ. 2566–2570) ของสำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ (2565) ได้กำหนดให้การพัฒนาเศรษฐกิจดิจิทัลและการยกระดับขีดความสามารถในการแข่งขันของภาคธุรกิจบริการเป็นหมุดหมายสำคัญของการพัฒนาประเทศ โดยมุ่งเน้นการนำนวัตกรรมและ

เทคโนโลยีมาเพิ่มมูลค่าให้กับภาคการบริการซึ่งเป็นกลไกขับเคลื่อนเศรษฐกิจที่สำคัญของไทย และสอดคล้องกับนโยบายและแผนระดับชาติว่าด้วยการพัฒนาดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม พ.ศ. 2561-2570 ของกระทรวงดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม (2562) กำหนดให้เทคโนโลยีสารสนเทศเป็นโอกาสในการพัฒนาประเทศ กำหนดเป้าหมายเพิ่มขีดความสามารถในแข่งขันก้าวทันเวทีโลกของภาคอุตสาหกรรมและการบริการด้วยการใช้นวัตกรรมและเทคโนโลยีดิจิทัลเป็นเครื่องมือหลักในการสร้างสรรค์นวัตกรรมการผลิตและการบริการ

การท่องเที่ยวเชิงสุขภาพ (Wellness Tourism) ถือเป็นธุรกิจที่มีศักยภาพและยังมีแนวโน้มขยายตัวอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะช่วงหลักการสิ้นสุดลงของสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคโควิด-19 เป็นการท่องเที่ยวที่ได้รับความนิยมจากนักท่องเที่ยวทั่วโลกเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ปัจจุบันประเทศไทยให้ความสำคัญโดยกำหนดแนวทางการพัฒนาไว้ในแผนแม่บทภายใต้ยุทธศาสตร์ชาติ ประเด็นภาคการท่องเที่ยว ในแผนย่อยที่ 3 การท่องเที่ยวเชิงสุขภาพ ความงาม และแพทย์แผนไทย เพื่อส่งเสริมให้เป็นศูนย์กลางการท่องเที่ยวเชิงสุขภาพ ผ่านการใช้เทคโนโลยี นวัตกรรม งานวิจัย และองค์ความรู้มาใช้บำบัดรักษาตามมาตรฐานสากล ส่งผลให้ในปี พ.ศ. 2564 ไทยได้รับการจัดอันดับเป็นประเทศที่มีความมั่นคงทางสุขภาพ เป็นอันดับที่ 5 ของโลกจากทั้งหมด 195 ประเทศ และเป็นอันดับที่ 1 ของเอเชีย โดยมหาวิทยาลัยจอนส์ ฮอปกินส์ ประเทศสหรัฐอเมริกา ช่วยเสริมจุดเด่นและสร้างการรับรู้ให้ไทยเป็นจุดหมายปลายทางด้านสุขรูปที่นักท่องเที่ยวจากทั่วโลกให้ความไว้วางใจ (สำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2567) ธุรกิจสปาและเวลเนสเป็นภาคส่วนที่มีความสำคัญเชิงเศรษฐกิจสูงทั้งในระดับโลกและระดับประเทศ Global Wellness Institute (2023) รายงานว่ามูลค่าของอุตสาหกรรมเวลเนสโลกในปี พ.ศ. 2565 สูงถึง 5.6 ล้านล้านดอลลาร์สหรัฐ และคาดการณ์ว่าจะเติบโตเป็น 8.5 ล้านล้านดอลลาร์สหรัฐภายในปี พ.ศ. 2570 สำหรับประเทศไทย กรมสนับสนุนบริการสุขภาพ (2566) รายงานว่ามีสถานประกอบการสปาที่ได้รับการรับรองมาตรฐานมากกว่า 2,000 แห่ง และสร้างรายได้ให้ประเทศปีละหลายหมื่นล้านบาท โดยการท่องเที่ยวเชิงสุขภาพได้รับการกำหนดให้เป็นกลยุทธ์หลักในการยกระดับมูลค่าการท่องเที่ยวไทยสู่ความยั่งยืน (การท่องเที่ยวแห่งประเทศไทย, 2565)

อย่างไรก็ตาม ธุรกิจสปาและเวลเนสกำลังเผชิญกับความท้าทายสำคัญจากการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของผู้บริโภคยุคดิจิทัลที่ต้องการความสะดวกสบาย ความรวดเร็ว และประสบการณ์ที่เป็นส่วนตัวมากขึ้น ธุรกิจจึงมีความจำเป็นต้องปรับตัวตามโมเดลเศรษฐกิจ "ประเทศไทย 4.0" และนโยบายการพัฒนาดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม ที่มุ่งเน้นการนำนวัตกรรมและเทคโนโลยีดิจิทัลมาสร้างมูลค่าเพิ่มและยกระดับประสิทธิภาพการบริการ เทคโนโลยีดิจิทัลในยุคปัจจุบันมีคุณสมบัติที่หลากหลายและซับซ้อน ซึ่งเทคโนโลยีเหล่านี้ไม่ได้ทำหน้าที่เพียงแค่เครื่องมือสนับสนุน แต่เป็นตัวเร่งการเปลี่ยนแปลงในการยกระดับประสบการณ์ลูกค้า (Customer Experience) (พรธีรา เชี่ยวเชิงงาน, 2562) คุณสมบัติของเทคโนโลยีด้านการรับรู้ประโยชน์ (Perceived Usefulness) และความง่ายในการใช้งาน (Perceived Ease of Use) เป็นปัจจัยสำคัญที่กำหนดทัศนคติและการยอมรับของผู้ใช้งาน ในธุรกิจสปา เทคโนโลยีถูกนำมาประยุกต์ใช้ในรูปแบบที่หลากหลาย เช่น ระบบจองออนไลน์ผ่านแอปพลิเคชัน การใช้โซเชียลมีเดียเพื่อสื่อสารปากต่อปากทางอิเล็กทรอนิกส์ (e-WOM) และการจัดทำฐานข้อมูลลูกค้าเพื่อสร้างความสัมพันธ์ที่ยั่งยืน โดยการยอมรับการใช้เทคโนโลยีขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ โดยปัจจัยที่สำคัญคือการรับรู้ประโยชน์ในการใช้งาน ซึ่งผู้ใช้งานสามารถรับรู้ได้ว่าเทคโนโลยีช่วยเพิ่มประสิทธิภาพได้จริง (พรรณาภรณ์ พึ่งจิตต์ประไพ และสุธีรา ศรีเบญจโชติ, 2566; นภาวรรณ เนตรประดิษฐ์ และพิชาภพ พันธุ์แพ, 2567) ประสบการณ์ลูกค้า ในธุรกิจสปามีความสำคัญอย่างยิ่งเนื่องจากเป็นธุรกิจที่ "ขายประสบการณ์" ผ่านความผ่อนคลายของร่างกายและจิตใจในทุกกระบวนการบริการ หากคุณสมบัติของเทคโนโลยีดิจิทัลสามารถตอบโจทย์ความต้องการของผู้รับบริการได้ เช่น การมีช่องทางการจัดจำหน่ายที่เข้าถึงง่ายและรวดเร็ว จะส่งผลโดยตรงต่อการรับรู้และประสบการณ์ที่ดีของลูกค้า (ภักดี กลั่นภักดี, อัศวิน แสงพิกุล และศิริเดช คำสุพรหม, 2563; พรรณาภรณ์ พึ่งจิตต์ประไพ และสุธีรา ศรีเบญจโชติ, 2566) ซึ่งประสบการณ์เหล่านี้จะนำไปสู่ ความพึงพอใจ ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้สำคัญของคุณภาพการบริการ

ตามแบบจำลอง SERVQUAL ที่ประกอบด้วย 5 มิติ ได้แก่ ความน่าเชื่อถือ (Reliability), ความมั่นใจ (Assurance), ความเป็นรูปธรรม (Tangibles), ความเข้าอกเข้าใจ (Empathy) และความรับผิดชอบ (Responsiveness) (ภักดี กลั่นภักดี, อัศวิน แสงพิกุล และศิริเดช คำสุพรหม, 2563)

จากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องอย่างเป็นระบบพบว่า แม้จะมีงานวิจัยที่ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างเทคโนโลยีดิจิทัลกับพฤติกรรมผู้บริโภคในธุรกิจบริการอยู่บ้างแล้ว แม้จะมีการตระหนักถึงความสำคัญของเทคโนโลยี แต่ผู้ประกอบการสปาจำนวนมากยังขาดความเข้าใจในเชิงลึกว่าคุณสมบัติใดของเทคโนโลยีดิจิทัลที่ส่งผลต่อประสบการณ์และความพึงพอใจของลูกค้าอย่างแท้จริง การศึกษาถึงคุณสมบัติของเทคโนโลยีดิจิทัลที่มีความสัมพันธ์ต่อประสบการณ์และความพึงพอใจของลูกค้าในธุรกิจสปาและเวลเนส จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง เพื่อให้ธุรกิจสปาสามารถออกแบบ "People Journey" หรือการเดินทางของลูกค้าในโลกดิจิทัลได้อย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อให้ได้ข้อเสนอเชิงกลยุทธ์ที่ธุรกิจสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการพัฒนาเทคโนโลยีให้สอดคล้องกับความต้องการของผู้ใช้งาน และสร้างความได้เปรียบทางการแข่งขันอย่างยั่งยืนในยุคดิจิทัล อันจะส่งผลดีต่อภาพรวมอุตสาหกรรมการท่องเที่ยวเชิงสุขภาพของประเทศไทยในระยะยาวต่อไป

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของคุณสมบัติเทคโนโลยีดิจิทัลที่มีต่อประสบการณ์ลูกค้าในธุรกิจสปาและเวลเนส
2. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของประสบการณ์ลูกค้าที่มีต่อความพึงพอใจตามแบบจำลองคุณภาพการบริการ (SERVQUAL) ในธุรกิจสปาและเวลเนส
3. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ทางตรงของคุณสมบัติเทคโนโลยีดิจิทัลต่อความพึงพอใจตามแบบจำลองคุณภาพการบริการ (SERVQUAL) และบทบาทการส่งผ่านของประสบการณ์ลูกค้า

สมมติฐานการวิจัย

สมมติฐานที่ 1 (H1): คุณสมบัติของเทคโนโลยีดิจิทัล ทั้ง 6 ด้าน มีความสัมพันธ์เชิงกบวกต่อประสบการณ์ลูกค้าในธุรกิจสปาและเวลเนส โดยแยกย่อยเป็น H1a ถึง H1f ตามลำดับ

สมมติฐานที่ 2 (H2): ประสบการณ์ของลูกค้าทั้ง 3 ระยะ ได้แก่ ก่อนใช้บริการ ระหว่างใช้บริการ และหลังใช้บริการ มีความสัมพันธ์เชิงบวกต่อความพึงพอใจของลูกค้าตามแบบจำลองคุณภาพการบริการ (SERVQUAL)

สมมติฐานที่ 3 (H3): คุณสมบัติของเทคโนโลยีดิจิทัลมีความสัมพันธ์ทางตรงเชิงบวกต่อความพึงพอใจของลูกค้าตามแบบจำลองคุณภาพการบริการ (SERVQUAL)

สมมติฐานที่ 4 (H4): ประสบการณ์ลูกค้าทำหน้าที่เป็นตัวแปรส่งผ่านในความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติเทคโนโลยีดิจิทัลและความพึงพอใจของลูกค้าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ทบทวนวรรณกรรม

1. แนวคิด ทฤษฎี ที่เกี่ยวข้อง

1.1 แนวคิดเกี่ยวกับคุณสมบัติของเทคโนโลยีดิจิทัล

คุณสมบัติของเทคโนโลยีดิจิทัล ในบริบทของธุรกิจบริการ Youngjin Yoo, Ola Henfridsson, และ Kalle Lyytinen (2010) อธิบายว่าเทคโนโลยีดิจิทัลมีคุณสมบัติเฉพาะตัวที่แตกต่างจากเทคโนโลยีแบบดั้งเดิม ทั้งในด้านความสามารถในการตั้งโปรแกรม (Programmability) และความสามารถในการเข้าถึงข้อมูลอย่างไม่มีขอบเขต (Homogenization of Data) ซึ่งทำให้เทคโนโลยีดิจิทัลสามารถสร้างประสบการณ์ที่ยืดหยุ่นและปรับแต่งได้มากกว่าที่เคยเป็นมา Davis (1989) เสนอว่า ในแบบจำลอง การยอมรับเทคโนโลยี หรือ Technology Acceptance Model: TAM ว่า “การรับรู้ประโยชน์” และ “การรับรู้ความง่ายในการใช้งาน” เป็นตัวกำหนดสำคัญของการยอมรับเทคโนโลยี แนวคิดนี้สัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับมิติความง่ายในการใช้งาน (Usability) ในงานวิจัยนี้ ขณะที่การปรับแต่งเฉพาะบุคคล (Personalization) สะท้อนความสามารถของระบบในการวิเคราะห์และใช้ข้อมูลบริการให้สอดคล้องกับลูกค้าแต่ละราย (Vesanen, 2007) ส่วนการเชื่อมต่อตลอดเส้นทาง (Connectivity) และการบูรณาการกับบริการหลัก (Integration) สะท้อนถึงความสามารถของระบบในการเชื่อมโยงข้อมูลและประสบการณ์ข้ามจุดสัมผัสอย่างไร้รอยต่อ (Westerman et al., 2014) สำหรับความปลอดภัยของข้อมูล (Security) นั้น Suh และ Han (2003) ชี้ว่าความปลอดภัยของข้อมูลเป็นเงื่อนไขพื้นฐานที่ส่งผลต่อความไว้วางใจในระบบดิจิทัล และ ความรวดเร็วในการตอบสนอง (Responsiveness) สะท้อนถึงความสามารถของระบบในการให้บริการได้อย่างรวดเร็ว ทันเวลา และมีประสิทธิภาพ ซึ่งถือเป็นองค์ประกอบสำคัญของคุณภาพการบริการในบริบทดิจิทัลร่วมสมัย

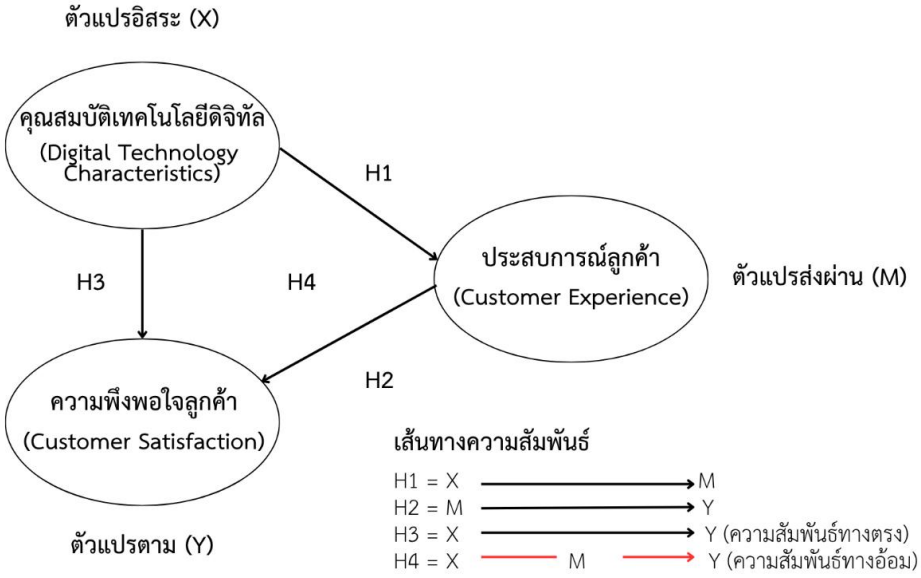
1.2 แนวคิดเกี่ยวกับประสบการณ์ลูกค้า

ประสบการณ์ลูกค้า (Customer Experience) มีรากฐานมาจากงานของ Pine และ Gilmore (1993) ที่เสนอว่าเศรษฐกิจในยุคใหม่เปลี่ยนจากการแข่งขันด้านสินค้าและบริการมาสู่การแข่งขันด้านประสบการณ์ โดยธุรกิจที่ประสบความสำเร็จต้องสามารถสร้าง "เหตุการณ์ที่น่าจดจำ" ให้กับลูกค้าได้ Verhoef และคณะ (2009) พัฒนากรอบแนวคิดที่เป็นระบบมากขึ้นโดยอธิบายว่าประสบการณ์ลูกค้าเป็นกระบวนการที่ครอบคลุมการรับรู้ทางปัญญา ทางอารมณ์ ทางพฤติกรรม ทางประสาทสัมผัส และทางสังคม ที่เกิดขึ้นตลอดการมีปฏิสัมพันธ์กับแบรนด์ Lemon และ Verhoef (2016) ขยายแนวคิดนี้ผ่านกรอบแนวคิด Customer Journey โดยแบ่งออกเป็น 3 ระยะ ซึ่งสอดคล้องโดยตรงกับกรอบแนวคิดการวิจัยนี้ ได้แก่ ระยะก่อนการใช้บริการ (Pre-purchase) ที่ครอบคลุมการรับรู้ การค้นหาข้อมูล และการตัดสินใจ ระยะระหว่างใช้บริการ (Purchase/During Service) ที่ครอบคลุมการรับบริการจริง และระยะหลังใช้บริการ (Post-purchase) ที่ครอบคลุมการประเมินผล การบอกต่อ และการกลับมาใช้บริการซ้ำ แนวคิดนี้เป็นที่ยอมรับอย่างกว้างขวางในวงวิชาการและภาคปฏิบัติ

1.3 แบบจำลองคุณภาพการบริการ (SERVQUAL) และความพึงพอใจของลูกค้า

Parasuraman, Zeithaml และ Berry (1988) พัฒนาแบบจำลอง SERVQUAL ขึ้นเพื่อวัดคุณภาพบริการผ่านช่องว่างระหว่างความคาดหวังและการรับรู้จริงของลูกค้าในห้าหมวดหมู่ ได้แก่ ความเป็นรูปธรรม (Tangibles) ความน่าเชื่อถือ (Reliability) การตอบสนอง (Responsiveness) การให้ความมั่นใจ (Assurance) และการใส่ใจลูกค้าเป็นรายบุคคล (Empathy) โดย Oliver (1999) อธิบายว่า ความพึงพอใจของลูกค้าเป็นผลลัพธ์จากกระบวนการเปรียบเทียบระหว่างการรับรู้ผลการบริการจริงกับความคาดหวังที่ลูกค้ากำหนดไว้ ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดคุณภาพการบริการ (SERVQUAL) ที่อธิบายความแตกต่างระหว่างความคาดหวังและการรับรู้ของลูกค้า เมื่อประสบการณ์ที่ได้รับสูงกว่าความคาดหวัง จะนำไปสู่ความพึงพอใจที่เพิ่มขึ้น และส่งผลต่อความภักดี รวมถึงการบอกต่อในระยะยาว

2. กรอบแนวคิดวิจัย



รูปที่ 1 กรอบแนวคิดวิจัย

วิธีการดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปริมาณ (Quantitative Research) โดยใช้แบบสอบถาม (Questionnaire Survey) เป็นเครื่องมือหลักในการเก็บรวบรวมข้อมูล รูปแบบการวิจัยนี้เหมาะสมกับการทดสอบสมมติฐานที่มีโครงสร้างความสัมพันธ์ซับซ้อนระหว่างตัวแปรหลายตัว โดยศึกษาความสัมพันธ์ของคุณสมบัติเทคโนโลยีดิจิทัล ประสบการณ์ลูกค้า และความพึงพอใจของลูกค้าในธุรกิจสปาและเวลเนส

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรกลุ่มเป้าหมายคือ ลูกค้าที่มีอายุ 18 ปีขึ้นไป ซึ่งเคยใช้บริการสปาหรือเวลเนสอย่างน้อยหนึ่งครั้งในรอบ 12 เดือนที่ผ่าน ระหว่างเดือน มิถุนายน พ.ศ. 2568 - ธันวาคม 2568 การคัดเลือกลุ่มตัวอย่างใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างอย่างง่าย (Simple Sampling) ในการเก็บข้อมูลลูกค้าที่มารับบริการสปาและเวลเนส

การกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างใช้หลักเกณฑ์ของ Hair และคณะ (2014) ใช้อัตราส่วน 10-20 เท่าของจำนวนตัวแปรสังเกตได้ทั้งหมดในแบบสมการโครงสร้าง (SEM) เมื่อพิจารณาจากแบบสอบถามที่มีตัวแปรสังเกตได้รวมทั้งสิ้น 59 ตัวแปร ขนาดตัวอย่างขั้นต่ำที่ควรรับได้อยู่ที่ 590 คน เป้าหมายในการเก็บข้อมูลที่ 650 ชุด พื้นที่ที่ใช้ในการเก็บข้อมูลคือในกรุงเทพมหานครและปริมณฑล

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบสอบถาม (Questionnaire) แบ่งออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ 1) ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม ลักษณะคำถามเป็นแบบตรวจสอบรายการ (Checklist) 2) แบบวัดระดับการรับรู้ความสัมพันธ์ของคุณสมบัติ

เทคโนโลยีดิจิทัล ประสบการณ์ลูกค้า และความพึงพอใจของลูกค้า วัดด้วยมาตราส่วนประมาณค่า (Likert Scale) และ 3) ข้อเสนอแนะของผู้ตอบแบบสอบถาม (คำถามปลายเปิด)

3. การตรวจคุณภาพเครื่องมือวิจัย

3.1 ความตรงเชิงเนื้อหา (Validity) โดยการนำแบบสอบถามให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ตรวจสอบความสอดคล้องเชิงเนื้อหา โดยใช้ดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item Objective Congruence: IOC) กำหนดเกณฑ์การให้คะแนนเป็น +1 เมื่อผู้เชี่ยวชาญเห็นว่าข้อคำถามสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ 0 เมื่อไม่แน่ใจ และ -1 โดยข้อคำถามที่มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป ถือว่ามีความตรงเชิงเนื้อหาที่ยอมรับได้ ซึ่งผลลัพธ์ค่าคะแนนเฉลี่ย คือ 0.905 สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด แสดงว่าแบบสอบถามทุกข้อมีความตรงเชิงเนื้อหาในระดับที่ดีและเหมาะสมสำหรับการนำไปใช้เก็บข้อมูลจริง

3.2 ความน่าเชื่อมั่น (Reliability) นำแบบสอบถามไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 คน มีลักษณะใกล้เคียงกับประชากรเป้าหมาย เพื่อตรวจสอบความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบสอบถามด้วยสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's Alpha Coefficient) ค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาที่ยอมรับได้ควรมีค่าตั้งแต่ 0.70 ขึ้นไป ผลลัพธ์ค่าเฉลี่ยคือ 0.933 แสดงให้เห็นว่าแบบสอบถามทั้งฉบับมีความเชื่อมั่นในระดับสูงและเหมาะสมสำหรับการนำไปใช้เก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างจริงในขั้นตอนต่อไป

4. การเก็บรวบรวมข้อมูล การวิจัยครั้งนี้เก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบสอบถามแบบออนไลน์ (Online Questionnaire) ผ่านแพลตฟอร์ม Google Forms และแบบสอบถามกระดาษ (Paper Questionnaire) ที่แจกให้กับผู้ใช้บริการสปาและเวลเนสโดยตรง โดยผู้วิจัยอธิบายวัตถุประสงค์การวิจัยและขอความยินยอมจากผู้ตอบแบบสอบถามก่อนการเก็บข้อมูลทุกครั้ง

5. การวิเคราะห์ข้อมูล การวิจัยครั้งนี้ใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติในการวิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้สถิติดังนี้ 1) การวิเคราะห์สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) เพื่ออธิบายลักษณะพื้นฐานของกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ การแจกแจงความถี่ (Frequency) ร้อยละ (Percentage) ค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ของตัวแปรทั้งหมดในแบบสอบถาม 2) การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (Confirmatory Factor Analysis: CFA) ซึ่งเป็นการตรวจสอบว่าโครงสร้างของตัวแปรแฝงและตัวแปรสังเกตได้ในแบบจำลองมีความสอดคล้องกับทฤษฎีและกรอบแนวคิดที่กำหนดไว้หรือไม่ และ 3) การวิเคราะห์สมการโครงสร้าง (Structural Equation Modeling: SEM)

ผลการวิจัย

จากการรวบรวมแบบสอบถามทั้งสิ้น จำนวน 650 ชุดตามเป้าหมายที่กำหนด พบว่ามีแบบสอบถามที่สมบูรณ์และสามารถนำมาวิเคราะห์ได้จำนวน 623 ชุด คิดเป็นอัตราการตอบกลับที่ใช้งานได้ร้อยละ 95.85 ซึ่งเกินกว่าขนาดกลุ่มตัวอย่างขั้นต่ำที่ 590 ชุด ตามหลักเกณฑ์ของ Hair และคณะ (2014) ผลการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

1. ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง

ผู้ตอบแบบสอบถามคือผู้ที่ใช้บริการธุรกิจสปาและเวลเนส พบว่าส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง จำนวน 398 คน คิดเป็นร้อยละ 63.88 ในด้านอายุอยู่ระหว่าง 36-45 ปี คิดเป็นร้อยละ 30.02 จบการศึกษาระดับปริญญาตรี จำนวน 312 คน คิดเป็นร้อยละ 50.08 มีรายได้เฉลี่ยต่อเดือนอยู่ระหว่าง 30,001 ถึง 50,000 บาทมีสัดส่วนสูงสุดจำนวน 224 คน คิดเป็นร้อยละ 35.96 ในด้านความถี่การใช้บริการ พบว่ากลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ใช้บริการ 1 ถึง 2 ครั้งต่อเดือนจำนวน 378 คน คิดเป็นร้อยละ 60.67

2. ผลการวิเคราะห์ระดับตัวแปรในการวิจัย ความสัมพันธ์ของคุณสมบัติเทคโนโลยีดิจิทัล ประสบการณ์ลูกค้า และความพึงพอใจของลูกค้า ดังนี้

2.1 ความสัมพันธ์ของคุณสมบัติเทคโนโลยีดิจิทัลของผู้ใช้บริการธุรกิจสปาและเวลเนส พบว่าภาพรวมทั้ง 6 ด้าน ค่าเฉลี่ยรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ = 3.89, S.D. = 0.61) เมื่อพิจารณารายด้าน พบว่า ความปลอดภัยของข้อมูล (Security) มีค่าเฉลี่ยสูงสุดอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ = 4.12, S.D. = 0.58) รองลงมาคือ ความง่ายในการใช้งาน (Usability) มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ = 4.05, S.D. = 0.62) และ ความรวดเร็วในการตอบสนอง (Responsiveness) มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ = 3.94, S.D. = 0.67) ตามลำดับ (ดังตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 แสดงระดับความสัมพันธ์ของคุณสมบัติเทคโนโลยีดิจิทัลของผู้ใช้บริการธุรกิจสปาและเวลเนส

คุณสมบัติเทคโนโลยีดิจิทัล	ระดับการรับรู้		
	$\bar{X}$	S.D.	ระดับ
1. ความง่ายในการใช้งาน (Usability)	4.05	0.62	มาก
2. การปรับแต่งเฉพาะบุคคล (Personalization)	3.67	0.74	มาก
3. การเชื่อมต่อตลอดเส้นทาง (Connectivity)	3.88	0.65	มาก
4. ความปลอดภัยของข้อมูล (Security)	4.12	0.58	มาก
5. ความรวดเร็วในการตอบสนอง (Responsiveness)	3.94	0.67	มาก
6. การบูรณาการกับบริการหลัก (Integration)	3.79	0.70	มาก
ค่าเฉลี่ย	3.89	0.61	มาก

2.2 ระดับการรับรู้ด้านประสบการณ์ของผู้ใช้บริการธุรกิจสปาและเวลเนส พบว่า ประสบการณ์ลูกค้าในภาพรวมมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ = 3.82, S.D. = 0.64) เมื่อพิจารณารายด้าน พบว่า ประสบการณ์ระหว่างใช้บริการ (During-Service) มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ = 3.96, S.D. = 0.59) รองลงมาคือ ประสบการณ์ก่อนใช้บริการ (Pre-Service) อยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ = 3.85, S.D. = 0.68) และ ประสบการณ์หลังใช้บริการ (Post - Service) อยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ = 3.66, S.D = 0.71) (ดังตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 แสดงระดับการรับรู้ด้านประสบการณ์ลูกค้าของผู้ใช้บริการธุรกิจสปาและเวลเนส

ประสบการณ์ลูกค้า	ระดับการรับรู้		
	$\bar{X}$	S.D.	ระดับ
1. ประสบการณ์ก่อนใช้บริการ (Pre-Service)	3.85	0.68	มาก
2. ประสบการณ์ระหว่างใช้บริการ (During-Service)	3.96	0.59	มาก
3. ประสบการณ์หลังใช้บริการ (Post-Service)	3.66	0.71	มาก
ค่าเฉลี่ย	3.82	0.64	มาก

2.3 ระดับความพึงพอใจของผู้ใช้บริการธุรกิจสปาและเวลเนสตามแบบจำลองคุณภาพการบริการ (SERVQUAL) ภาพรวมมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$ = 3.91, S.D. = 0.58) เมื่อพิจารณารายด้านพบว่า การประกันคุณภาพและสร้างความวางใจในการบริการ (Assurance) มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดอยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$ = 4.08, S.D. = 0.55) รองลงมาคือ ความน่าเชื่อถือของการบริการ (Reliability) อยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$ = 3.97, S.D. = 0.61) และ การตอบสนองความต้องการในการให้บริการ (Responsiveness) อยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$ = 3.92, S.D. = 0.60) ตามลำดับ (ดังตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 แสดงระดับการรับรู้ความพึงพอใจของลูกค้าผู้ใช้บริการธุรกิจสปาและเวลเนส

ความพึงพอใจของลูกค้า	ระดับการรับรู้		
	$\bar{x}$	S.D.	ระดับ
1. ความเป็นรูปธรรมของบริการ (Tangibles)	3.88	0.63	มาก
2. ความน่าเชื่อถือของการบริการ (Reliability)	3.97	0.61	มาก
3. การตอบสนองความต้องการในการให้บริการ (Responsiveness)	3.92	0.60	มาก
4. การประกันคุณภาพและสร้างความวางใจในการบริการ (Assurance)	4.08	0.55	มาก
5. การเอาใจใส่ในการบริการ (Empathy)	3.76	0.67	มาก
ค่าเฉลี่ย	3.91	0.58	มาก

3. ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน

ผลการวิเคราะห์ CFA แสดงให้เห็นว่าโมเดลการวัดมีความเหมาะสมกับข้อมูลในระดับดี โดยดัชนี χ^2/df = 2.34, CFI = 0.963, TLI = 0.958, RMSEA = 0.047 และ SRMR = 0.052 ซึ่งทุกดัชนีอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ตามที่ Hu และ Bentler (1999) กำหนด ค่าน้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐาน (Standardized Factor Loadings) ของตัวชี้วัดทั้งหมดมีค่าระหว่าง 0.71 ถึง 0.93 และมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p < 0.001$ ค่า AVE ของทุกมิติอยู่ระหว่าง 0.54 ถึง 0.71 และค่า CR อยู่ระหว่าง 0.82 ถึง 0.91 แสดงถึงความตรงเชิงเหมือน (Convergent Validity) ที่น่าพอใจ นอกจากนี้ รากที่สองของค่า AVE ของแต่ละมิติมีค่าสูงกว่าค่าสหสัมพันธ์ระหว่างมิติทุกคู่ ยืนยันความตรงเชิงแยกแยะ (Discriminant Validity) ตามเกณฑ์ของ Fornell และ Larcker (1981)

4. ผลการทดสอบสมมติฐาน พบว่า

4.1 ผลการทดสอบสมมติฐานที่ 1 (H1): ความสัมพันธ์ของคุณสมบัติเทคโนโลยีดิจิทัลต่อประสบการณ์ลูกค้า

ผลการวิเคราะห์ SEM แสดงให้เห็นว่าคุณสมบัติเทคโนโลยีดิจิทัลทั้ง 6 มิติมีความสัมพันธ์เชิงบวกต่อประสบการณ์ลูกค้าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (β = 0.628, $p < 0.001$) และสนับสนุนสมมติฐาน H1 ทุกข้อย่อย โดย การปรับแต่งเฉพาะบุคคล (Personalization) มีความสัมพันธ์สูงสุด (β = 0.312) ตามด้วย การบูรณการกับบริการหลัก (Integration) (β = 0.289), ความปลอดภัยของข้อมูล (Security) (β = 0.274), ความรวดเร็วในการตอบสนอง (Responsiveness) (β = 0.263), ความง่ายในการใช้งาน (Usability) (β = 0.241) และการเชื่อมต่อตลอดเส้นทาง (Connectivity) (β = 0.198) ตามลำดับ

4.2 ผลการทดสอบสมมติฐานที่ 2 (H2): ความสัมพันธ์ของประสบการณ์ลูกค้าต่อความพึงพอใจ

ประสบการณ์ลูกค้าทั้ง 3 ระยะมีความสัมพันธ์เชิงบวกต่อความพึงพอใจเนสตามแบบจำลองคุณภาพการบริการ (SERVQUAL) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (β = 0.573, $p < 0.001$) สนับสนุนสมมติฐาน H2 โดยประสบการณ์ระหว่างใช้บริการมีความสัมพันธ์สูงสุด (β = 0.387) ตามด้วยประสบการณ์ก่อนใช้บริการ (β = 0.298) และประสบการณ์หลังใช้บริการ (β = 0.241) ตามลำดับ

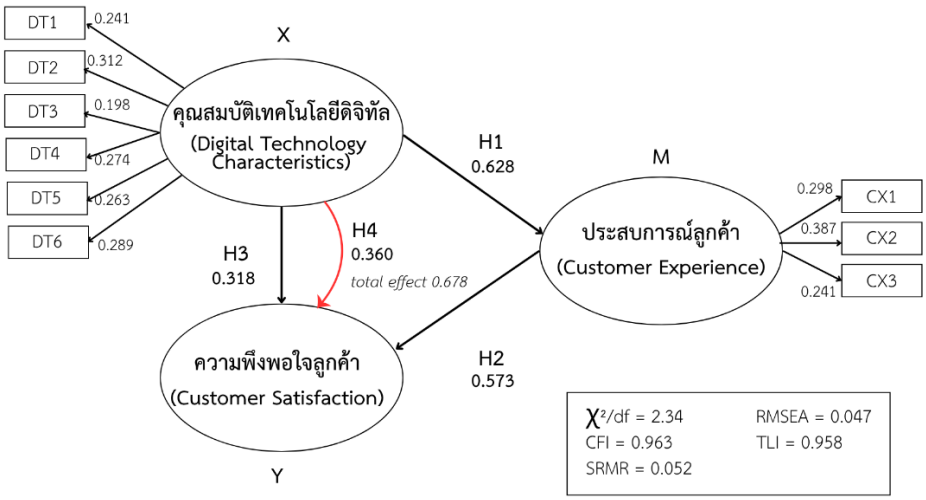
4.3 ผลการทดสอบสมมติฐานที่ 3 (H3): มีความสัมพันธ์ทางตรงของเทคโนโลยีดิจิทัลต่อความพึงพอใจ

คุณสมบัติเทคโนโลยีดิจิทัลมีความสัมพันธ์ทางตรงเชิงบวกต่อความพึงพอใจตามแบบจำลองคุณภาพการบริการ (SERVQUAL) (β = 0.318, $p < 0.001$) แม้เมื่อควบคุมผลของประสบการณ์ลูกค้าแล้ว สนับสนุนสมมติฐาน H3 สิ่งนี้บ่งชี้ว่าเทคโนโลยีดิจิทัลส่งผลต่อความพึงพอใจผ่านสองเส้นทาง คือทั้งเส้นทางทางตรงและเส้นทางผ่านประสบการณ์ลูกค้า

4.4 ผลการทดสอบสมมติฐานที่ 4 (H4): บทบาทการส่งผ่านของประสบการณ์ลูกค้า

ความสัมพันธ์ทางอ้อมของคุณสมบัติเทคโนโลยีดิจิทัลต่อความพึงพอใจผ่านประสบการณ์ลูกค้า (β = 0.360, $p < 0.001$) โดยช่วงความเชื่อมั่น 95% BC-CI อยู่ที่ [0.287, 0.436] ซึ่งไม่ครอบคลุมค่าศูนย์ ยืนยันได้อย่างชัดเจนว่าความสัมพันธ์ทางอ้อมนี้มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ดังนั้น H4 จึงได้รับการสนับสนุน

เมื่อพิจารณาร่วมกับผลการทดสอบความสัมพันธ์ทางตรง พบว่าประสบการณ์ลูกค้ามีบทบาทเป็น ตัวแปรส่งผ่านบางส่วน (Partial Mediation) กล่าวคือ เทคโนโลยีดิจิทัลส่งผลต่อความพึงพอใจของลูกค้าทั้งทางตรงและทางอ้อมผ่านประสบการณ์ลูกค้า โดยความสัมพันธ์ทางอ้อมมีสัดส่วนสูงกว่าเล็กน้อย คิดเป็นร้อยละ 53.10 ของความสัมพันธ์โดยรวมทั้งหมด ขณะที่ความสัมพันธ์ทางตรงคิดเป็นร้อยละ 46.90 สะท้อนให้เห็นว่า ช่องทางสำคัญที่สุดที่เทคโนโลยีดิจิทัลสร้างความพึงพอใจให้แก่ลูกค้า คือ การช่วยยกระดับประสบการณ์ของลูกค้าในกระบวนการรับบริการ



รูปที่ 2 แบบจำลองการวัดตัวแปรส่งผ่าน

4.5 สรุปผลการทดสอบสมมติฐาน (ดังตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 สรุปผลการทดสอบสมมติฐานทั้งหมด

สมมติฐาน	เส้นทาง	β	SE	t/BC-CI	p-value	ผลการทดสอบ
H1	คุณสมบัติเทคโนโลยีดิจิทัล → ประสบการณ์ลูกค้า	0.628	0.034	t=14.32	0.001	สนับสนุน
H2	ประสบการณ์ลูกค้า → ความพึงพอใจ	0.573	0.043	t=13.18	0.001	สนับสนุน
H3	คุณสมบัติเทคโนโลยีดิจิทัล → ความพึงพอใจ	0.318	0.043	t=7.42	0.001	สนับสนุน
H4	คุณสมบัติเทคโนโลยีดิจิทัล → ประสบการณ์ลูกค้า → ความพึงพอใจ	0.360	0.038	[0.287, 0.436]	0.001	สนับสนุน

อภิปรายผล

ความสัมพันธ์ของคุณสมบัติเทคโนโลยีดิจิทัลต่อประสบการณ์ลูกค้า (H1) ผลการวิจัยสนับสนุนสมมติฐาน โดยพบว่า คุณสมบัติเทคโนโลยีดิจิทัลมีความสัมพันธ์เชิงบวกต่อประสบการณ์ลูกค้า (β = 0.628, $p < 0.001$) และสนับยังสนุนสมมติฐาน H1 ทุกข้อย่อย โดยการปรับแต่งเฉพาะบุคคล (Personalization) มีความสัมพันธ์สูงสุดต่อประสบการณ์ของลูกค้า (β = 0.312) ธุรกิจสปาและเวลเนสปรับแต่งเว็บไซต์ให้มีลักษณะเฉพาะบุคคลสามารถตอบสนองความต้องการ เช่น จดจำประวัติการใช้งาน แนะนำบริการที่ตรงกับความต้อง ให้ข้อเสนอที่เหมาะสม มีผลต่อการสร้างประสบการณ์ได้สูงกว่ามิติอื่น ๆ สอดคล้องกับ Wedel และ Kamakura (2000) ที่พบว่าการปรับแต่งสารสนเทศและบริการให้ตรงกับความต้องการเฉพาะบุคคลสามารถเพิ่มการมีส่วนร่วมของลูกค้าได้มากกว่าการสื่อสารแบบหว่านแหถึงสามเท่า และยังสอดคล้องกับกมลชัย ศรีอรุณ (2567) พบว่า การประยุกต์ใช้ AI ในการทำ Personalization สามารถสร้างประสบการณ์ที่ตรงกับความต้องการของลูกค้า และส่งผลต่อการเพิ่มยอดขายอย่างมีนัยสำคัญ และสอดคล้องกับ เรืองสิน ศรีสุทัศน์ (2566) พบว่า ปัจจัยสำคัญที่มีความสัมพันธ์ต่อการเลือกใช้เครือข่ายอินเตอร์เน็ตของผู้บริโภค คือ การตอบสนองความต้องการเฉพาะบุคคล (Personalization) และด้านประสบการณ์ของลูกค้า (Experience)

ความสัมพันธ์ของประสบการณ์ลูกค้าต่อความพึงพอใจตามแบบจำลองคุณภาพการบริการ (SERVQUAL) (H2) ผลการวิจัยสนับสนุนสมมติฐาน โดยพบว่า ประสบการณ์ลูกค้ามีความสัมพันธ์เชิงบวกต่อความพึงพอใจ (β = 0.573, $p < 0.001$) โดยระหว่างใช้บริการลูกค้าได้สัมผัสกับการบริการที่มีความน่าเชื่อถือ (Reliability) ได้รับบริการที่ถูกต้องและครบถ้วนตามข้อมูลในระบบดิจิทัล และข้อสัญญาต่าง ๆ ที่ธุรกิจสปาและเวลเนสได้ให้ไว้ในระบบ นั้นเป็นการยืนยันหลักการพื้นฐานของ Service-Dominant Logic ที่ Vargo และ Lusch (2004) เสนอว่าคุณค่าของบริการไม่ได้ถูกสร้างโดยผู้ให้บริการฝ่ายเดียว แต่เกิดจากกระบวนการสร้างร่วม (Co-creation) ระหว่างผู้ให้บริการและลูกค้าผ่านการมีปฏิสัมพันธ์และสะสมประสบการณ์ร่วมกัน ในบริบทนี้ ระบบเทคโนโลยีดิจิทัลทำหน้าที่เป็นสื่อกลางที่อำนวยความสะดวกในกระบวนการสร้างคุณค่าร่วมดังกล่าว การที่ประสบการณ์ระหว่างใช้บริการมีความสัมพันธ์ต่อความพึงพอใจสูงที่สุดในบรรดาสามระยะนั้น สอดคล้องกับแนวคิด Moment of Truth ของ Carlzon (1987) ที่เสนอว่าทุกการสัมผัสระหว่างลูกค้าและผู้ให้บริการ ณ จุดบริการจริงล้วนเป็นโอกาสสำคัญในการสร้างหรือทำลายความพึงพอใจ และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Lemon และ Verhoef (2016) ที่วิเคราะห์

Customer Journey ในธุรกิจบริการและพบว่าประสบการณ์ ณ จุดบริการมีน้ำหนักในการกำหนดความพึงพอใจโดยรวมมากกว่าประสบการณ์ในช่วงอื่นๆ ราวหนึ่งเท่าครึ่ง ในบริบทของธุรกิจสปาและเวลเนสซึ่งเป็นบริการที่มีความเป็น High-Touch สูงนั้น ช่วงเวลาที่ลูกค้ากำลังรับบริการจริงย่อมเป็นช่วงที่ความรู้สึกและอารมณ์ถูกกระตุ้นได้สูงที่สุด เทคโนโลยีดิจิทัลที่ช่วยให้พนักงานสามารถเข้าถึงข้อมูลความต้องการของลูกค้าได้ในทันทีระหว่างการให้บริการจึงมีพลังสูงมากในการยกระดับประสบการณ์ช่วงนี้

มีความสัมพันธ์ทางตรงของคุณสมบัติเทคโนโลยีดิจิทัลต่อความพึงพอใจของลูกค้า (H3) ผลการวิจัยสนับสนุนสมมติฐาน โดยพบว่า คุณสมบัติเทคโนโลยีดิจิทัลมีความสัมพันธ์ทางตรงเชิงบวกต่อความพึงพอใจตามแบบจำลองคุณภาพการบริการ (SERVQUAL) (β = 0.318, $p < 0.001$) นั้นสอดคล้องกับแนวคิด Technology Quality ของ Parasuraman (2000) ที่ขยายแบบจำลอง SERVQUAL ให้ครอบคลุมมิติคุณภาพของเทคโนโลยีในฐานะปัจจัยที่ส่งผลโดยตรงต่อการรับรู้คุณภาพบริการโดยรวม กล่าวคือลูกค้าไม่ได้รอสะสมประสบการณ์หลายๆ ครั้งก่อนจึงจะตัดสินว่าพึงพอใจหรือไม่ แต่ลักษณะที่มองเห็นได้ทันทีของเทคโนโลยี เช่น ความสวยงามของอินเทอร์เฟซ ความรวดเร็วของการตอบสนอง หรือความทันสมัยของระบบสามารถสร้างการรับรู้คุณภาพบริการในจิตใจของลูกค้าได้ทันทีที่สัมผัสครั้งแรก อีกทั้งยังสอดคล้องกับ กรกต นิ่มเมือง และธีระวัฒน์ จันทึก (2568) ตัวชี้วัดคุณภาพการบริการดิจิทัลที่เหมาะสมควรประกอบด้วยมิติหลัก 5 ด้าน ได้แก่ ประสิทธิภาพ ความน่าเชื่อถือ การตอบสนอง ความเป็นส่วนตัวและความปลอดภัย และความง่ายในการใช้งาน โดยปรับปรุงจาก SERVQUAL Model สะท้อนถึงความกังวลหลักของผู้บริโภคในยุคดิจิทัลเกี่ยวกับข้อมูลส่วนบุคคลและประสบการณ์การใช้งานที่ไร้รอยต่อ

บทบาทการส่งผ่านของประสบการณ์ลูกค้า (H4) พบว่าประสบการณ์ลูกค้าทำหน้าที่เป็นตัวแปรส่งผ่านบางส่วน (Partial Mediation) ระหว่างคุณสมบัติเทคโนโลยีดิจิทัลและความพึงพอใจ โดยที่ความสัมพันธ์ทางอ้อมผ่านประสบการณ์ลูกค้าคิดเป็นร้อยละ 53.10 ของความสัมพันธ์รวมทั้งหมด ดังนั้น H4 จึงได้รับการสนับสนุน การค้นพบว่าประสบการณ์ลูกค้าทำหน้าที่เป็นตัวแปรส่งผ่านบางส่วน ในความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติเทคโนโลยีดิจิทัลและความพึงพอใจ สอดคล้องกับ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Klaus และ Maklan (2013) ที่ทดสอบแบบจำลอง Customer Experience Quality (EXQ) ในธุรกิจบริการและพบว่าคุณภาพของประสบการณ์ทำหน้าที่เป็นตัวกลางในความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยนำเข้าของบริการและผลลัพธ์ด้านความพึงพอใจ ดังนั้นประสบการณ์ลูกค้าทำหน้าที่เป็น ตัวแปรส่งผ่านบางส่วน แสดงให้เห็นว่าเทคโนโลยีดิจิทัลไม่ได้สร้างความพึงพอใจด้วยตนเองอย่างสมบูรณ์ แต่สร้างความพึงพอใจผ่านกลไกของประสบการณ์เป็นหลัก

ข้อเสนอแนะการวิจัย

1. ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งนี้

1.1 ผลการวิจัยพบว่า การปรับแต่งเฉพาะบุคคล (Personalization) มีความสัมพันธ์ต่อประสบการณ์ลูกค้าสูงที่สุดแต่มีค่าเฉลี่ยการรับรู้ต่ำที่สุดในบรรดาคุณสมบัติทั้งหกมิติ การลงทุนพัฒนาระบบการปรับแต่งบริการเฉพาะบุคคลควรเป็นลำดับความสำคัญสูงสุดในการวางแผนกลยุทธ์ดิจิทัลของผู้ประกอบการ ในทางปฏิบัติอาจเริ่มต้นจากการพัฒนาระบบจัดการข้อมูลลูกค้า (Customer Data Platform) ที่สามารถรวบรวมและวิเคราะห์ประวัติการรับบริการ ความชอบส่วนบุคคล และพฤติกรรมการใช้งานแอปพลิเคชัน เพื่อนำไปสู่การนำเสนอบริการและการสื่อสารที่ตรงกับความต้องการเฉพาะของลูกค้าแต่ละราย

1.2 ประสบการณ์หลังใช้บริการมีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุดในบรรดาสามระยะของการเดินทางของลูกค้าบ่งชี้ว่าผู้ประกอบการควรให้ความสนใจกับการออกแบบกระบวนการติดตามดูแลลูกค้าภายหลังการให้บริการมากขึ้น ไม่ว่าจะเป็นการส่งข้อความแสดงความขอบคุณที่มีการปรับแต่งเนื้อหาตามบริการที่ได้รับ การแจ้งเตือนนัดหมายครั้งต่อไป หรือการขอรับข้อเสนอแนะ

ผ่านช่องทางดิจิทัลที่ใช้งานง่าย เนื่องจากกิจกรรมเหล่านี้มีต้นทุนต่ำแต่สามารถสร้างความรู้สึกถูกใส่ใจให้กับลูกค้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ และจากผลการวิจัยที่พบว่าระยะนี้ยังคงมีความสัมพันธ์ต่อความพึงพอใจอย่างมีนัยสำคัญ การละเลยช่วงหลังบริการจึงเป็นความเสี่ยงที่ผู้ประกอบการไม่ควรมองข้าม

1.3 หน่วยงานภาครัฐและสมาคมธุรกิจสปาไทย ผลการวิจัยนี้ชี้ให้เห็นว่าการส่งเสริมการเปลี่ยนผ่านสู่ดิจิทัลของธุรกิจสปาและเวลเนสควรมุ่งเน้นไปที่การสร้างความสามารถในการออกแบบประสบการณ์ลูกค้า (Customer Experience Design Capability) ไม่ใช่เพียงการสนับสนุนให้ผู้ประกอบการนำเทคโนโลยีมาใช้เท่านั้น เนื่องจากผลการวิจัยแสดงให้เห็นชัดเจนว่าเทคโนโลยีที่ขาดการออกแบบประสบการณ์ที่ดีรองรับจะส่งผลต่อความพึงพอใจได้เพียงครึ่งหนึ่งของศักยรูปที่ควรจะเป็น

2. ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยในอนาคต

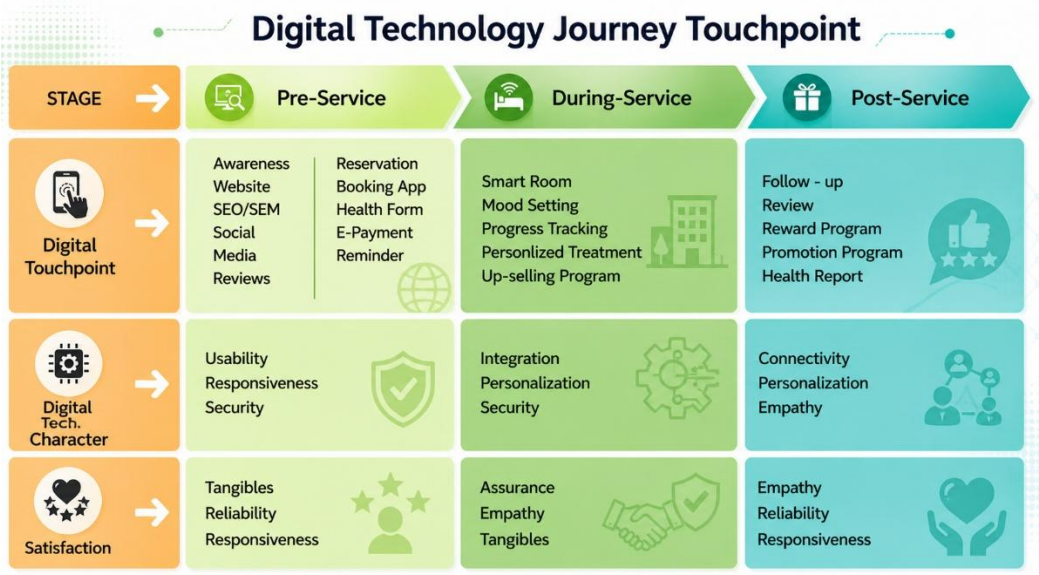
2.1 การขยายขอบเขตการวิจัยไปสู่การเปรียบเทียบข้ามวัฒนธรรม (Cross-Cultural Comparison) โดยเฉพาะการเปรียบเทียบระหว่างลูกค้าชาวไทยกับลูกค้าชาวต่างชาติที่ใช้บริการสปาในประเทศไทย เนื่องจากประเทศไทยเป็นจุดหมายปลายทางด้านการท่องเที่ยวเชิงสุขภาพระดับโลก และลูกค้าจากวัฒนธรรมที่แตกต่างกันอาจมีการตอบสนองต่อเทคโนโลยีดิจิทัลและการสร้างประสบการณ์ในลักษณะที่แตกต่างกัน

2.2 การนำระเบียบวิธีวิจัยเชิงคุณภาพมาผสมผสานเพื่อให้ได้ความเข้าใจที่ลึกซึ้งยิ่งขึ้น โดยเฉพาะการใช้วิธีการสังเกตพฤติกรรม (Ethnographic Observation) หรือการสัมภาษณ์เชิงลึกในช่วงระหว่างการใช้บริการจริง เพื่อทำความเข้าใจว่าประสบการณ์ที่เกิดขึ้น ณ จุดบริการนั้นเกิดขึ้นและถูกสร้างขึ้นในลักษณะใดในรายละเอียด ซึ่งเป็นสิ่งที่แบบสอบถามเชิงปริมาณไม่สามารถจับภาพได้อย่างครบถ้วน

2.3 การนำตัวแปรที่เกี่ยวกับ Artificial Intelligence และ Generative AI เข้ามาเพิ่มในกรอบแนวคิด เนื่องจากในปัจจุบันธุรกิจสปาและเวลเนสชั้นนำเริ่มนำ AI มาใช้ในการแนะนำบริการส่วนบุคคล การวิเคราะห์ข้อมูลสุขภาพ และการสื่อสารกับลูกค้าผ่าน Chatbot มากขึ้นอย่างรวดเร็ว

บทสรุป

องค์ความรู้ใหม่ที่จากการวิจัย การวิจัยนี้ได้พิสูจน์ให้เห็นว่าคุณสมบัติเทคโนโลยีดิจิทัลไม่ได้ส่งผลต่อความพึงพอใจของลูกค้าผ่านช่องทางเดียว แต่ทำงานผ่านสองเส้นทางพร้อมกันในสัดส่วนที่เกือบเท่ากัน โดยเส้นทางหลักคือการสร้างประสบการณ์ที่ดีตลอดการเดินทางของลูกค้า การนำกรอบแนวคิด Customer Journey มาบูรณาการกับทฤษฎี TAM และ SERVQUAL มาพัฒนาโดยผู้วิจัยได้พัฒนาโมเดลเชิงประยุกต์ที่เรียกว่า "Digital Touchpoint Journey for Spa and Wellness Excellence" หรือ DTJ-SWE Model โดยอาศัยหลักฐานเชิงประจักษ์จากการวิจัยเป็นฐาน และบูรณาการเข้ากับกรอบแนวคิดเส้นทางลูกค้าสปายุคดิจิทัลที่แสดงในภาพประกอบ โมเดลนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อให้ผู้ประกอบการสามารถมองเห็นภาพรวมของการออกแบบประสบการณ์ดิจิทัลตลอดเส้นทางของลูกค้าได้อย่างเป็นระบบ ดังที่จะอธิบายในรายละเอียดต่อไปนี้ (ดังรูปที่ 3)



รูปที่ 3 Digital Technology Journey Touchpoint

จากรูปที่ 3 โมเดล "Digital Touchpoint Journey for Spa and Wellness Excellence" หรือ DTJ-SWE Model ที่นำเสนอนี้มีลักษณะพิเศษที่แตกต่างจากโมเดลทั่วไปในสองประการสำคัญ ประการแรกคือการผสานมิติเวลา (Temporal Dimension) เข้าไปในแกนนอน โดยแสดงให้เห็นว่าในแต่ละระยะของการเดินทางของลูกค้านั้น คุณสมบัติดิจิทัลใดมีบทบาทสำคัญที่สุดและเชื่อมโยงกับมิติ SERVQUAL ใด ซึ่งช่วยให้ผู้ประกอบการสามารถวางแผนการจัดสรรทรัพยากรได้อย่างตรงจุดในแต่ละช่วงเวลา ผู้ประกอบการธุรกิจสปาและเวลเนส สามารถใช้โมเดล DTJ-SWE เป็น "เช็คลิสต์เชิงกลยุทธ์" โดยการตรวจสอบว่าในแต่ละระยะของการเดินทางของลูกค้า ธุรกิจของตนได้ออกแบบจุดสัมผัสดิจิทัลที่สอดคล้องกับคุณสมบัติที่ผลการวิจัยระบุว่ามีความสำคัญในระยะนั้นหรือไม่ ตัวอย่างเช่น ในระยะก่อนบริการนั้น หากธุรกิจมีระบบจองออนไลน์ที่ใช้งานง่ายและปลอดภัยแล้ว แต่ยังขาดการเชื่อมต่อข้อมูลความชอบของลูกค้าไปยังระบบในระยะระหว่างบริการ (Integration) ก็แสดงว่ายังมีช่องว่างที่ต้องพัฒนาอีก การตอกย้ำว่าความเป็นเลิศในธุรกิจสปาและเวลเนสยุคดิจิทัลไม่ได้เกิดจากการมีเทคโนโลยีที่ทันสมัยที่สุด แต่เกิดจากการออกแบบการเดินทางของลูกค้าอย่างพิถีพิถันในทุกจุดสัมผัส โดยให้เทคโนโลยีทำหน้าที่เสริมพลังให้กับความเป็นมนุษย์ในการดูแลเอาใจใส่ที่คือแก่นแท้ของธุรกิจสปามาตั้งแต่ต้น ซึ่งเป็นสิ่งที่ผลการวิจัยนี้ได้พิสูจน์ให้เห็นด้วยหลักฐานเชิงประจักษ์อย่างชัดเจนและเป็นรูปธรรม

เอกสารอ้างอิง

กมลชัย ศรีอรุณ. (2567). AI กับการปฏิวัติการสร้างแบรนด์และการตลาดดิจิทัลในประเทศไทย: โอกาส ความท้าทาย และอนาคต. วารสารนิเทศศาสตร์ มสธ. 15(1): 58-73.

กรกต นิ่มเมือง และธีระวัฒน์ จันทึก. (2568). การพัฒนาตัวชี้วัดคุณภาพการบริการดิจิทัลในยุคดิจิทัล. วารสารวิทยาการจัดการวิชาการ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์. 7(2): 118-130.

กรมสนับสนุนบริการสุขภาพ กระทรวงสาธารณสุข. (2566). รายงานสถานการณ์สถานประกอบการเพื่อสุขภาพประจำปี 2566. กระทรวงสาธารณสุข.

กระทรวงดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม. (2562). นโยบายและแผนระดับชาติว่าด้วยการพัฒนาดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม (พ.ศ. 2561–2570).

การท่องเที่ยวแห่งประเทศไทย. (2565). แผนยุทธศาสตร์การท่องเที่ยวไทย พ.ศ. 2566–2570. การท่องเที่ยวแห่งประเทศไทย.

นภาวรรณ เนตรประดิษฐ์ และพิชาภพ พันธุ์แพ. (2567). การรับรู้ถึงประโยชน์การใช้เทคโนโลยีในยุคดิจิทัล. Journal of Buddhist Education and Research. 10(3): 222-233.

พรธีรา เชี่ยวเชิงงาน. (2562). บทบาทของเทคโนโลยีต่อการพัฒนาประบวนการบริหารจัดการภาครัฐ. [สารนิพนธ์ปริญญารัฐประศาสนศาสตรมหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย]. กรุงเทพมหานคร.

พรรณาภรณ์ พึ่งจิตต์ประไพ และสุธีรา ศรีเบญจโชติ. (2566). แนวทางการฟื้นฟูทางการตลาดของธุรกิจท่องเที่ยวเชิงสุขภาพประเภทสปาและนวดไทยสำหรับวิถีชีวิตใหม่เพื่อเพิ่มขีดความสามารถทางการแข่งขันในพื้นที่ภาคเหนือตอนบน. วารสารวิชาการวิทยาลัยบริหารศาสตร์. 6(4): 142-158.

ภักดี กลั่นภักดี, อัศวิน แสงพิกุล และศิริเดช คำสุพรหม. (2563). การพัฒนาธุรกิจสถานประกอบการสปาเพื่อสุขภาพระดับสากลในประเทศไทยสู่ความยั่งยืน. วารสารวิชาการสาธารณสุข. 29(6): 1147-1156.

เรืองสิน ศรีสุทัศน์. (2566). ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเลือกใช้เครือข่ายอินเตอร์เน็ตของผู้บริโภคในกลุ่มพนักงาน บริษัทเอกชนในพื้นที่เขตสายไหม กรุงเทพมหานคร. วารสารการบริหารจัดการและนวัตกรรมท้องถิ่น. 5(4): 114-123.

สำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. (2565). แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 13 (พ.ศ. 2566–2570).

สำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. (2567). Spa & Wellness Tourism การยกระดับธุรกิจสปาสู่การเป็นจุดหมายปลายทางการท่องเที่ยวคุณภาพสูงของไทย. สืบค้นจาก chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.nesdc.go.th/wordpress/wp-content/uploads/2025/03/Report-03.pdf

Carlzon, J. (1987). Moments of truth. Ballinger.

Davis, F. D. (1989). Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. MIS Quarterly. 13(3): 319–340. https://doi.org/10.2307/249008

Fornell, C., & Larcker, D. F. (1981). Evaluating structural equation models with unobservable variables and measurement error. Journal of Marketing Research. 18(1): 39–50.

Global Wellness Institute. (2023). Global wellness economy monitor 2023.

Hair, J. F., Black, W. C., Babin, B. J., & Anderson, R. E. (2014). Multivariate data analysis (7th ed.). Pearson Education Limited. https://globalwellnessinstitute.org

Klaus, P., & Maklan, S. (2013). Towards a better measure of customer experience. International Journal of Market Research. 55(2): 227–246. https://doi.org/10.2501/IJMR-2013-021

Lemon, K. N., & Verhoef, P. C. (2016). Understanding customer experience throughout the customer journey. Journal of Marketing. 80(6): 69–96. https://doi.org/10.1509/jm.15.0420

Oliver, R. L. (1999). Whence consumer loyalty? Journal of Marketing. 63(Special Issue): 33–44.

Parasuraman, A. (2000). Technology readiness index (TRI): A multiple-item scale to measure readiness to embrace new technologies. Journal of Service Research. 2(4): 307–320.

Parasuraman, A., Zeithaml, V. A., & Berry, L. L. (1988). SERVQUAL: A multiple-item scale for measuring consumer perceptions of service quality. Journal of Retailing. 64(1): 12–40.

Pine, B. J. (1993). Mass customization: The new frontier in business competition. Harvard Business School Press.

Pine, B. J., II, & Gilmore, J. H. (1998). Welcome to the experience economy. Harvard Business Review. 76(4): 97–105.

Suh, B., & Han, I. (2003). The impact of customer trust and perception of security control on the acceptance of electronic commerce. International Journal of Electronic Commerce. 7(3): 135–161.

Vargo, S. L., & Lusch, R. F. (2004). Evolving to a new dominant logic for marketing. Journal of Marketing. 68(1): 1–17. https://doi.org/10.1509/jmkg.68.1.1.24036

Verhoef, P. C., Kannan, P. K., & Inman, J. J. (2015). From multi-channel retailing to omni-channel retailing: Introduction to the special issue on multi-channel retailing. Journal of Retailing. 91(2): 174–181. https://doi.org/10.1016/j.jretai.2015.02.005

Verhoef, P. C., Lemon, K. N., Parasuraman, A., Roggeveen, A., Tsiros, M., & Schlesinger, L. A. (2009). Customer experience creation: Determinants, dynamics and management strategies. Journal of Retailing. 85(1): 31–41.

Vesanen, J. (2007). What is personalization? A conceptual framework. European Journal of Marketing. 41(5/6): 409–418.

Wedel, M., & Kamakura, W. A. (2000). Market segmentation: Conceptual and methodological foundations (2nd ed.). Kluwer Academic Publishers.

Westerman, G., Bonnet, D., & McAfee, A. (2014). Leading digital: Turning technology into business transformation. Harvard Business Review Press.

Yoo, Y., Henfridsson, O., & Lyytinen, K. (2010). The new organizing logic of digital innovation: An agenda for information systems research. Information Systems Research. 21(4): 724–735.

Factor Analysis for Increasing Supply Chain Management Efficiency of A Healthy Chinese Catering Business

Witaya Siripanwattana[1*] and Chanchana Siripanwattana[2]

[1]Faculty of Management Science, Suan Dusit University
[2]School of Culinary Arts, Suan Dusit University
[*]Corresponding Author E-mail Address : wasiripa@live.com, witaya_sir@dusit.ac.th

Abstract

Chinese cuisine has historically maintained a significant market presence in Thailand, with the business of Chinese food passed down through generations. However, with consumers becoming more health-conscious and the pandemic significantly impacting the Chinese food business, research on managing healthy, delivery-based Chinese food services aims to address these challenges. This research has developed performance indicators for supply chain management in Chinese catering business, enabling them to efficiently manage logistics and their supply chain using Confirmation Factor Analysis. Moreover, we also use cluster analysis to test the model. To establish the psychometric properties of the research instrument, content validity was initially evaluated by experts using the Index of Item-Objective Congruence (IOC), which yielded an acceptable consensus. Internal consistency was demonstrated by a robust Cronbach's alpha coefficient of .95. Prior to evaluating the measurement model via confirmatory factor analysis (CFA) on the dataset (N = 400), data suitability and sampling adequacy were assessed. The Kaiser-Meyer-Olkin measure confirmed excellent sampling adequacy (KMO = .915), and Bartlett's test of sphericity indicated that the correlation matrix was appropriate for factorization at the value of 22,189 ($p < .05$). The researchers found that factors related to the procurement of resources and raw materials, and the preparation of raw materials; factors related to production and operational process standards; factors related to delivery standards and customer service; and factors related to customer centric processes positively and significantly lead to successful Chinese catering business.

Keywords: Performance improvement, Supply chain management, and Chinese catering business.

Introduction

Platform-to-consumer food delivery ecosystems, governed by mobile-mediated applications, operate as critical logistics aggregators that systematically align multi-party data pathways among consumers, foodservice vendors, and crowd-sourced distribution fleets. While macroeconomic volatility and inflationary pressures typically constrain discretionary consumer spending, the app-based delivery sector demonstrates unique counter-cyclical growth resilience. This paradoxical market expansion is primarily propelled by shifting transaction cost dynamics and urban demographic transformations. Rising fuel costs and escalating traffic congestion have significantly elevated the economic friction of physical travel, transforming home-bound consumption into a cost-minimizing alternative. (Bratic, 2011; Dyah, 2015; Mordor Intelligence, 2026; Precedence Research, 2026)

Furthermore, urban centers in emerging markets like Thailand are experiencing structural lifestyle shifts characterized by extended professional workloads and declining average household sizes. These sociological shifts diminish the economic efficiency of domestic meal preparation due to lost economies of scale and heightened opportunity costs of labor. Finally, external systemic shocks—including severe weather anomalies and the prolonged public health disruptions induced by the COVID-19 pandemic—have permanently modified risk-mitigation behaviors. Cumulatively, these factors have accelerated the institutionalization of food delivery platforms, transforming them from convenience-driven novelties into foundational pillars of modern urban logistics infrastructure. (Awan et al., 2026; Sánchez-García et al., 2026; Zheng & Brintrup, 2026).

Food delivery businesses, such as Foodpanda, Line Man, and Grab, utilize delivery application platforms or business model as intermediaries connecting consumers and restaurants. Between 2015 and 2019, this business experienced continuous growth averaging 15% per year, accelerating to 40-50% in 2020 during the COVID-19 pandemic. In comparison, the restaurant business grew at an average rate of 3-4% per year. Changing consumer behavior, emphasizing convenience, speed, and limited time each day, has made it easier for restaurant owners to reach consumers (World Bank Group, 2019).

Chinese cuisine is among the top 5 most popular cuisines in the world due to its diverse menu, the global population, and its delicious flavors. Food delivery services can continue to grow amidst the country's economic crisis. And food delivery grew by 50 percent, reaching tens of billions of baht during 2020 due to the Covid-19 crisis. In this research, the researchers studied and analyzed factors in improving the efficiency of procurement management, logistics systems, and supply chains for healthy Chinese catering business. This was done to respond to consumer behavior in the new normal era and enhance the competitiveness of healthy Chinese catering businesses, contributing to Thailand's sustainable position as the "Kitchen of the World." (La-laeng, 2014)

Objectives

1. To study the environmental factors which productively affect Chinese catering business.
2. To analyze the key factors improving the efficient performance of supply chain management in the Chinese catering business.

Expected Benefits

Chinese catering business can utilize the research findings, which include factors in supply chain management for healthy Chinese catering service and performance measurements, to improve operational efficiency throughout the supply chain. This will provide guidance for healthy Chinese catering business to improve operational efficiency and manage their logistics and supply chain systems.

Literature Review

Improving logistics and supply chain performance doesn't just consider the movement of goods from one point to another. From an economist and strategic manager's perspective, such performance must be measured through indicators encompassing four key dimensions to balance costs and service levels. The core of supply chain management is increasing profitability through the reduction of total cost, which includes inventory carrying costs, transportation costs, and transaction costs. Lambert's (2008) concept emphasizes that collaboration among supply chain partners reduces hidden costs such as redundant production or excessive storage, directly contributing to economies of scale.

The speed of response to demand is a measure of system agility. Research by Chopra and Meindl (2001) identifies order lead time as a key indicator. If a logistics system can reduce process time, it reduces uncertainty and allows businesses to seize market opportunities promptly. Particularly in the food service industry, time is a critical factor in quality. Furthermore, quality in logistics refers to the delivery of correct and complete goods (Perfect Order Fulfillment). Parasuraman et al. (1985)'s concept of service quality is applied to measure the accuracy of product selection, temperature control (in the case of cold chains), and reduction of damage rates. Higher quality reduces the cost of reverse logistics and increases brand value in the long term. (Porter, 1985)

For food service, the work of Chopra and Meindl (2001) emphasizes the balance between responsiveness and cost efficiency. A key factor in improving efficiency in the service sector is designing short and fast transportation networks to maintain the freshness of ingredients and reduce lead time, which is central to customer satisfaction. In the area of food waste management and economic sustainability, research by Papargyropoulou et al. (2014) shifts perspective from proactive management to surplus management, identifying the use of a food waste hierarchy framework to manage surplus production and

food waste as factors in achieving sustainable food supply chain efficiency, aligning with Parfitt et al. (2010) identified that managing food waste within the supply chain requires a quantitative approach and restructuring of production to support sustainability goals by 2050. This directly impacts the reduction of raw material costs and improves resource utilization in production and service processes. (Ernst, 2011).

Reliability is about maintaining consistent operational standards. Li et al. (2006) proved that reliability in the supply chain (e.g., consistently on-time delivery) builds trust with partners and consumers, reduces the risk of production line disruptions, and is a crucial foundation for creating sustainable competitive advantage. From an economist's perspective, Logistics and Supply Chain Management (LSCM) is not just about moving goods, but about managing transaction costs and creating value addition at every node of the production and service process, especially in the food service industry, which is complex due to the perishability of products and the volatility of demand.

Li et al.'s (2006) research provides a solid foundation, identifying that efficiency improvement factors do not stem solely from internal organizational activities, but rather from the level of integration with partners, supplier partnerships, and customer relationships as key factors affecting competitive advantage and overall organizational performance. In manufacturing and service industries requiring high precision, Zhou and Benton (2007) pointed out that information sharing and data quality are crucial factors in logistics efficiency. Rapid and accurate data flow reduces delays, increases reliability, and lowers the cost of unnecessary inventory holdings—a major problem in the short-shelf-life food industry.

Operational efficiency in the manufacturing sector often focuses on information integration and coordination among supply chain partners. Research by Li et al. (2006) indicates that effective supply chain management practices directly impact organizational competitiveness and performance by reducing delivery times and inventory costs. This aligns with Zhou and Benton (2007), who emphasize that information sharing is a crucial factor in reducing the bullwhip effect and improving demand forecasting accuracy.

Furthermore, building sustainability through green logistics has become a long-term efficiency-enhancing factor. Koh et al. (2007) found that in small and medium-sized enterprises (SMEs), adopting environmentally conscious supply chain concepts not only reduces negative impacts but also increases total productivity.

Charoonsrichatkamjorn (2007) researched the impact of logistics management efficiency on the competitive advantage of the food industry in Thailand. Data was collected from 297 food industry business operators in Thailand using questionnaires. Statistical analysis included the F-test (ANOVA and MANOVA) using analysis of variance and multivariate analysis of variance. Multiple correlation and multiple regression analysis were used to analyze the findings. The research revealed that Thai food industry entrepreneurs highly agreed with the overall and individual aspects of logistics management efficiency, including forecasting, inventory management, purchasing, logistics communication, transportation, and warehouse management. They also highly agreed with the overall and individual aspects of competitive advantage,

including cost, differentiation, and partial marketing focus. Significant differences in registered capital, employee numbers, and business operating duration were observed in their opinions regarding logistics management efficiency and competitive advantage ($p < 0.05$). She indicated that logistics management efficiency has a positive correlation and impact on the competitive advantage of the Thai food industry. Therefore, the food industry should prioritize efficient logistics management to enhance its competitive advantage, ultimately generating value and contributing to organizational success.

Paparggyropoulou et al. (2011) stated that Green Productivity is a new strategy for increasing productivity coupled with environmental management (Productivity and Environment Performance) to achieve sustainable development. The Green Productivity process focuses on applying appropriate techniques, technologies, and management systems to produce environmentally friendly products. Moreover, the contemporary transformation of logistics and supply chain management relies on two main pillars: advanced technological integration and environmental sustainability. Recent empirical findings indicate that the deployment of operational artificial intelligence (AI), including predictive analytics and robotic process automation, significantly minimizes operational risks and enhances dynamic capabilities (Awan et al., 2026). This shift directly improves overall supply chain consistency, shortens cycle times, and boosts localized organizational productivity. Concurrently, companies are optimizing their long-term value creation by embedding green supply chain management (GSCM) practices directly into their digital agendas (Sánchez-García et al., 2026). By synchronizing real-time operational data with green distribution networks, modern supply networks effectively mitigate market turbulence while successfully neutralizing their ecological footprints.

The operational efficacy of food catering supply chains rests on the systematic alignment of real-time multi-party data pathways and rigid cold-chain preservation protocols. Unlike standard manufacturing, catering logistics face intense volatility driven by fluctuating guest counts and hyper-perishable inventories. To mitigate these risks, recent literature highlights integrated e-procurement architectures and automated inventory tracking as critical drivers of operational resilience (Civica, 2026). Furthermore, the strategic cultivation of high-trust vendor relationships guarantees consistent baseline material quality and delivery reliability (Apicbase, 2024). Ultimately, optimizing the interface between demand forecasting software and strict food safety compliance metrics allows catering firms to eliminate localized stockouts while simultaneously minimizing post-production waste.

We can see that Chinese catering business played an important role in Thai food service industry. Furthermore, there are a variety of elements which accelerate supply chain performance. This research project focuses on studying and analyzing the factors affecting the efficient management of logistics and supply chain systems for healthy Chinese catering businesses. The research was conducted at Suan Dusit University in Bangkok and surrounding areas for one year, from May 12, 2021, to May 11, 2022, and was funded by the National Research Council of Thailand (NRCT), as shown in Figure 1.1.

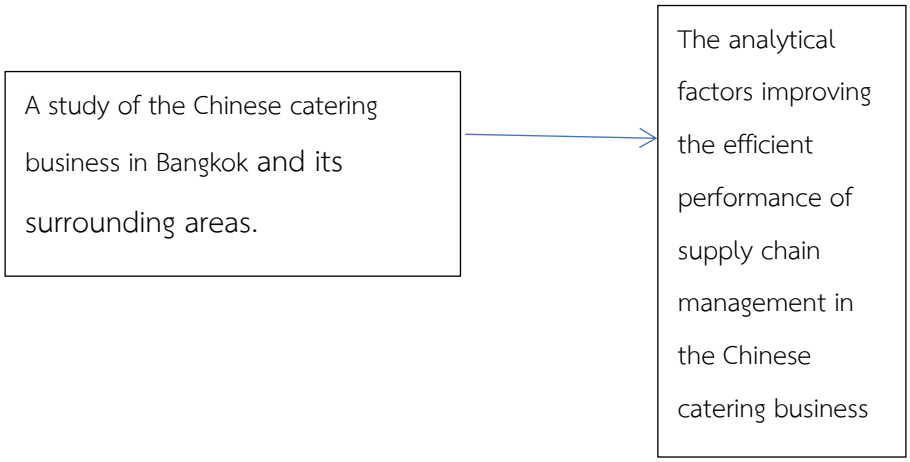


Figure 1 Research Framework for Developing an Efficient Supply Chain Management for Healthy Chinese catering business

Research Methodology

The researchers developed an efficient business management model for healthy Chinese catering business, following clear, academically steps:

This phase aimed to identify key components of the business model from literature review and ten stakeholders ‘s opinion. A draft questionnaire was reviewed by three professors for consistency between the questions and objectives. Subsequently, a try-out was conducted by administering the questionnaire to 30 groups similar to the actual population, and the validity and reliability of the questionnaire was analyzed. The key factors that might successfully affected the performance of Chinese catering business encompass factors related to the procurement of resources and raw materials, and the preparation of raw materials; factors related to production and operational process standards; factors related to delivery standards and customer service; and factors related to customer centric processes positively and significantly lead to successful Chinese catering business

Quantitative data was collected with a healthy Chinese catering business. To confirm the model with statistics from a large sample, researchers collected data by sending questionnaires to 400 catering businesses in Bangkok and metropolitan areas. Stratified random sampling was used in Bangkok (100 samples) and nearby provinces, namely Nakhon Pathom, Pathum Thani, Samut Prakan, Samut Songkhram, and Samut Sakhon, with 60 businesses in each province.

Then a model was developed to create an evaluation model using factor analysis. This included Exploratory Factor Analysis (EFA) to group the variables obtained from the interviews into different aspects, such as raw material selection, production, and transportation, and Confirmatory Factor Analysis (CFA) to verify whether the constructed factor structure was consistent with the empirical data. After that, the

researchers performed validity testing: checking Convergence Validity and Discriminant Validity to ensure that each variable measured what it was intended to measure, to create a standard criterion. The result was a statistically validated evaluation model for managing healthy catering delivery businesses. This allows businesses to self-assess and improve their management efficiency. Then, cluster Analysis was utilized to find the appropriate number of groups for categorizing the performance levels of healthy banquet food delivery businesses, and to test the effectiveness of the management model for these healthy banquet food delivery businesses

Research Results

In our study, the researchers conducted several supply chain management factors which healthy Chinese catering businesses should possess. The following major components include periodic quality checking raw material sources and raw materials (US1); establishing quality standards for raw material inspection (US2); planning to cope with changes in raw material quantities and price fluctuations (US3); maintaining good relationships with raw material suppliers (US4); purchasing high-quality raw materials and packaging (US5); storing raw material in a productive manner (US6); improving and developing of the raw material procurement (US7); and training staff in raw material preparation (US8); controlling the temperature during production and delivery (MS1); giving employees the opportunity to participate in decision-making and problem-solving (MS2); obtaining standards from government (MS3); modifying production and service processes to reduce costs and production time (MS4); investigating the cause of errors and improving operations (MS5); being able to adapt quickly to uncertain needs (MS6); providing employee training and maintaining high production standards (MS7); reducing waste or leftovers (MS8); and developing new products or services (MS9); delivering quality goods and services efficiently (DS1); using suitable packaging (DS2); analyzing costs and setting prices to reflect costs and competition (DS3); increasing convenience in service options (DS4); having polite and friendly employees (DS5); designing operational processes that are efficient (DS6); managing a menu of popular dishes and restaurants (DS7); conducting customer satisfaction surveys (DS8); purchasing and production are coordinated accordingly (DS9); skills training for multiple tasks and substitute for each other (MG1); using of new business models and information technology (MG2), networking with strategic partners (MG3), and conducting productive cash management (MG4).

The researchers used a questionnaire to gather information about the characteristics of a randomly selected sample as a tool for collecting quantitative data from healthy Chinese banquet delivery businesses. To validate the model using a large sample size, the researchers sent questionnaires to 400 Chinese catering businesses using stratified random sampling in Bangkok and nearby provinces, namely Nakhon Pathom, Pathum Thani, Samut Prakan, Samut Songkhram, and Samut Sakhon. The validity of the questionnaire questions was tested using the IOC process with three professors majoring in management

science, yielding a reliability coefficient of 1.0, which is considered very good after adjusting the questions according to the experts' suggestions. The reliability of the questionnaire was also tested using Cronbach's alpha at a significance level of .05, resulting in a Cronbach's alpha of .95, which is considered very good. The instrument was tested through a try-out process with a sample of 30 healthy Chinese catering businesses. The general data from these 400 samples were then subjected to advanced statistical analysis using Confirmatory Factor Analysis (CFA) to select related and consistent factors. The results of this analysis reveal a good framework for developing an assessment instrument for the supply chain logistics system of banquet delivery businesses (KMO = 0.915; Barlett’s Test of Aphericity Chi-Square = 22189; p = 0.015), as shown in the following table.

Table 1 Factor Analysis of Various Variables in Instrument Development (N = 400)

Factors	1	2	3	4
US1	0.914			
US2	0.912			
US3	0.901			
US4	0.812			
US5	0.767			
US6	0.758			
US7	0.723			
US8	0.689			
US9	0.665			
US10	0.633			
US11	0.631			
US12	0.613			
MS1		0.957		
MS2		0.935		
MS3		0.921		
MS4		0.902		
MS5		0.889		
MS6		0.861		
MS7		0.843		
MS8		0.825		
MS9		0.811		
MS10		0.798		
MS11		0.763		

Factors	1	2	3	4
MS12		0.725		
MS13		0.688		
MS14		0.653		
DS1			0.972	
DS2			0.931	
DS3			0.914	
DS4			0.883	
DS5			0.851	
DS6			0.835	
DS7			0.823	
DS8			0.806	
DS9			0.773	
DS10			0.745	
DS11			0.725	
DS12			0.687	
DS13			0.659	
DS14			0.632	
MG1				0.873
MG2				0.836
MG3				0.811
MG4				0.785
MG5				0.763
MG6				0.745
MG7				0.728
MG8				0.719
	KMO = 0.915			
	Barlett’s Test of Aphericity Chi-Square = 22189. (sig. 0.015)			

The researchers used Confirmation Factor Analysis (CFA) to test the success factors and all components of a productive catering business. Based on data analysis and research synthesis, the researchers found that each factor within the same component showed positive correlation, reflecting a grouping of factors and components in the same direction. The KMO value was 0.915, and the Barlett’s Test of Aphericity

Chi-Square value was 22189 (sig. 0.015), indicating a statistically significant relationship (Alpha = 0.05). The 48 key factors in each of the four components are shown in Table 2.

Table 2 Components of the Efficient Logistics and Supply Chain Management Model for a Healthy Chinese catering Business

Key elements in optimizing the supply chain for healthy banquet-style food delivery	Key sub-factors
1) Factors related to the procurement of resources and raw materials, and the preparation of raw materials (US).	*- Raw material quality and supply are periodically surveyed, and shipments are made with processes in place to maintain raw material quality and temperature control (US1).* *- Quality standards for raw material inspection and storage are established (US2).* *- Plans are in place to address changes in raw material supply and market price fluctuations (US3).* *- Good relationships with raw material suppliers are maintained (US4).* *- High-quality, cost-effective, and timely raw materials and packaging are purchased from multiple sources (US5).* *- Raw materials are stored appropriately, withdrawn in the order of purchase, and stock levels are maintained neither too high nor too low (US6).* *- The raw material procurement process is flexibly improved and developed to adapt to rising or rapidly changing prices (US7).* *- Staff are competent in raw material preparation and maintain high standards for cutting and trimming raw materials (US8).*
2) Factors related to production and operational process standards (MS)	- Effective cleaning, quality control, product storage, and temperature control during production and delivery (MS1)

Key elements in optimizing the supply chain for healthy banquet-style food delivery	Key sub-factors
	- Employer involvement in decision-making and problem-solving (MS2)
	- Certification from government or private organizations, such as Shell Chuan Chim, or Clean Food Good Taste (MS3)
	- Modification of production and service processes to reduce costs and production time (MS4)
	- Prompt investigation of causes and improvement of operations when errors occur (MS5)
	- Ability to adapt quickly to uncertain and rapidly changing customer demands (MS6)
	- Employee training, work manuals, and high production standards (MS7)
	- Reduction of waste or development of new food products using leftovers (MS8)
	- Continuous development of new products or services (MS9)
3) Factors related to delivery standards and customer service (DS).	*- Producing, providing services, and delivering goods efficiently and effectively (DS1)*
	- Using packaging suitable for heat retention and transportation (DS2)
	- Cost analysis and pricing reflect costs and competitiveness (DS3)
	- Enhancing service convenience, delivery tracking, and diverse payment options (DS4)

Key elements in optimizing the supply chain for healthy banquet-style food delivery	Key sub-factors
	- Courteous, attentive, and friendly staff (DS5) *- Designing operational processes that are convenient, fast, easy to use, and provide timely problem resolution (DS6)* *- Offering clear product warranties and terms, categorized products, and featuring popular food items and stores (DS7)* *- Regularly conducting customer satisfaction surveys, managing complaints, and improving operations (DS8)* *- Forecasting sales and aligning purchasing and production accordingly (DS9)*
4) General Management Factors (MG):	*- Skills training and job rotation to allow employees to perform multiple tasks and substitute for each other (MG1)* *- Utilization of new business models, knowledge of food science, or information technology for production and services (MG2)* *- Extensive business network and beneficial benefits from this network (MG3)* *- Optimal cash management, low interest costs, and a manageable number of permanent employees (MG4)*

Next, the researchers conducted cluster analysis to determine the optimal number of clusters for categorizing the performance levels of catering businesses in Thailand based on their level of success. They used key components derived from the analysis, comprising 48 variables in just four areas: Upstream (US), Middle Stream (MS), Downstream (DS), and Management System (MS). These variables were used to group the businesses using K-mean cluster analysis to determine whether the cluster profiles could differentiate the performance levels of the entrepreneurs and what the characteristics of each group were. Finally, the cluster analysis results were used to determine the cutoff points for evaluating the readiness or success levels of catering businesses in Thailand, both overall and by component. The empirical results of the clustering are shown in Table 3.

Table 3 Results of Clustering Based on K-Mean Cluster Analysis (alpha < 0.05)

K value	Number Group 1	Number Group 2	Number Group 3	Number Group 4	Total
K=4	122	25	134	31	400
K=3	160	212	28		400
K=2	187	213			400

Based on the K-mean clustering method and the display of group classifications for each component, K = 2, representing the group of establishments with a high level of readiness or success in the catering delivery business (Group 1) and the group of establishments with a lower level of readiness or success (Group 2), this is considered the most appropriate. The analysis compares the mean levels of readiness or success in the catering business into two groups. When the researcher processed the clustering results, they found that establishments with a high level of management success in the catering business had a mean of 5.21 (using the 7 Likert scale from 1 being the lowest to 7 being the highest) with a standard deviation of 0.85. Therefore, the cutoff point used to separate the group with "outstanding" management success from the group needing "further improvement" is the mean minus the standard deviation, which is 5.21 – 0.85 = 4.36. This leads to the conclusion that establishments with high performance scores will have a business management performance score of 4.36 or higher for catering services. Establishments that need further improvement will have a supply chain logistics management performance score less than 4.36. An average score of 4.36 serves as the cutoff or dividing point for catering service businesses into two groups based on their management competence: high-performing and those requiring improvement, as shown in Table 4.

Table 4 Grouping Establishments Classified by Management Performance in Catering Services

Components	Group 1 High Performance	Group 2 Non-High Performance
Achievement Score ≥ 4.36 (out of 7.0)	✓	-
Achievement Score < 4.36 (out of 7.0)	-	✓

The researchers used qualitative and quantitative analysis of the empirical data as a framework for constructing an evaluation model for the management effectiveness of Chinese catering business. Confirmatory Factor Analysis (CFA) was used to select key variables and create a tool/model for evaluating

the management efficiency of healthy Chinese catering business. This process involved two main steps: validity testing of the tool with a sample of 55 Chinese catering businesses, as shown in Table 5.

Table 5 Comparison of the validity of the tool with a sample of Chinese banquet businesses (N = 55)

Validation	High	%	Non-High	%	Total
High	21	87.50	4	87.09	25
Non-High	3	12.50	27	12.91	30
Total	24	-	31	-	55

Table 5 concludes that the tool/model can accurately assess the performance of supply chain logistics management for 55 Chinese catering businesses at a high level. It was found that of the 24 Chinese catering businesses with high management performance, 21 businesses received a high performance assessment tool, with an accuracy of 81.50%. For the catering businesses requiring improvement, one business had a supply chain logistics management performance that needed improvement, and 27 businesses received a performance assessment tool that needed improvement, with an accuracy of 87.09%. Overall, the performance assessment tool for catering businesses achieved a high accuracy of (87.50 + 87.09) / 2, or 87.295%. Therefore, the tool provides a valid prediction of approximately 87.3% and an error of approximately 12.7%. Furthermore, this performance assessment tool also provides catering businesses with suggestions and guidance for improvement and enhancement of their business performance. To ensure the success of a catering delivery business, enabling it to be managed successfully and sustainably in the long run.

Research Summary

The researchers found that an analysis of supply chain management factors for healthy Chinese catering businesses revealed that the business should possess the following components in resource and raw material procurement and preparation: periodic quality checks of raw material sources and raw materials, and delivery that maintains raw material quality and temperature control (US1); establishing quality standards for raw material inspection and careful storage control (US2); planning to cope with changes in raw material quantities and price fluctuations in the market (US3); maintaining good relationships with raw material suppliers (US4); purchasing high-quality, cost-effective, and timely-delivered raw materials and packaging from multiple sources (US5); storing raw material according to purchase order, and maintaining neither too much nor too little stock (US6); improving and developing of the raw material procurement

process to adapt to rising or rapidly changing prices (US7); and training staff in raw material preparation with high standards of cutting and trimming (US8).

The Chinese catering business should also possess the following components in terms of production and operational standards: cleaning, quality control, and product storage. And controlling the temperature during production and delivery (MS1); giving employees the opportunity to participate in decision-making and problem-solving (MS2); obtaining standards from government or private agencies such as Shell Chuan Chim, or Clean Food Good Taste, etc. (MS3); modifying production and service processes to reduce costs and production time (MS4); investigating the cause of errors and improving operations (MS5); being able to adapt quickly to uncertain and rapidly changing customer needs (MS6); providing employee training, work manuals, and maintaining high production standards (MS7); reducing waste or leftovers, or developing new food items from leftovers (MS8); and developing new products or services (MS9).

A catering business should have the following components in terms of standard delivery and customer service: producing, serving, and delivering quality goods and services efficiently (DS1); using packaging that is suitable for heat retention and transportation (DS2); analyzing costs and setting prices to reflect costs and competition (DS3); increasing convenience in service, tracking deliveries, and offering various payment options (DS4); having polite, heartfelt, convenient, and friendly employees (DS5); and designing operational processes that are convenient, fast, and easy to use. And resolve problems promptly when they arise (DS6); handling a menu of popular dishes and restaurants (DS7); conducting customer centric service (DS8); and performing sales forecast (DS9).

A Chinese catering business should have the following general management elements (MG): skills training and allowing employees to perform multiple tasks and substitute for each other (MG1); using new business models, knowledge of food science or information technology for production and service (MG2); networking strategic partners (MG3); and performing a productive cash management (MG4).

Discussion

The findings of this research are consistent with the modern economic structure, where logistics and supply chain systems do not merely function as a means of moving raw materials and goods, but are also the heart of creating added value and enhancing competitiveness. This is especially true in the food manufacturing and food service industries, which are highly complex due to the perishable nature of products and the volatility of consumer behavior. Effective management of this system requires the integration of various factors. Factors affecting operational efficiency include information integration and collaboration among trading partners (Integration and Collaboration). This aligns with the research of Li et al. (2006, who indicated that supply chain success does not depend solely on internal organizational activities, but also on building strategic relationships with suppliers and customers, which reduces

transaction costs and increases adaptability. This is consistent with the concept of Zhou and Benton (2007), who emphasized that information sharing reduces the bullwhip effect and improves the accuracy of inventory management, which is a crucial foundation for reducing operating costs.

The research also indicates that, in terms of speed and reliability, the catering business faces challenges related to product shelf life and expectations regarding service quality. This is consistent with Chopra and Meindl (2001, who stated that designing a logistics network that emphasizes speed is a key factor. In particular, managing Chinese catering services requires maintaining standards throughout the process to ensure consumer safety. Furthermore, identifying the gap between consumer expectations and actual delivery leads to continuous quality improvement and increased operational trust.

Beyond operational aspects, economic sustainability has become a new factor significantly influencing efficiency. This includes managing food leftovers and reducing food waste, aligning with the research of Papargyropoulou et al. (2014) and Parfitt et al. (2010), who emphasizes food waste management and green logistics standards as factors attracting investment and consumer loyalty in the current environmentally friendly business era.

Improving operational efficiency in the logistics and supply chain systems of the food industry also involves finding a balance between cost reduction, increased convenience and speed, quality accuracy, and consistent reliability. If businesses can systematically integrate these factors, it will not only increase short-term profits but also build a strong foundation for growth in the international healthy Chinese banquet food production and service sector.

Suggestions

To translate these empirical findings into macro-level economic impact, the government should implement a National Agile & Sustainable Food Logistics Policy. This strategic framework must focus on three core directives. First, subsidize cloud-based cold chain platforms linking agricultural suppliers, catering SMEs, and distributors to enable real-time tracking, minimize the bullwhip effect, and guarantee food safety standards. Second, provide tax incentives for logistics providers investing in rapid, temperature-controlled transport and bio-waste conversion facilities, directly curbing product perishability and food waste. Third, fund specialized training programs in green logistics and agile network design, positioning domestic Chinese catering and banquet manufacturing for high-value meal. By synchronizing data collaboration with waste reduction, The government can convert operational excellence into Thailand’s national competitive “Healthy Chinese Catering” soft power.

The researchers suggest caution when using performance assessment manuals and tools for Chinese catering business management. Both assessors and those being assessed should thoroughly understand the assessment guidelines and usage instructions, including the variables and components of each tool. The

evaluation should utilize a 7-Likert scale, ranging from 1 (least) to 7 (most), and should be unbiased and based on accurate data reflecting the actual business situation. This ensures precise, reliable results and useful recommendations. Businesses can use this system to reassess their performance after periods of inactivity or after further improvements to their management systems. Regular evaluations, such as annually, semi-annually, or quarterly, can be conducted after operational improvements are completed or after significant changes to the business environment. This allows for an understanding of the evolving business status, development, and progress. The information from the evaluations can then be used to guide the creation of plans, projects, activities, and budgets for continuous improvement of the catering business's management system. This will strengthen strengths, mitigate weaknesses, reduce problems, enhance the quality of resources, management, operations, products, services, and ensure the sustainable competitiveness of the Chinese catering business.

Evaluators should have a thorough understanding of the components and variables in the model and tools to ensure accurate knowledge, evaluation guidelines, and interpretation of evaluation results. With proper understanding of the system, evaluators can provide valuable additional recommendations to the establishment. For initial evaluations, it may be beneficial to have multiple evaluators assess the business and compare the results to assess the reliability of the initial evaluations.

Besides the catering business, other industries may also utilize this system. Government agencies regulating the catering business could utilize this tool to identify development trends and provide concrete recommendations to catering businesses. It would highlight the strengths and weaknesses of catering businesses and suggest best practices to enhance quality and efficiency, reduce risks, and improve competitiveness. The tool is user-friendly, accessible online via computers and mobile devices, and capable of accurate assessment, prediction, and recommendations. Furthermore, government agencies can use the assessment data for in-depth analysis and policy application.

This research aims to create knowledge, models, and tools for the development of Chinese catering businesses only. Therefore, the research sample is limited to Chinese catering business. This leaves room for further research, allowing other researchers to develop in-depth evaluation tools and tools for other businesses. Future research should delve deeper, giving different weights to each component or factor based on the dynamically changing political, economic, social, technological, environmental, legal, and regulatory situations, as well as customer behavior. This will continuously enhance the long-term competitiveness of innovative Chinese catering businesses, adapting to changing contexts and demand.

Future research should create tools for other service industries and develop applications to develop evaluation and recommendation systems for improving the efficiency of logistics and supply chain management in healthy, Chinese catering businesses. Future improvements should include more infographics in the program for ease of use and a more user-friendly interface, making it easier for evaluators to understand and compare, and increasing business satisfaction.

Acknowledgements

This research is part of a project on developing a healthy delivery service model for Chinese-food meals. It falls under the research program on developing healthy Chinese catering recipes, enhancing service safety, and developing a delivery management model, funded by the National Research Council of Thailand (NRCT).

References

Apicbase. (2024). Restaurant supply chain management: 13 best practices. Apicbase Operations Insights. https://get.apicbase.com/restaurant-supply-chain-best-practices/

Awan, M. A., Shafi, M., & Khurshid, S. (2026). The role of artificial intelligence in logistics firm performance with supply chain consistency and logistics capabilities in Saudi Arabia. Logistics. 10(5): 104. https://doi.org/10.3390/logistics10050104

Bratic, D. (2011). Achieving a competitive advantage by supply chain management. IBIMA Business Review, 2011, Article 950518: 1–13.

Civica. (2026). Five ways that technology is transforming the catering industry. Civica Digital Transformation Insights. https://www.civica.com/en-us/insights/catering-4-0/

Chaichan, T. (2012). Research project on logistics management for Chinese banqueting in Wang Nam Khiao District, Nakhon Ratchasima Province (Research report). Suranaree University of Technology.

Charoonsrichotkamjorn, W. (2007). The impact of logistics management efficiency on the competitive advantage of the food industry in Thailand (Doctoral dissertation). Mahasarakham University.

Chopra, S., & Meindl, P. (2001). Supply chain management: Strategy, planning, and operation. Prentice-Hall.

CloudKitchens. (2025). Building a reliable supply chain for your production kitchen. CloudKitchens Culinary Logistics Review. https://cloudkitchens.com/blog/production-kitchen-supply-chain/

Department of Chinese Food. (2015). Thai Chinese banqueting strategy 2015-2017. Ministry of Tourism and Sports.

Department of Mental Health. (2014). Thailand national strategy plan. National Economic and Social Development Council.

Dyah, I. (2015). Halal food marketing: A case study on consumer behavior of chicken-based processed food consumption in central part of Java, Indonesia. Agriculture and Agricultural Science Procedia. 3: 169–172.

Ernst, H., Hoyer, W. D., Krafft, M., & Krieger, K. (2011). Customer relationship management and company performance—the mediating role of new product performance. Journal of the Academy of Marketing Science. 39(2): 290–306.

Hyde, L., Smith, A., Smith, M., & Henningsson, S. (2013). Minimizing waste in the food and drink sector: Using the Business Club approach to facilitate training and organizational development. Journal of Environmental Management. 130: 327–338.

Khaosawat, M., et al. (2008). Sustainable integrated banquet business development in the Mekong River Basin: A logistics comparison. Social Research Institute, Chiang Mai University.

Koh, L. S. C., Demirbag, M., Bayraktar, E., Tatoglu, E., & Zaim, S. (2007). The impact of supply chain management practices on performance of SMEs. Industrial Management & Data Systems. 107(1): 103–124.

La-laeng, P. (2014). Logistics system and development of coastal banquet business in the Gulf of Thailand (Royal Coast) in Chumphon Province and connecting areas. Maejo University.

Lambert, D. M. (2008). Supply chain management: Processes, partnerships, performance (3rd ed.). Supply Chain Management Institute.

Li, S., Ragu-Nathan, B., Ragu-Nathan, T. S., & Subba Rao, S. (2006). The impact of supply chain management practices on competitive advantage and organizational performance. Omega. 34(2): 107–124.

Logistics Bureau, Ministry of Industry. (2015). Green logistics and supply chain management: Innovation and adaptation to enhance business potential. Ministry of Industry.

Mordor Intelligence. (2026). Asia-Pacific food platform-to-consumer delivery market size & share analysis. Mordor Intelligence Reports.

Panin, B., Radivojević, H., & Blagojević, S. (2015). Factors influencing consumers' interest in protected designation of origin products in Serbia. Agriculture & Forestry. 61(4): 91–97.

Panthong, C. (2007). Marketing strategies and opportunities for success of healthy food restaurants in Mueang Si Racha and Pattaya Districts, Chonburi Province (Master's thesis). Burapha University.

Papargyropoulou, E., Lozano, R., Steinberger, J. K., Wright, N., & Ujang, Z. B. (2014). The food waste hierarchy as a framework for the management of food surplus and food waste. Journal of Cleaner Production. 76: 106–115.

Parasuraman, A., Zeithaml, V. A., & Berry, L. L. (1985). A conceptual model of service quality and its implications for future research. Journal of Marketing. 49(4): 41–50.

Parfitt, J., Barthel, M., & Macnaughton, S. (2010). Food waste within food supply chains: Quantification and potential for change to 2050. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences. 365(1554): 3065–3081.

Phuwarodom, N. (2011). Food packaging. S.P.M. Printing.

Porter, M. E. (1985). Competitive advantage: Creating and sustaining superior performance. Free Press.

Precedence Research. (2026). Online food delivery market size to hit USD 694.65 bn by 2035. Precedence Insights. https://www.precedenceresearch.com/online-food-delivery-market

Radnor, Z. J., Bateman, N., Esain, A., Kumar, M., Williams, S. J., & Upton, D. M. (Eds.). (2015). Public service operations management: A research handbook. Routledge.

Sánchez-García, E., Martínez-Falcó, J., Shini, M., Wu, C., & Marco-Lajara, B. (2026). Digital transformation strategy and green supply chain management as drivers of sustainable corporate performance. Wine Economics and Policy. 15(1): 1–20. https://doi.org/10.36253/wep-19504

Satchanakul, O. (2007). Marketing factors important to food consumption decisions in the night market of Mueang District, Maha Sarakham Province (Master's independent study). Maha Sarakham University.

Vachon, S., & Klassen, R. D. (2006). Extending green practices across the supply chain: The impact of upstream and downstream integration. International Journal of Operations & Production Management. 26(7): 795–821.

Wijakkul, S. (2015). Factors influencing attitudes and purchase intentions of ice cream products: The role of consumers' country of origin in Bangkok (Master's independent study). Bangkok University.

World Bank Group. (2019). Thailand: Assessment of observance of the IOSCO objectives and principles of securities regulation (Report No. 142854).

Zheng, T., & Brintrup, A. (2026). Recent applications of artificial intelligence in logistics: An evidence-oriented operational review of studies published since 2024 (Preprint). Preprints.org. https://doi.org/10.20944/preprints202605.0444.v1

Zhou, H., & Benton, W. C. (2007). Supply chain practice and information sharing. Journal of Operations Management. 25(6): 1348–1365.

อิทธิพลของทัศนคติที่มีผลต่อการตัดสินใจใช้เทคโนโลยี AI พากย์เสียงของ Generation Z

The influence of attitudes on generation Z’s decision to adopt AI voice-over technology

วรภพ เรียงอิศราง[1] ศิวดล ภาภิรมย์[1*] และพวงชมพู ไชยอาลา แสงรุ่งเรืองโรจน[1]

Worapohp RiangAltsarang[1], Siwadol Papirom[1*] and Phuangchomphu Chaiala Sangrungruengroj[1]

[1]คณะวิทยาการสารสนเทศ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม มหาสารคาม

[1]Faculty of Informatics, Mahasarakham University, Maha Sarakham

[*]Corresponding Author E-mail Address : siwadol.p@msu.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาระดับทัศนคติการใช้เทคโนโลยี AI พากย์เสียงของ Generation Z 2) ศึกษาระดับการตัดสินใจใช้เทคโนโลยี AI พากย์เสียงของ Generation Z 3) ศึกษาอิทธิพลของทัศนคติที่มีผลต่อการตัดสินใจใช้เทคโนโลยี AI พากย์เสียงของ Generation Z การศึกษานี้ใช้ระเบียบวิธีวิจัยเชิงปริมาณ โดยเก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง 400 คน โดยวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณา ได้แก่ ค่าความถี่ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และทดสอบสมมติฐานด้วยการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ

ผลการวิจัยพบว่า 1) กลุ่ม Generation Z มีระดับความคิดเห็นเกี่ยวกับทัศนคติในภาพรวมอยู่ในระดับปานกลาง 2) มีระดับความคิดเห็นเกี่ยวกับการตัดสินใจอยู่ในระดับปานกลาง 3) ทัศนคติด้านปัญญา ด้านความรู้สึก และด้านพฤติกรรมมีอิทธิพลต่อการตัดสินใจใช้เทคโนโลยี AI พากย์เสียงของ Generation Z อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 สามารถพยากรณ์การตัดสินใจใช้เทคโนโลยี AI พากย์เสียงของ Generation Z ได้ร้อยละ 78

คำสำคัญ: ทัศนคติ การตัดสินใจใช้เทคโนโลยี ปัญญาประดิษฐ์ AI พากย์เสียง เจเนอเรชัน Z

Abstract

This research aimed to: (1) examine the level of attitudes toward AI voice-over technology among Generation Z; (2) investigate the level of decision-making regarding the adoption of AI voice-over technology; and (3) analyze the influence of attitudes on Generation Z’s decision to adopt AI voice-over technology. A quantitative research design was employed. Data were collected from 400 respondents using a structured questionnaire. Descriptive statistics, including frequency, percentage, mean, and standard deviation, were used to analyze the data. Multiple Regression Analysis was conducted to test the hypotheses.

The findings revealed that: (1) the overall level of attitudes toward AI voice-over technology among Generation Z was at a moderate level; (2) the overall level of decision-making regarding the adoption of AI

voice-over technology was also at a moderate level; and (3) cognitive, affective, and behavioral attitudes significantly influenced Generation Z’s decision to adopt AI voice-over technology at the 0.05 level of statistical significance. The model was able to predict 78% of the variance in the decision to adopt AI voice-over technology.

Keywords: Attitude, Technology Adoption, Artificial Intelligence, AI Voice-over, Generation Z

บทนำ

ในยุคดิจิทัล เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence: AI) ได้กลายเป็นส่วนหนึ่งของการสื่อสารและการผลิตสื่อดิจิทัลอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ การพัฒนาของ AI ทำให้กระบวนการสร้างสื่อเปลี่ยนจากการพึ่งพาแรงงานมนุษย์เพียงอย่างเดียวไปสู่การใช้ระบบอัตโนมัติเข้ามาช่วยเพิ่มความรวดเร็วและลดข้อจำกัดในการผลิต ส่งผลให้สื่อออนไลน์ โดยเฉพาะแพลตฟอร์มวิดีโอและสื่อสังคมออนไลน์ กลายเป็นพื้นที่หลักในการนำเสนอเนื้อหา ถ่ายทอดเรื่องราว และเข้าถึงผู้รับสารในสังคมปัจจุบัน

สื่อดิจิทัลเป็นสื่อที่มีผู้ใช้งานจำนวนมาก โดยเฉพาะกลุ่ม Generation Z ซึ่งใช้สื่อดังกล่าวนี้เป็นส่วนหนึ่งของชีวิตประจำวัน ความนิยมของสื่อประเภทนี้ทำให้ผู้สร้างคอนเทนต์ต้องปรับรูปแบบการผลิตให้รวดเร็วและเหมาะสมกับพฤติกรรมผู้ชมมากขึ้น ส่งผลให้มีการนำเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์มาใช้ในกระบวนการผลิตสื่อ หนึ่งในนั้นคือการใช้ AI พากย์เสียงประกอบคลิปวิดีโอ ซึ่งเริ่มพบเห็นได้ทั่วไปบนแพลตฟอร์มวิดีโอสั้น และกลายเป็นประเด็นที่ควรได้รับการศึกษาในด้านการสื่อสาร

เทคโนโลยีการสังเคราะห์เสียงพูดด้วยระบบปัญญาประดิษฐ์ หรือที่เรียกว่า AI พากย์เสียง เป็นเทคโนโลยีที่ถูกพัฒนาอย่างต่อเนื่องเพื่อให้เสียงที่ได้มีความใกล้เคียงกับเสียงมนุษย์มากขึ้น โดยอาศัยกระบวนการเรียนรู้ของระบบปัญญาประดิษฐ์ เทคโนโลยีนี้ช่วยให้การผลิตสื่อด้านเสียงทำได้สะดวกและรวดเร็วขึ้น และถูกนำไปใช้ในงานสื่อดิจิทัลหลากหลายรูปแบบ เช่น คลิปวิดีโอออนไลน์ สื่อการเรียนรู้ และคอนเทนต์บนแพลตฟอร์มดิจิทัล ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่า AI พากย์เสียงเริ่มมีบทบาทต่อกระบวนการสื่อสารในปัจจุบัน (Oord et al., 2016)

อย่างไรก็ตาม แม้ AI พากย์เสียงจะช่วยเพิ่มความสะดวกและลดต้นทุนในการผลิตสื่อ เสียงพากย์ยังคงเป็นองค์ประกอบสำคัญที่ส่งผลต่อการรับรู้ของผู้ชมโดยตรง ทั้งด้านอารมณ์ ความเป็นธรรมชาติ ความเข้าใจเนื้อหา และความน่าเชื่อถือ งานวิจัยพบว่าความสมจริงของเสียงสังเคราะห์อาจทำให้ผู้ชมรับรู้และตอบสนองต่อเนื้อหาแตกต่างจากการฟังเสียงมนุษย์จริง ซึ่งสะท้อนว่าเสียงพากย์จาก AI ไม่ได้ส่งผลต่อผู้ชมในลักษณะเดียวกับเสียงมนุษย์เสมอไป (Kreiman & Sidtis, 2011)

นอกจากนี้ แนวคิดด้านทัศนคติของผู้รับสารเป็นปัจจัยสำคัญที่ใช้ในการอธิบายพฤติกรรมการยอมรับเทคโนโลยี โดยทัศนคติสะท้อนทั้งความคิด ความรู้สึก และแนวโน้มพฤติกรรมของบุคคลที่มีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ซึ่งสามารถส่งผลต่อการตัดสินใจเลือกใช้หรือไม่เลือกใช้เทคโนโลยีนั้นได้ ในบริบทของ AI พากย์เสียง ทัศนคติของผู้ใช้งานหรือผู้รับสารอาจมีบทบาทต่อการรับรู้คุณค่า ความน่าเชื่อถือ และความเหมาะสมของการนำเสียง AI มาใช้ในการสื่อสารผ่านสื่อวิดีโอสั้น และจากการทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่าการศึกษาเกี่ยวกับเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์สามารถช่วยอธิบายแนวโน้มการใช้งานและบทบาทของ AI ในหลากหลายบริบท โดยการศึกษาทัศนคติของกลุ่มผู้ใช้งานต่อ AI พากย์เสียง ในกลุ่ม Generation Z ซึ่งเป็นกลุ่มผู้ใช้งานหลักของแพลตฟอร์มดิจิทัล จะช่วยให้เกิดความเข้าใจเชิงลึกเกี่ยวกับมุมมอง การรับรู้ และแนวโน้มการ

ตัดสินใจในการเลือกใช้เทคโนโลยีดังกล่าวได้ชัดเจนยิ่งขึ้น นอกจากนี้ การศึกษาจะช่วยอธิบายลำดับขั้นการตัดสินใจใช้ AI พากย์เสียงอย่างเป็นระบบ และสามารถช่วยเชื่อมโยงระหว่างทัศนคติของผู้ใช้งานกับพฤติกรรมการตัดสินใจได้เป็นอย่างดี

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาทัศนคติของกลุ่ม Generation Z ต่อการใช้ AI พากย์เสียง โดยพิจารณาทั้งด้านความคิด ความรู้สึก และแนวโน้มพฤติกรรม รวมถึงศึกษากระบวนการตัดสินใจในการเลือกใช้ AI พากย์เสียงตามลำดับขั้นของโมเดล AIDA เพื่อทำความเข้าใจว่าทัศนคติในแต่ละด้านมีความสัมพันธ์และส่งผลต่อกระบวนการตัดสินใจใช้เทคโนโลยีดังกล่าวอย่างไร โดยผลการวิจัยที่คาดหวังจะช่วยสะท้อนมุมมองของกลุ่มผู้ใช้งานรุ่นใหม่ต่อการใช้ AI พากย์เสียง และสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาการผลิตสื่อดิจิทัลให้สอดคล้องกับการรับรู้และพฤติกรรมของผู้ชมในยุคปัจจุบันได้อย่างมีประสิทธิภาพ

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาระดับทัศนคติการใช้เทคโนโลยี AI พากย์เสียงของ Generation Z
2. เพื่อศึกษาระดับการตัดสินใจใช้เทคโนโลยี AI พากย์เสียงของ Generation Z
3. เพื่อศึกษาอิทธิพลของทัศนคติที่มีผลต่อการตัดสินใจใช้เทคโนโลยี AI พากย์เสียงของ Generation Z

วรรณกรรม

แนวคิดเกี่ยวกับทัศนคติ

เป็นสภาวะทางจิตใจของบุคคลที่สะท้อนการประเมินค่าและแนวโน้มในการตอบสนองต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง โดยเกิดจากกระบวนการรับรู้และการเรียนรู้จากประสบการณ์ที่ผ่านมา และมีอิทธิพลต่อการตัดสินใจและพฤติกรรมของบุคคล (ธีระพร อุวรรณโณ, 2558) ประกอบด้วยองค์ประกอบ 3 ด้าน ได้แก่ 1) ด้านปัญญา ซึ่งเกี่ยวข้องกับความคิดและความเชื่อ 2) ด้านความรู้สึก ซึ่งสะท้อนอารมณ์หรือความพึงพอใจ และ 3) ด้านพฤติกรรม ซึ่งแสดงถึงความตั้งใจหรือแนวโน้มในการแสดงออก

แนวคิดเกี่ยวกับกระบวนการตอบสนองไอดาโมเดล (AIDA Model)

เป็นแนวคิดที่ใช้อธิบายกระบวนการตอบสนองของผู้รับสารต่อการสื่อสาร โดยอธิบายลำดับขั้นของการรับรู้และการตัดสินใจของบุคคล ตั้งแต่การเกิดความตั้งใจสนใจต่อสาร (Attention) การเกิดความสนใจติดตามสารนั้น (Interest) การก่อให้เกิดความต้องการหรือการยอมรับ (Desire) จนไปสู่การกระทำหรือการตัดสินใจตอบสนองต่อสาร (Action) โดยในงานวิจัยนี้ โมเดล AIDA สามารถนำมาใช้อธิบายกระบวนการตัดสินใจของกลุ่ม Generation Z ต่อการใช้ AI พากย์เสียงในสื่อวิดีโอสั้น ซึ่งสะท้อนถึงการรับรู้เสียงพากย์จาก AI การประเมินความน่าสนใจและความเหมาะสมของเสียง ไปจนถึงการตัดสินใจยอมรับหรือเลือกใช้ AI พากย์เสียงในกระบวนการผลิตสื่อ (Tristanto et al., 2021)

แนวคิดเกี่ยวกับเทคโนโลยี AI พากย์เสียง

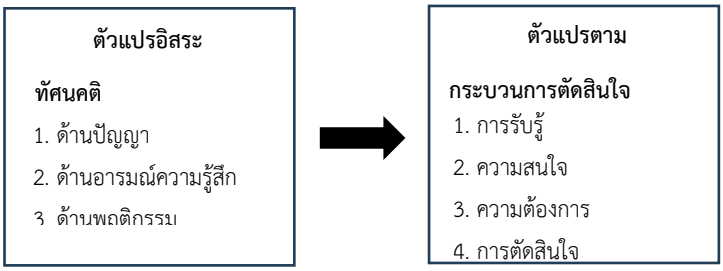
เป็นระบบที่ใช้ปัญญาประดิษฐ์สร้างเสียงบรรยายหรือเสียงพูดโดยอัตโนมัติ โดยไม่ต้องอาศัยการพากย์เสียงจากมนุษย์โดยตรง ระบบนี้มักอาศัยระบบการเรียนรู้ของปัญญาประดิษฐ์ (Machine Learning) ร่วมกับการประมวลผลเสียงเพื่อสร้างเสียงพูดจากข้อความ ซึ่งช่วยลดต้นทุนการผลิตและเพิ่มความรวดเร็วในการสร้างคอนเทนต์ดิจิทัล เทคโนโลยี AI พากย์เสียงถูกนำมาใช้ในสื่อวิดีโอสั้นและโฆษณาดิจิทัลอย่างแพร่หลาย แม้ว่าการศึกษาพบว่าการใช้เสียงมนุษย์ จะมีข้อได้เปรียบด้านการ

รับรู้ของผู้ชมและเพิ่มประสิทธิภาพของสารได้มากกว่า แต่ AI ยังคงเป็นส่วนสำคัญในการพัฒนารูปแบบการสื่อสารและการผลิตสื่อออนไลน์ (Wang, Zhang & Jiang, 2024)

แนวคิดเกี่ยวกับ Generation Z

กลุ่มประชากรที่เกิดในช่วงประมาณปี พ.ศ. 2540 เป็นต้นมา ซึ่งเติบโตมาพร้อมกับเทคโนโลยีดิจิทัล อินเทอร์เน็ต และสื่อสังคมออนไลน์ ทำให้มีพฤติกรรมการสื่อสารและการรับสื่อแตกต่างจากคนรุ่นก่อน กลุ่ม Generation Z มีความคุ้นเคยกับสื่อดิจิทัลรูปแบบวิดีโอ ที่เน้นความรวดเร็ว กระชับ และเข้าถึงง่าย นอกจากนี้ Generation Z ยังให้ความสำคัญกับประสบการณ์การรับสื่อ ความน่าเชื่อถือของเนื้อหา และรูปแบบการสื่อสารที่สอดคล้องกับไลฟ์สไตล์ของตนเอง ซึ่งส่งผลต่อการรับรู้และการตัดสินใจในการยอมรับเทคโนโลยีใหม่ รวมถึงเทคโนโลยี AI ที่นำมาใช้ในงานสื่อสาร (DEPA, 2022)

กรอบแนวคิด



รูปที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

วิธีการดำเนินการวิจัย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ ผู้ใช้สื่อออนไลน์ที่อยู่ในกลุ่ม Generation Z มีอายุระหว่าง 18–29 ปี กำลังศึกษา ทำงาน หรืออาศัยภายในจังหวัดมหาสารคาม และเป็นผู้เคยใช้หรือเคยรับชมคลิปที่มีการใช้AI พากย์เสียง

การกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างครั้งนี้ เนื่องจากไม่ทราบจำนวนที่แท้จริงของขนาดประชากร ผู้วิจัยจึงกำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่างด้วยวิธีของคอแครน (Cochran, 1977) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้เกิดขึ้น 5% ได้ขนาดกลุ่มตัวอย่างเท่ากับ 385 ราย และเพื่อป้องกันความคลาดเคลื่อนจากข้อมูลที่ไม่สมบูรณ์ ผู้วิจัยจึงกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างในการวิจัย ครั้งนี้จำนวน 400 คน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ผู้วิจัยใช้แบบสอบถามในการเก็บรวบรวมข้อมูล ประกอบไปด้วย 1) ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม ได้แก่ เพศ อายุ ระดับการศึกษา อาชีพ และรายได้เฉลี่ยต่อเดือน 2) ระดับทัศนคติการใช้เทคโนโลยี AI พากย์เสียงของ Generation Z ได้แก่ ด้านปัญญา ด้านความรู้สึก และด้านพฤติกรรม 3) ระดับการตัดสินใจใช้เทคโนโลยี AI พากย์เสียงของ Generation Z ได้แก่ การรับรู้ ความสนใจ ความต้องการ และการตัดสินใจ โดยลักษณะของแบบสอบถามเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) ตามแบบของ Likert โดยมีระดับคะแนนให้เลือกตอบ 5 ระดับ กำหนดระดับความคิดเห็นจากมากไปหาน้อย ตามเกณฑ์การให้คะแนน คือ 5 = มากที่สุด, 4 = มาก, 3 = ปานกลาง, 2 = น้อย, และ 1 = น้อยที่สุด

ผู้วิจัยได้ทำการตรวจสอบความน่าเชื่อถือของแบบสอบถาม โดยเริ่มจากการเก็บข้อมูลของกลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 คน และทำการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ SPSS พบว่าการวิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่น ของตัวแปรจากมาตรวัดมีค่าเท่ากับ 0.93 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มีความน่าเชื่อถือ (Hair et al., 2006)

การรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลผ่านระบบ Google form จำนวน 400 ตัวอย่าง โดยคัดกรองเฉพาะผู้ตอบแบบสอบถามที่เป็นกลุ่ม Generation Z มีอายุระหว่าง 18–29 ปี และเป็นผู้เคยใช้หรือเคยรับชมคลิปที่มีการใช้ AI พากย์เสียงบนสื่อสังคมออนไลน์

การวิเคราะห์ข้อมูล

1) ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับระดับทัศนคติ และระดับการตัดสินใจใช้เทคโนโลยี AI พากย์เสียง ด้วยสถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistic) ประกอบด้วย ค่าความถี่ (Frequency) ร้อยละ (Percentage) ค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)

2) ผู้วิจัยทดสอบข้อมูลด้วยการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (Multiple Regression Analysis) เพื่อทดสอบทัศนคติที่มีผลต่อการตัดสินใจใช้เทคโนโลยี AI พากย์เสียงของ Generation Z โดยพิจารณาระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05

ผลการวิจัย

ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม จำนวน 400 คน พบว่า ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง จำนวน 222 คน คิดเป็นร้อยละ 55.50 มีอายุอยู่ในช่วง 18 – 20 ปี จำนวน 239 คน คิดเป็นร้อยละ 59.80 มีการศึกษาระดับปริญญาตรีหรือเทียบเท่า จำนวน 295 คน คิดเป็นร้อยละ 73.80 มีอาชีพนักเรียน/นักศึกษา จำนวน 373 คน คิดเป็นร้อยละ 93.30 และมีรายได้ต่อเดือนต่ำกว่า 10,000 บาท จำนวน 303 คน คิดเป็นร้อยละ 75.8

1. ผลการวิจัยตามวัตถุประสงค์ที่ 1 ระดับทัศนคติการใช้เทคโนโลยี AI พากย์เสียงของ Generation Z

ตารางที่ 1 การวิเคราะห์ระดับทัศนคติการใช้เทคโนโลยี AI พากย์เสียงของ Generation Z

ทัศนคติการใช้เทคโนโลยี AI พากย์เสียงของ Generation Z	ค่าเฉลี่ย	S.D.	ระดับ
1. ด้านปัญญา	3.99	0.63	มาก
2. ด้านความรู้สึก	2.83	1.02	ปานกลาง
3. ด้านพฤติกรรม	2.73	1.12	ปานกลาง
เฉลี่ยรวม	3.18	0.76	ปานกลาง

จากตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ระดับทัศนคติการใช้เทคโนโลยี AI พากย์เสียงของ Generation Z พบว่า โดยรวมอยู่ในระดับปานกลาง โดยมีค่าคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.18 (S.D. = 0.76) เมื่อพิจารณารายด้านพบว่า ด้านที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุดคือ ด้านปัญญาโดยมีค่าคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.99 (S.D. = 0.63) รองลงมาคือด้านความรู้สึก มีค่าคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 2.83 (S.D. = 1.02) และด้านที่มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด คือ ด้านพฤติกรรม โดยมีค่าคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 2.73 (S.D. = 1.12) ซึ่งสามารถสรุปเป็นรายด้านได้ดังนี้

ด้านปัญญา โดยรวมอยู่ในระดับมาก มีค่าคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.99 (S.D. = 0.63) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า ท่านทราบว่า AI พากย์เสียงสามารถสร้างเสียงได้หลายรูปแบบ มีค่าคะแนนเฉลี่ยมากที่สุดเท่ากับ 4.33 (S.D. = 0.85) รองลงมา คือ

ท่านทราบว่าเสียง AI มีความแตกต่างจากเสียงมนุษย์ มีค่าคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.26 (S.D. = 0.93) ถัดมาคือ ท่านเข้าใจว่า AI พากย์เสียงช่วยลดเวลาในการผลิตวิดีโอ มีค่าคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.11 (S.D. = 0.99)

ด้านความรู้สึก โดยรวมอยู่ในระดับปานกลาง มีค่าคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 2.83 (S.D. = 1.02) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า ท่านรู้สึกยินดีรับฟังข้อมูลผ่านเสียงพากย์จาก AI มีค่าคะแนนเฉลี่ยมากที่สุดเท่ากับ 3.07 (S.D. = 1.19) รองลงมา คือ ท่านรู้สึกในเชิงบวกต่อการนำ AI มาใช้พากย์เสียงในสื่อดิจิทัล มีค่าคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.05 (S.D. = 1.19) ถัดมาคือ ท่านรู้สึกว่าการใช้ AI พากย์เสียงทำให้คอนเทนต์ดูทันสมัย มีค่าคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 2.92 (S.D. = 1.24)

ด้านพฤติกรรม โดยรวมอยู่ในระดับปานกลาง มีค่าคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 2.73 (S.D. = 1.12) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า ท่านอาจเลือกใช้ AI พากย์เสียงแทนเสียงมนุษย์ในบางกรณี มีค่าคะแนนเฉลี่ยมากที่สุดเท่ากับ 3.15 (S.D. = 1.23) รองลงมา คือ ท่านมีแผนจะเลือกใช้ AI พากย์เสียงในการผลิตวิดีโอของตนเอง มีค่าคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 2.74 (S.D. = 1.35) ถัดมาคือ ท่านมีแนวโน้มสนับสนุนสื่อที่มีการนำ AI พากย์เสียงมาใช้มีค่าคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 2.65 (S.D. = 1.26)

2. ผลการวิจัยตามวัตถุประสงค์ที่ 2 ระดับการตัดสินใจใช้เทคโนโลยี AI พากย์เสียงของ Generation Z

ตารางที่ 2 การวิเคราะห์การตัดสินใจใช้เทคโนโลยี AI พากย์เสียงของ Generation Z

การตัดสินใจใช้เทคโนโลยี AI พากย์เสียงของ Generation Z	ค่าเฉลี่ย	S.D.	ระดับ
1. การรับรู้	3.77	0.70	มาก
2. ความสนใจ	2.93	1.07	ปานกลาง
3. ความต้องการ	3.05	1.06	ปานกลาง
4. การตัดสินใจ	3.06	1.05	ปานกลาง
เฉลี่ยรวม	3.20	0.84	ปานกลาง

จากตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ระดับการตัดสินใจใช้เทคโนโลยี AI พากย์เสียงของ Generation Z พบว่า โดยรวมอยู่ในระดับปานกลาง โดยมีค่าคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.20 (S.D. = 0.84) เมื่อพิจารณารายด้านพบว่า ด้านที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุดคือ ด้านการรับรู้โดยมีค่าคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.77 (S.D. = 0.70) รองลงมาคือด้านการตัดสินใจ มีค่าคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.06 (S.D. = 1.05) ถัดมาคือด้านความต้องการ มีค่าคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.05 (S.D. = 1.06) และด้านที่มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด คือ ด้านความสนใจ โดยมีค่าคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 2.93 (S.D. = 1.07) ซึ่งสามารถสรุปเป็นรายด้านได้ดังนี้

ด้านการรับรู้ โดยรวมอยู่ในระดับมาก มีค่าคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.77 (S.D. = 0.70) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า ท่านสามารถรับรู้ได้ว่าวิดีโอใช้เทคโนโลยี AI พากย์เสียง มีค่าคะแนนเฉลี่ยมากที่สุดเท่ากับ 4.17 (S.D. = 0.93) รองลงมา คือ ท่านสังเกตเห็นเมื่อวิดีโอมีการใช้เสียงพากย์จาก AI มีค่าคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.02 (S.D. = 0.99) ถัดมาคือ เสียง AI ที่แตกต่างจากเสียงทั่วไปสามารถดึงดูดความสนใจของท่านได้ มีค่าคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.15 (S.D. = 1.12)

ด้านการตัดสินใจ โดยรวมอยู่ในระดับปานกลาง มีค่าคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.06 (S.D. = 1.05) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า ท่านตัดสินใจรับชมวิดีโอจนจบเมื่อเสียง AI เหมาะสมกับเนื้อหา มีค่าคะแนนเฉลี่ยมากที่สุดเท่ากับ 3.33 (S.D. = 1.15) รองลงมา คือ ท่านตัดสินใจเลือกดูหรือแชร์วิดีโอที่ใช้เสียง AI หากเห็นว่ามีคุณภาพ มีค่าคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.23 (S.D. = 1.17) ถัดมาคือ ท่านมีแนวโน้มจะเลือกใช้ AI พากย์เสียงในการสร้างคอนเทนต์ของตนเอง มีค่าคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 2.85 (S.D. = 1.30)

ด้านความต้องการ โดยรวมอยู่ในระดับปานกลาง มีค่าคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.05 (S.D. = 1.06) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า ท่านต้องการทดลองใช้ AI พากย์เสียงอย่างน้อยหนึ่งครั้งในการสร้างคอนเทนต์ของตน มีค่าคะแนนเฉลี่ยมากที่สุดเท่ากับ 3.38 (S.D. = 1.12) รองลงมา คือ ต้องการใช้ AI พากย์เสียงเป็นทางเลือกหลักในการผลิตสื่อของตน มีค่าคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 2.99 (S.D. = 1.26) ถัดมาคือ ท่านต้องการพัฒนาทักษะการใช้ AI พากย์เสียงเพื่อให้ผลงานของตนมีคุณภาพมากขึ้น มีค่าคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 2.75 (S.D. = 1.25)

ด้านความสนใจ โดยรวมอยู่ในระดับปานกลาง มีค่าคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 2.93 (S.D. = 1.07) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า ท่านสนใจศึกษาวิธีการใช้ AI พากย์เสียงมากขึ้น มีค่าคะแนนเฉลี่ยมากที่สุดเท่ากับ 3.05 (S.D. = 1.21) รองลงมา คือ ท่านให้ความสนใจกับคอนเทนต์ที่มีการใช้ AI พากย์เสียง มีค่าคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 2.88 (S.D. = 1.21) ถัดมาคือ การใช้เสียง AI ทำให้ท่านสนใจติดตามวิดีโอต่อ มีค่าคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 2.88 (S.D. = 1.17)

3. การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณของทัศนคติที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจใช้เทคโนโลยี AI พากย์เสียงของ Generation Z

ตารางที่ 3 การวิเคราะห์ทัศนคติที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจใช้เทคโนโลยี AI พากย์เสียงของ Generation Z

ทัศนคติ	B	β	S.E.	t	Sig.
ค่าคงที่ (α)	0.784		.129	6.068	.000
1. ด้านปัญญา	.127	.096	.032	3.972	.000
2. ด้านความรู้สึก	.294	.358	.038	7.707	.000
3. ด้านพฤติกรรม	.396	.529	.035	11.417	.000
$R = 0.883^a$, $R^2 = 0.780$, Adjusted $R^2 = 0.779$, $F = 468.746$, $SE = 0.396$					

หมายเหตุ: * ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณของทัศนคติที่มีอิทธิพลผลต่อการตัดสินใจใช้เทคโนโลยี AI พากย์เสียงของ Generation Z พบว่า ด้านปัญญา ด้านความรู้สึก และด้านพฤติกรรม มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจใช้เทคโนโลยี AI พากย์เสียงของ Generation Z อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 สามารถนำค่าสถิติที่เกี่ยวข้องมาเขียนรายงาน โดยในระบบสมการสามารถอธิบายความสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระที่ส่งผลเชิงบวกต่อตัวแปรตามได้ร้อยละ 77.90 (สัมประสิทธิ์การกำหนดแบบปรับแก้เท่ากับ Adj. $R^2 = 0.779$) ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณเท่ากับ 0.883 ($R = 0.883^a$) ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการพยากรณ์เท่ากับ 0.396 (S.E.est = 0.396) ค่าคงที่ของสมการการถดถอยเชิงพหุในรูปแบบคะแนนดิบเท่ากับ 0.784 (a =0.784) ซึ่งสามารถเขียนเป็นสมการถดถอยได้ คือ Y = 0.784 + 0.127(ปัญญา) + 0.294 (ความรู้สึก) + 0.396(พฤติกรรม) และสรุปเป็นรายด้านได้ดังนี้

ทัศนคติด้านปัญญามีอิทธิพลต่อการตัดสินใจใช้เทคโนโลยี AI พากย์เสียงของ Generation Z อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 0.05 (β=.096, S.E.=.032 $p < 0.05$) ดังนั้น จึงมีอิทธิพล

ทัศนคติด้านความรู้สึกมีอิทธิพลต่อการตัดสินใจใช้เทคโนโลยี AI พากย์เสียงของ Generation Z อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 0.05 (β=0.358, S.E.=.038 $p < 0.05$) ดังนั้น จึงมีอิทธิพล

ทัศนคติด้านพฤติกรรมมีอิทธิพลต่อการตัดสินใจใช้เทคโนโลยี AI พากย์เสียงของ Generation Z อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 0.05 (β=0.529, S.E.=.035 $p < 0.05$) ดังนั้น จึงมีอิทธิพล

การอภิปรายผล

1.ผลการศึกษาระดับทัศนคติการใช้เทคโนโลยี AI พากย์เสียงของ Generation Z พบว่า ความคิดเห็นเกี่ยวกับทัศนคติโดยรวมอยู่ในระดับปานกลาง เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่า ด้านปัญญา มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด ข้อคำถามที่กลุ่มตัวอย่างให้ความสำคัญคือ ท่านทราบว่า AI พากย์เสียงสามารถสร้างเสียงได้หลายรูปแบบ รองลงมาคือ ด้านความรู้สึก ข้อคำถามที่กลุ่มตัวอย่างให้ความสำคัญคือ ท่านรู้สึกยินดีรับฟังข้อมูลผ่านเสียงพากย์จาก AI และด้านพฤติกรรม ข้อคำถามที่กลุ่มตัวอย่างให้ความสำคัญคือ ท่านอาจเลือกใช้ AI พากย์เสียงแทนเสียงมนุษย์ในบางกรณี สะท้อนให้เห็นว่า ถึงแม้ Generation Z จะมีการรับรู้และความเข้าใจของศักยภาพด้านเทคโนโลยี AI ค่อนข้างดี แต่ก็ยังไม่ได้พัฒนาไปสู่ความรู้สึกเชิงบวกหรือพฤติกรรมการใช้งานอย่างชัดเจน กล่าวคือ กลุ่มตัวอย่างรู้ว่าเทคโนโลยีทำอะไรได้ แต่ยังไม่ได้รู้สึกผูกพันหรือตัดสินใจใช้อย่างชัดเจน ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Rosenberg and Hovland (1960) ที่ได้อธิบายว่า ทัศนคติประกอบด้วย 3 ด้าน ได้แก่ ด้านปัญญา ด้านความรู้สึก และด้านพฤติกรรม อาจไม่ได้พัฒนาไปในระดับเดียวกันเสมอไป บุคคลอาจมีความรู้หรือความเข้าใจสูงแต่ยังไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงทางอารมณ์หรือการแสดงออกทางพฤติกรรมในทันที และผลการศึกษาของ Ajzen (1991) ที่ได้อธิบายว่าการรับรู้หรือความเชื่อเพียงอย่างเดียวไม่เพียงพอต่อการเปลี่ยนแปลงที่จะนำไปสู่การกระทำ แต่ต้องผ่านกระบวนการตั้งใจและแรงจูงใจก่อนจึงจะเกิดพฤติกรรมจริง ทั้งนี้ในบริบทของสื่อดิจิทัล กลุ่ม Generation Z แม้จะเป็นกลุ่มที่เติบโตมากับเทคโนโลยีดิจิทัลและมีความคุ้นเคยกับ AI แต่ยังให้ความสำคัญกับประสบการณ์การรับสื่อ ความสมจริงของเสียง และความรู้สึกเชื่อมโยงทางอารมณ์กับคอนเทนต์ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Glikson and Woolley (2020) ที่อธิบายว่าความไว้วางใจและการยอมรับ AI ของผู้ใช้งานขึ้นอยู่กับระดับความเป็นธรรมชาติและความสามารถในการสื่อสารของระบบ AI หากผู้ใช้งานรู้สึกว่า AI ยังขาดความเป็นธรรมชาติหรือทำให้เกิดความรู้สึกแปลก ก็อาจส่งผลให้เกิดการไม่ยอมรับเทคโนโลยีได้ นอกจากนี้ การศึกษายังสอดคล้องกับ Wang, Zhang, and Jiang (2024) ที่ค้นพบว่า แม้ AI voice-over จะช่วยเพิ่มความรวดเร็วและลดต้นทุนในการผลิตสื่อดิจิทัล แต่เสียงมนุษย์ยังคงมีบทบาทสำคัญต่อการสร้างอารมณ์ร่วมและมีข้อได้เปรียบทางการรับรู้ของผู้ชมได้ดีกว่าในบางบริบท โดยเฉพาะคอนเทนต์ที่ต้องอาศัยอารมณ์ ความน่าเชื่อถือ หรือการสื่อสารเชิงความรู้สึก ซึ่งอาจอธิบายได้ว่าทำไมกลุ่มตัวอย่างจึงมีระดับการยอมรับด้านความรู้สึกและด้านพฤติกรรมอยู่เพียงระดับปานกลาง

2. ผลการศึกษาระดับการตัดสินใจใช้เทคโนโลยี AI พากย์เสียงของ Generation Z พบว่า ความคิดเห็นเกี่ยวกับการตัดสินใจ โดยรวมอยู่ในระดับปานกลาง เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่า ด้านการรับรู้ มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด ข้อคำถามที่กลุ่มตัวอย่างให้ความสำคัญคือ ท่านสามารถรับรู้ได้ว่าวิดีโอใช้เทคโนโลยี AI พากย์เสียง รองลงมา ด้านการตัดสินใจ ข้อคำถามที่กลุ่มตัวอย่างให้ความสำคัญคือ ท่านตัดสินใจรับชมวิดีโอจนจบเมื่อเสียง AI เหมาะสมกับเนื้อหา ถัดมาเป็นด้านความต้องการ ข้อคำถามที่กลุ่มตัวอย่างให้ความสำคัญคือ ท่านต้องการทดลองใช้ AI พากย์เสียงอย่างน้อยหนึ่งครั้งในการสร้างคอนเทนต์ของตน และด้านความสนใจ ข้อคำถามที่กลุ่มตัวอย่างให้ความสำคัญคือ ท่านสนใจศึกษาวิธีการใช้ AI พากย์เสียงมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิด AIDA Model (Tristanto et al., 2021) ที่ได้อธิบายว่า การตอบสนองต่อสิ่งใหม่จะเริ่มจากการรับรู้ก่อนพัฒนาไปสู่ความสนใจ ความต้องการ และการกระทำหรือการตัดสินใจ ตามลำดับ โดยจากผลการศึกษาระดับการตัดสินใจของ Generation Z จากงานวิจัยนี้ อยู่ในขั้นการรับรู้ที่ค่อนข้างชัดเจน แต่การพัฒนาไปสู่ขั้นความสนใจ ความต้องการ และการกระทำ ยังอยู่ในระดับปานกลาง แสดงให้เห็นว่ากลุ่มตัวอย่างยังอยู่ในช่วงพิจารณาและประเมินความเหมาะสมของ

เทคโนโลยี AI ทั้งนี้ยังสอดคล้องกับ แนวคิดการยอมรับเทคโนโลยีของ Davis (1989) ที่ได้อธิบายไว้ว่า แม้ผู้ใช้งานส่วนมากจะรับรู้ถึงประโยชน์ของเทคโนโลยี แต่การตัดสินใจใช้งานจริง ๆ นั้นยังขึ้นอยู่กับความเชื่อมั่น ความเหมาะสม และประสบการณ์ใช้งานโดยตรง นอกจากนี้ แม้ Generation Z จะเป็นกลุ่มผู้ใช้งานดิจิทัลที่คุ้นเคยกับเทคโนโลยี AI แต่การตัดสินใจใช้งานจริงยังขึ้นอยู่กับประสบการณ์ของผู้รับสารและระดับความไว้วางใจต่อระบบ AI ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Dwivedi et al. (2021) ที่อธิบายว่า การยอมรับเทคโนโลยี AI ในยุคดิจิทัลไม่ได้ขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของระบบเพียงอย่างเดียว แต่ยังเกี่ยวข้องกับการรับรู้ด้านความน่าเชื่อถือ ความโปร่งใส และประสบการณ์ของผู้ใช้งานร่วมด้วย โดยเฉพาะเทคโนโลยี AI ที่เกี่ยวข้องกับการสื่อสารหรือการสร้างเนื้อหา ผู้ใช้งานมักให้ความสำคัญกับความเป็นธรรมชาติและความสมจริงของผลลัพธ์ที่ AI สร้างขึ้น กล่าวโดยสรุป แม้ Generation Z จะรับรู้และแยกแยะเสียง AI ได้ดี แต่การตัดสินใจใช้อย่างจริงจังนั้น ยังต้องอาศัยปัจจัยเพิ่มเติม เช่น คุณภาพเสียง ความเป็นธรรมชาติ และความเหมาะสมกับบริบทของเนื้อหา

3. ผลการศึกษาอิทธิพลของทัศนคติที่มีผลต่อการตัดสินใจใช้เทคโนโลยี AI พากย์เสียงของ Generation Z สามารถอธิบายได้ดังนี้

ทัศนคติด้านปัญญามีอิทธิพลต่อการตัดสินใจใช้เทคโนโลยี AI พากย์เสียงของ Generation Z เนื่องจากผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่ทราบว่า AI พากย์เสียงสามารถสร้างเสียงได้หลากหลายรูปแบบ สามารถแยกความแตกต่างระหว่างเสียงมนุษย์กับเสียง AI ได้ และเข้าใจว่าเทคโนโลยีช่วยลดเวลาในการผลิตวิดีโอ ความเข้าใจเหล่านี้ทำให้ผู้ใช้งานสามารถประเมินได้ด้วยตนเองว่า AI เหมาะสมกับงานประเภทใด แนวทางในการผลิตสื่อควรแสดงให้เห็นถึงคุณค่าและความสามารถของ AI ให้ชัดเจน เช่น ความรวดเร็ว ความหลากหลายของเสียง หรือความยืดหยุ่นในการผลิต เนื่องจากผู้ชมรุ่นใหม่ไม่ได้ปฏิเสธเทคโนโลยี แต่จะตัดสินใจจากความเข้าใจในประโยชน์ของเทคโนโลยี ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Venkatesh and Davis (2000) ที่อธิบายว่า เมื่อผู้ใช้งานเข้าใจว่าเทคโนโลยีช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทำงาน ลดเวลา และมีความยืดหยุ่นในการใช้งาน จะทำให้เกิดการประเมินทางบวกและนำไปสู่ความตั้งใจใช้จริง นอกจากนี้การศึกษาของ Choung, David, and Ross (2023) ที่อธิบายว่า การยอมรับ AI ของผู้บริโภคยุคดิจิทัลไม่ได้ขึ้นอยู่กับความล้ำสมัยของเทคโนโลยีเพียงอย่างเดียว แต่ขึ้นอยู่กับการรับรู้ว่า AI สามารถตอบสนองต่อการใช้งานจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพและเหมาะสมกับบริบทของผู้ใช้ แสดงให้เห็นว่า Generation Z มีแนวโน้มเปิดรับ AI มากขึ้นเมื่อเทคโนโลยีสามารถช่วยเพิ่มความคล่องตัวในการสร้างสรรค์คอนเทนต์และลดข้อจำกัดด้านเวลาในการผลิตสื่อ ดังนั้น การผลิตสื่อที่ใช้ AI พากย์เสียงควรแสดงให้ผู้ชมเห็นถึงคุณค่าเชิงการใช้งานของ AI เช่น ความรวดเร็ว ความยืดหยุ่น หรือความสามารถในการสร้างเสียงได้หลากหลายรูปแบบ เพื่อเพิ่มระดับการยอมรับและความเชื่อมั่นต่อเทคโนโลยีในระยะยาว

ทัศนคติด้านความรู้สึกมีอิทธิพลต่อการตัดสินใจใช้เทคโนโลยี AI พากย์เสียงของ Generation Z เนื่องจากผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่รู้สึกยินดีรับฟังข้อมูลผ่านเสียงพากย์จาก AI และการมีความรู้สึกเชิงบวกต่อการนำ AI มาใช้ในสื่อดิจิทัลแสดงให้เห็นถึงอารมณ์และความรู้สึกต่อเทคโนโลยีมีบทบาทสำคัญต่อกระบวนการตัดสินใจ เพราะหากผู้ใช้งานรู้สึกเปิดใจหรือรู้สึกสบายใจกับเสียงพากย์ AI ก็จะมีแนวโน้มยอมรับและใช้งานมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Glikson and Woolley (2020) ที่อธิบายว่า หากผู้ใช้รู้สึกว่า AI มีลักษณะที่เป็นธรรมชาติ สื่อสารได้ราบรื่น และไม่ทำให้เกิดความรู้สึกแปลกแยก โอกาสในการยอมรับก็จะสูงขึ้น นอกจากนี้ การศึกษาของ Sundar (2020) ได้อธิบายว่า การยอมรับ AI ในบริบทการสื่อสารขึ้นอยู่กับระดับความเป็นธรรมชาติและประสบการณ์เชิงอารมณ์ที่ผู้ใช้งานได้รับจากการปฏิสัมพันธ์กับระบบ AI หากผู้ใช้งานรู้สึกว่า AI สามารถสื่อสารได้อย่างราบรื่นและไม่สร้างความรู้สึกแปลก ก็จะส่งผลต่อระดับการยอมรับเทคโนโลยีในทางบวก ดังนั้น การออกแบบ AI พากย์เสียงสำหรับสื่อดิจิทัลควรให้ความสำคัญกับคุณภาพด้านอารมณ์ของเสียง ไม่ใช่เพียงความชัดเจนของคำพูดเท่านั้น เพื่อช่วยสร้างความรู้สึกสบายใจและลดแรงต้านทางอารมณ์ของผู้รับสารดังนั้น แนวทางการผลิต

สื่อ ควรให้ความสำคัญกับประสบการณ์ทางอารมณ์ของผู้ชม เสียง AI ควรมีจังหวะ น้ำหนักคำ และโทนที่เหมาะสมกับเนื้อหา เพื่อไม่ให้ผู้ชมรู้สึกถึงความแข็งของน้ำเสียงจนเกินไป นอกจากนี้ ควรเริ่มใช้ AI อย่างค่อยเป็นค่อยไป เช่น ใช้ในบางช่วงของวิดีโอ หรือเลือกใช้ในเนื้อหาที่เน้นข้อมูลมากกว่าอารมณ์ อาจช่วยสร้างความคุ้นเคยและลดแรงสับสนทางความรู้สึกได้ เมื่อผู้ชมเริ่มรู้สึกสบายใจกับเสียง AI แล้ว โอกาสในการยอมรับและติดตามคอนเทนต์ก็จะเพิ่มขึ้นตามลำดับ

ทัศนคติด้านพฤติกรรมมีอิทธิพลต่อการตัดสินใจใช้เทคโนโลยี AI พากย์เสียงของ Generation Z เนื่องจากผู้ใช้งานส่วนมากอาจเลือกใช้ AI พากย์เสียงแทนเสียงมนุษย์ในบางกรณี รวมถึงการมีแผนจะเลือกใช้ AI พากย์เสียงในการผลิตวิดีโอของตนเอง แสดงให้เห็นถึงแนวโน้มพิจารณาเลือกใช้เทคโนโลยี AI ตามความเหมาะสมของบริบทและเนื้อหา ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Ajzen (1991) ที่อธิบายว่า ความตั้งใจเชิงพฤติกรรม สามารถทำนายการกระทำจริงได้มากที่สุด หากบุคคลมีแนวโน้มจะทำหรือมีแผนจะทำสิ่งใด โอกาสที่พฤติกรรมนั้นจะเกิดขึ้นจริงก็จะสูงขึ้นตามไปด้วย และการศึกษาของ Rogers (2003) ที่อธิบายว่า การยอมรับนวัตกรรมจะเกิดขึ้นเมื่อผู้ใช้งานเห็นว่าเทคโนโลยีนั้นมีความเหมาะสมกับบริบทและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้อย่างสอดคล้องกับลักษณะงานของตน นอกจากนี้การศึกษาของ Kaplan and Haenlein (2020) ที่อธิบายว่า ผู้บริโภคยุคใหม่มักยอมรับ AI เมื่อเทคโนโลยีสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานร่วมกับมนุษย์ได้ มากกว่าการลดบทบาทของมนุษย์ออกจากกระบวนการทั้งหมด แสดงให้เห็นว่า การตัดสินใจใช้ AI ของ Generation Z ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของบริบท เช่น ประเภทของคอนเทนต์ ลักษณะผู้ชม และอารมณ์ของเนื้อหา โดยผู้ใช้งานมีแนวโน้มเลือกใช้ AI กับคอนเทนต์ที่เน้นข้อมูล ความรวดเร็ว หรือการสรุปเนื้อหา มากกว่าคอนเทนต์ที่ต้องใช้การสื่อสารทางอารมณ์สูง ดังนั้น แนวทางการผลิตสื่อในอนาคตควรประยุกต์ใช้ AI พากย์เสียงในรูปแบบเครื่องมือเชิงกลยุทธ์ที่ช่วยเพิ่มความคล่องตัวในการผลิตคอนเทนต์ พร้อมทั้งรักษาเอกลักษณ์และประสบการณ์ทางอารมณ์ของผู้ชมควบคู่กันไป เพื่อให้เกิดการยอมรับเทคโนโลยีอย่างเหมาะสมกับพฤติกรรมของผู้บริโภคดิจิทัลยุคใหม่

บทสรุป

การวิจัยนี้ศึกษาทัศนคติและการตัดสินใจใช้เทคโนโลยี AI พากย์เสียงของ Generation Z โดยพบว่ากลุ่มตัวอย่างมีทัศนคติและการตัดสินใจใช้งานอยู่ในระดับปานกลาง แม้จะมีความเข้าใจเกี่ยวกับศักยภาพของ AI พากย์เสียงค่อนข้างดี แต่ยังไม่ได้แสดงแนวโน้มการยอมรับหรือใช้งานจริงอย่างชัดเจน ผลการวิจัยชี้ว่า Generation Z สามารถรับรู้และแยกแยะเสียง AI ได้ดี แต่ยังอยู่ในช่วงประเมินความเหมาะสมก่อนตัดสินใจใช้งานจริง ทัศนคติทั้งด้านปัญญา ด้านความรู้สึก และด้านพฤติกรรมมีอิทธิพลต่อการตัดสินใจใช้อย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะด้านพฤติกรรมที่มีอิทธิพลสูงที่สุด แสดงให้เห็นว่าการตัดสินใจใช้ AI พากย์เสียงไม่ได้ขึ้นอยู่กับความรู้เพียงอย่างเดียว แต่ขึ้นอยู่กับความรู้สึกและความพร้อมในการนำไปใช้จริงร่วมด้วย งานวิจัยนี้ชี้ให้เห็นว่า Generation Z ไม่ได้ปฏิเสธ AI พากย์เสียง แต่ยอมรับภายใต้เงื่อนไขของความเหมาะสม คุณภาพเสียง และบริบทของเนื้อหา ดังนั้น การนำ AI พากย์เสียงไปใช้ในงานสื่อควรคำนึงถึงความเป็นธรรมชาติของเสียง ความสอดคล้องกับเนื้อหาและประสบการณ์ของผู้รับสาร เพื่อให้เกิดการยอมรับและการใช้งานอย่างมีประสิทธิภาพ

เอกสารอ้างอิง

ธีระพร อุวรรณโณ. (2558). สารานุกรมจิตวิทยา เล่ม 1 อักษร A-B ฉบับราชบัณฑิตยสภา. อรุณาการพิมพ์.

Ajzen, I. (1991). The theory of planned behavior. Organizational Behavior and Human Decision Processes. 50(2): 179–211.

Choung, H., David, P., & Ross, A. (2023). Trust in AI and its role in the acceptance of AI technologies. International Journal of Human–Computer Interaction. 39(9): 1727–1739. https://doi.org/10.1080/10447318.2022.2050543

Cochran, W.G. (1977). Sampling Techniques. (3rd ed.). John Wiley & Sons Inc.

Davis, F. D. (1989). Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. MIS Quarterly. 13(3): 319–340.

Depa. (2022). Results of the Digital Industry Data Survey and Assessment 2022. https://www.depa.or.th/th/article-view/income-data-statistics-2565

Dwivedi, Y. K., Hughes, L., Ismagilova, E., Aarts, G., Coombs, C., Crick, T., Duan, Y., Dwivedi, R., Edwards, J., Eirug, A., Galanos, V., Ilavarasan, P. V., Janssen, M., Jones, P., Kar, A. K., Kizgin, H., Kronemann, B., Lal, B., Lucini, B., ... Williams, M. D. (2021). Artificial intelligence (AI): Multidisciplinary perspectives on emerging challenges, opportunities, and agenda for research, practice and policy. International Journal of Information Management. 57: 101994. https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2019.08.002

Glikson, E., & Woolley, A. W. (2020). Human trust in artificial intelligence: Review of empirical research. Academy of Management Annals. 14(2): 627–660. https://doi.org/10.5465/annals.2018.0057

Hair J.F., Black W.C., Babin B.J., Anderson R.E. & Tatham R.L. (2006). Multivariate data analysis. (6th ed.). Pearson Prentice Hall.

Kaplan, A., & Haenlein, M. (2020). Rulers of the world, unite! The challenges and opportunities of artificial intelligence. Business Horizons. 63(1): 37–50. https://doi.org/10.1016/j.bushor.2019.09.003

Kreiman, J., & Sidtis, D. (2011). Foundations of Voice Studies: An Interdisciplinary Approach to Voice Production and Perception. Wiley-Blackwell.

Oord, A. van den, Dieleman, S., Zen, H., Simonyan, K., Vinyals, O., Graves, A., Kalchbrenner, N., Senior, A., & Kavukcuoglu, K. (2016). WaveNet: A generative model for raw audio. ResearchGate. https://www.researchgate.net/publication/308026508_WaveNet_A_Generative_Model_for_Raw_Audio

Rogers, E. M. (2003). Diffusion of innovations (5th ed.). Free Press.

Rosenberg, M.J. & Hovland, C.I. (1960) Cognitive, Affective and Behavioral Components of Attitudes. In: Rosenberg, M.J. & Hovland, C.I., Eds., Attitude Organization and Change: An Analysis of Consistency among Attitude Components, Yale University Press, New Haven.

Sundar, S. S. (2020). Rise of machine agency: A framework for studying the psychology of human–AI interaction (HAII). Journal of Computer-Mediated Communication. 25(1): 74–88. https://doi.org/10.1093/jcmc/zmz026

Tristanto, T. A., Hurriyati, R., Dirgantari, P. D., & Elyusufi, A. M. (2021). AIDA model as a marketing strategy to influence consumer buying interest in the digital age. Budapest International Research and Critics Institute-Journal (BIRCI-Journal). 4(4): 12575–12586. https://doi.org/10.33258/birci.v4i4.3319

Venkatesh, V. & Davis, F.D. (2000) A Theoretical Extension of the Technology Acceptance Model: Four Longitudinal Field Studies. Management Science. 46: 186-204.

Wang, X., Zhang, Z., & Jiang, Q. (2024). The effectiveness of human vs. AI voice-over in short video advertisements: A cognitive load theory perspective. Journal of Retailing and Consumer Services. 81: 104005. https://doi.org/10.1016/j.jretconser.2024.104005

Strategic and Marketing Development of Creative Muay Thai Tourism for Foreign Markets

Witaya Siripanwattana[1*] and Chanchana Siripanwattana[2]

[1]Faculty of Management Science, Suan Dusit University
[2]School of Culinary Arts, Suan Dusit University
[*]Corresponding Author E-mail Address : wasiripa@live.com, witaya_sir@dusit.ac.th

Abstract

This research studied the business strategy and marketing factors that influence the behavior of foreign tourists in creative Muay Thai business in Thailand. Data was simply randomly collected through interviews and questionnaires with 400 foreign tourists in Bangkok, Pattaya, and Phuket. Interview data was analyzed to develop business strategies using SWOT and TOWS analysis, marketing mix, and push and pull strategies. For quantitative analysis, the analysis of questionnaire data using F-test and regression revealed that products and services, operational processes, and marketing promotion significantly impacted the choice of using creative Muay Thai business products and services. The validity of the questions in the questionnaire has been tested using the IOC process with 5 experts, obtaining a reliability value of 1.0. The reliability of the questionnaire was also tested using Cronbach's alpha method at a significance level of .05, obtaining a Cronbach's alpha of .94. Therefore, creative Muay Thai businesses should take marketing mix factors, such as product, promotion and process, as an effective marketing strategy to accelerate the foreign tourists demand for creative Muay Thai.

Keywords: Strategic development, Creative Muay Thai business, and Marketing mix.

Introduction

In recent decades, Thailand's economy has expanded at an average rate of approximately 2-3 percent, and its economic structure remains heavily reliant on the service and industrial sectors. Tourism also plays a crucial role in national development due to its continuous growth. However, Thai economy faces challenges from declining productivity in both production and services, reducing national competitiveness and trapping it in the middle-income trap. The current national strategic plan focuses on improving skills and fostering innovation to increase productivity, reduce production and service costs, and minimize environmental damage. This aims to increase profitability and competitiveness, strengthen sustainable

national growth, and escape the middle-income trap to become a high-income country with a healthy environment, following the New Growth Model and building a stable and sustainable economic foundation

Tourism is more service-oriented than production-oriented. However, tourism involves the movement of people, goods, equipment, raw materials, information, and money to different locations. Furthermore, tourism encompasses not only services but also the production and distribution of goods to tourists. Therefore, the principles of business systems, marketing, and supply chain management remain crucial for service industries.

Hall, C. M. (1992) and Higham, J. (2005) define sports tourism as travel with the primary purpose of participating in sporting activities, either as a player or spectator, including visiting significant sporting sites, emphasizing exciting experiences and social engagement. It is a key mechanism for stimulating the economy and developing the infrastructure of a destination and combines physical recreation with the pursuit of experiences outside one's permanent place of residence. The Global Wellness Institute (GWI, 2018) defines wellness tourism as tourism driven by the desire to seek happiness and improve personal quality of life. This means travel to promote and maintain holistic well-being—physical, mental, and spiritual—through proactive activities such as spas, meditation, healthy nutrition, and nature activities, focusing on prevention and life balance rather than treatment. Creative Muay Thai tourism encompasses both sports tourism and wellness tourism.

Creative Muay Thai tourism has experienced high growth rates of at least double digits annually (Department of Tourism, 2024). This business is classified as Wellness Tourism, a high-value tourism sector, as it attracts many international tourists, especially those from overseas. Many tourists who love Muay Thai travel to Thailand specifically for the sport. These tourists are high-spending individuals and tend to stay in Thailand for extended periods. However, the deep study of creative Muay Thai tourism and business has not been studied very much. The supply chain for creative Muay Thai tourism involves numerous individuals and businesses, ranging from Muay Thai training establishments and tour companies to airlines, coaches and training teams, hotels, tourist attractions, food businesses, and other service providers. Importantly, this business is experiencing high growth and is closely related to traditional Thai culture, particularly Muay Thai, a world-renowned high-level martial art.

It is interesting to study ways to upgrade the business and marketing systems for creative Muay Thai tourism to develop a highly efficient system, increase the value of creative Muay Thai tourism, and enhance its competitiveness. It adds value to customers, most of whom are foreigners, and generates continuous revenue growth for Thailand. Therefore, the researcher needed to study the creative Muay Thai tourism and its effective the effective strategies and marketing mix for raising its higher competitiveness and income.

Objectives

1. To study the successful conditions of the business and marketing system in creative Muay Thai tourism (Qualitative part).
2. To analyze the effective push and pull strategies and marketing mix factors of creative Muay Thai businesses which effectively affected foreign tourist demand (Quantitative part).

Expected Benefits

The researchers understand the situation of creative Muay Thai tourism and factors determining the behavior of foreign tourists demand and the formulation of effective strategies and management of the international market would be sustainably developed to increase the potential of creative Muay Thai businesses.

Literature Review and Conceptual Framework

For this literature review, the researcher believes that creative Muay Thai businesses should operate professionally, including the continuous development of competencies, models, strategies, processes, products, services, and environmental friendliness. These are all important factors for a high-quality, efficient, and effective creative Muay Thai business to compete sustainably in the long term. The important literature reviewed by the researcher is as follows:

Satcha et al. (2018) studied the situation of sports tourism in the research program, They have some key findings include: trends in health-conscious behavior, the aging society, increased awareness of exercise for health worldwide, and advances in communication technology connecting the world without borders. These factors have led to a rapid increase in sports-related industries, including sports tourism. Sports tourism is showing growth across all age groups, including senior citizens and women. Furthermore, sports tourism can be integrated with other tourism activities, creating diverse tourism products and adding sports and adventure activities for tourists to enjoy. The development of sports tourism activities focuses on catering to the lifestyles of people, who tend to prefer individual sports activities such as rock climbing, running, cycling, yoga, and boxing, rather than group or team sports. The creation of new sports activities to meet the needs of tourists and their lifestyles has resulted in an overall increase in the number and diversity of sports activities in sports tourism. This growth aligns with Thailand's potential in sports activities, which are outstanding, and its unique venues for hosting sports events. To attract sports tourists to travel to participate in activities, playing sports has become a fashion.

The increase in interest in sports, the interest in sports activities has become a fashion that covers the whole world, causing many people to express their sporting side, both through participating in sports activities and designing clothing and attire, with a specific term in the fashion industry called "Athleisure," derived from the word Athlete, meaning athlete, plus Leisure, meaning relaxed and unhurried. When combined, it creates a fashion that incorporates sportswear or workout clothes into daily life, work, and travel. The highlight and uniqueness of Thailand as a sports tourism destination: Thailand has geographical characteristics that are conducive to organizing sports tourism activities in the context of nature and outdoor sports activities, allowing Thailand to develop tourism activities. (Lalaeng, 2014; Lumskon, 2004)

The conceptual intersection of sport and tourism represents a dynamic catalyst for regional development, healthcare innovation, and socio-economic transformation. Early paradigms established by Hall (1992) positioned sport tourism within the broader taxonomy of special interest travel, linking it explicitly to adventure, active recreation, and health-seeking behaviors. Over the subsequent decades, this foundational perspective expanded significantly. Higham (2005) formalized the role of sport tourism as an engine for regional development, illustrating how athletic events can systematically reconfigure local economies and reposition peripheral geographic zones. More recently, Higham and Vada (2024) synthesized the contemporary "state-of-the-art" geographies of sport tourism, demonstrating that modern research has shifted from localized event mechanics toward complex global landscapes shaped by digital mobility, climate adaptations, and physical-environmental constraints.

The structural viability of any sport or niche destination depends heavily on its operational backbone. Lumsdon and Page (2004) fundamentally reformulated the transport-tourism interface, proving that transit networks are not merely passive pathways but are active determinants of tourist satisfaction and destination access. This logistical mandate is highly pronounced in developing economies. Khaosawat and Suriya (2008) utilized comprehensive logistics analysis across tourist cities to prove that supply chain efficiency dictates overall urban competitiveness. Expanding this scope regionally, Khaosawat et al. (2008) conducted comparative multi-country logistics evaluations in the Mekong River Basin, verifying that sustainable, integrated infrastructure is the primary prerequisite for transnational tourism corridors.

Domestically, these logistical realities govern regional spatial planning. Patcharee La-laeng (2014) mapped the critical supply chains and infrastructure bottlenecks along the Gulf of Thailand Coast (Royal Coast), illustrating how seamless multi-modal connectivity between marine, urban, and transit hubs is mandatory to support specialized regional growth. When these logistical networks are aligned with strategic management, destinations can effectively leverage large-scale attractions. Bazzanella et al. (2023) provided a systematized framework illustrating that both mega-events and small-scale sporting fixtures serve as structural anchors that permanently accelerate destination lifecycles and redefine institutional images.

The execution of destination management relies on an optimized service mix and equitable governance. Malaikul (2007) highlighted that commercial hospitality sectors (such as restaurants and pubs)

must adapt their physical and localized marketing factors to meet shifting consumer choices and lifestyle demands. Beyond individual commercial venues, large-scale sport infrastructure introduces complex structural paradoxes. Raso and Cherubini (2023) demonstrated that macro sport tourism initiatives yield quantifiable regional economic development, yet they warn that short-term revenue spikes often overshadow long-term structural costs.

This issue of equity is central to modern governance. Phromdecha (2024) examined aggressive sport tourism policies in Buriram, revealing that while international motorsports and football infrastructures generate massive commercial wealth and destination branding, they frequently fail to distribute benefits equitably to local host communities. To mitigate these disparities, Satcha et al. (2018) championed a model of creative community-based tourism (CBT). By integrating deep historical and cultural identity contexts into the tourism product, destinations can foster localized ownership, protect intangible heritage, and achieve long-term socio-economic resilience.

A prime expression of cultural identity integrated with active sport travel is found in cultural martial arts tourism, specifically Muay Thai. Traditional sport assets can be structurally reframed to generate localized social utility. Yomdit et al. (2020) successfully developed an exercise model utilizing the strategic art of Muay Thai to enhance the physical fitness and health indexes of elderly populations in community health centers.

This operational framework highlights a profound academic trajectory: traditional martial practices. Muay Thai are no longer confined to passive spectacles or combat sports. Instead, as visualized above, when positioned at the intersection of historical heritage (Satcha et al., 2018), marketing strategy, and health tourism (Hall, 1992), they evolve into powerful vehicles for public wellness, active lifestyle enhancement, and inclusive, sustainable destination development.

Academic literature also establishes that a sport tourist’s journey begins internally. Push factors represent intrinsic socio-psychological motives—such as a runner's need for stress relief, competition, or health enhancement. These internal desires remain latent until activated by external pull factors, which destination managers systematically engineer through the 7Ps. The traditional core—the athletic event or trail environment (Product), its geographic location (Place), and registration fees (Price)—is heavily dependent on the extended service mix, the technical competence of race marshals (People), seamless digital registration (Process), and the quality of physical infrastructure or medals (Physical Evidence). When a destination's 7Ps pull strategy precisely aligns with a traveler's intrinsic push motives, it directly dictates tourist behavior. This alignment drives the final decision-making matrix, governing choice of destination, length of stay, on-site economic expenditure, and post-travel evaluation. Ultimately, the 7Ps act as the operational bridge that converts internal psychological push motives into observable, measurable, and economically viable sport tourism behavior. (Khaosawat and Suriya, 2008; Raso and Cherubini, 2023; Wijakul, 2015; Yomdit et al. 2020)

Researchers intended to conduct empirical qualitative research to find out the positive internal and external factors and negative internal and external factors affecting Muay Thai business performance using SWOT and TOWS analysis with the interview data from Muay Thai business stakeholders. Moreover, we also conducted empirical quantitative research to analyze the push and pull elements as well as independent factors affecting the demand of foreign tourists for creative Muay Thai using multiple regression technique with the data collected from foreign tourists. Therefore, our conceptual model can be demonstrated as the following:

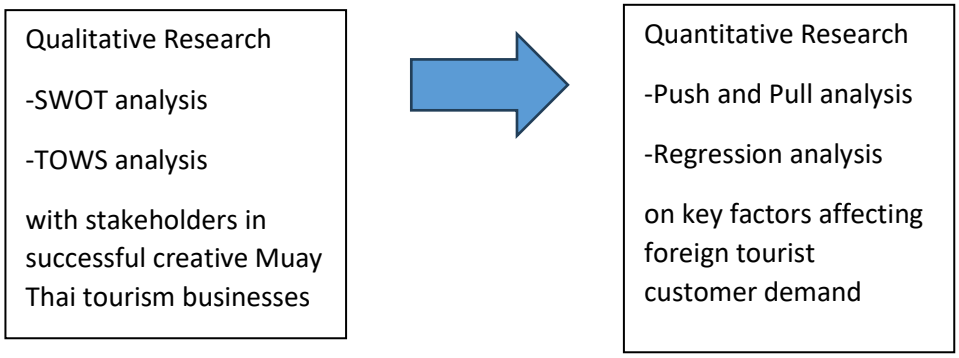


Figure 1 demonstrated the conceptual framework of the study

Research Methodology

The researchers employed a mixed-method research approach, using in-depth interviews with 15 stakeholders with purposive sampling in the creative Muay Thai business. Then, a questionnaire with 400 samples was conducted. Descriptive and inferential statistics, including multiple regression analysis at a significance level of 0.05, were used to analyze the data. This research was divided into two sections:

First, the researchers conducted qualitative fieldwork to study the needs, problems, and obstacles of entrepreneurs and stakeholders in the creative Muay Thai tourism business, including enterprises, customers, employees, suppliers, partners, and regulators of the creative Muay Thai tourism business. This was done through in-depth interviews with key informants who possess knowledge, skills, and experience related to the logistics and supply chain systems of the creative Muay Thai tourism business in Thailand. Then SWOT and TOWS matrix were used to analyze the qualitative data to gain effective strategies for creative Muay Thai businesses.

Second, the quantitative study was then investigated beginning with the questionnaire design to analyze the factors influencing foreign tourist demand for products and services of creative Muay Thai businesses. The researcher defined the population of this study as foreign tourist customers of the creative Muay Thai business. The questionnaire was constructed by researchers using knowledge from textbooks, books, behavioral science theories, related research and previous interviews. Researchers tested the validity of the

questions in the questionnaire using the IOC process with 5 experts, obtaining a reliability value of 1.0. The instrument was then tested through a try-out with a sample group of 30 people, who scored using a Likert scale from 1 (least/strongly disagree) to 5 (most/strongly agree). It utilized closed-form questions and a Likert rating scale for each factor, with a scale ranging from 1 to 5, where 1 means very low importance, 2 means low importance, and 3 means moderate importance. The reliability test of the questionnaire at a significance level of .05, obtaining a Cronbach's alpha of .94, which is considered very good. The researchers used a questionnaire as a tool to collect data from 400 foreign tourists studying creative Muay Thai in Thailand by simple random samplings technique. Descriptive and advanced statistics, such as multiple regression, were then used to analyze and synthesize the data to provide the customer demand insights.

Results

Qualitative Part: Successful strategies for creative Muay Thai businesses

Due to Muay Thai's increasing global recognition, numerous related businesses have benefited. Firstly, as foreigners become more familiar with Muay Thai, those who travel to Thailand often seek out not only tourist attractions but also opportunities to learn Muay Thai, whether through demonstrations of traditional techniques or participating in actual Muay Thai competitions. Furthermore, many tourists are choosing to stay in Thailand longer to enroll in Muay Thai training courses as a form of self-defense. This, in turn, elevates Muay Thai to an internationally recognized martial art, building upon its existing boxing heritage. With Muay Thai gaining market popularity, Thai entrepreneurs may be able to grow and generate income from this sport internationally or expand their investment in Muay Thai businesses within Thailand, capitalizing on foreign tourists. This could include gyms or Muay Thai schools, and related businesses such as Muay Thai event management, Muay Thai equipment sales, health food, accommodation, laundromats, and tourism.

In addition, the researchers analyzed data from interviews with stakeholders in the creative Muay Thai business sector and found that this sector is crucial because it relates to Thai national culture and reflects Thai identity. Muay Thai has a unique character that sets it apart from other sports, and customers experience a unique value from it. Many foreigners travel directly to creative Muay Thai businesses in Thailand specifically to learn Muay Thai. Importantly, Muay Thai is known worldwide, making advertising and promotion relatively easy. Most of the advertising focuses on the company itself. The distinctiveness of the products and services usually lies in the professionalism of the instructors, the service, the facilities and equipment, and the reputation built up from past customer reviews. However, creative Muay Thai businesses have drawbacks: there are no standardized national training courses; reliance heavily on experienced and skilled instructors; and many foreigners perceive Muay Thai as an interesting but violent

and dangerous martial art. However, many foreigners believe Muay Thai is a great exercise martial art, and if used for exercise with proper safety equipment, the risk is significantly reduced.

Muay Thai is gaining increasing admiration and acceptance among foreigners, with online media playing a more significant role. The government, such as the Ministry of Tourism and Sports, independent organizations like the Tourism Authority of Thailand, and the private sector provide continuous support. Creative Muay Thai businesses have significant potential for expansion and can be diversified into related industries such as clothing and food. However, the current global economic stagnation, coupled with trade wars between major nations, may lead to a decrease in the number of foreigners learning Muay Thai. A SWOT analysis of this is presented below.

Table 1 shows the results of the strengths, weaknesses, opportunities, and threats analysis of the creative Muay Thai business.

S – STRENGTH • "Muay Thai is a national cultural art of Thailand, and it is recognized and admired by foreigners." (S1) • "Muay Thai instructors possess excellent knowledge, ability, and skills." (S2) • "It is difficult to imitate because Muay Thai is a cultural art and has a unique identity of the Thai nation." (W3)	**W – WEAKNESS** • "Opening up overseas markets is not easy due to foreigners' perception of Muay Thai as a dangerous sport and the lack of internationally recognized standards of instruction." (W1) • "Lack of in-depth long-term planning in marketing and a comprehensive supply chain; reliance on experienced staff, and problems arise when knowledgeable and skilled employees leave." (W2)
O – OPPORTUNITY • " Thailand's tourism industry is experiencing high growth, driven by global trends in sports and health, and the Phuket Sandbox." (Q1) • " Social media and the internet play a significant role, making access to information more efficient." (Q2)	**T – THREAT** • " The lack of strategic linkage between businesses in the supply chain" (T1) • "The COVID-19 pandemic situation" (T2)

For the TOWS analysis, combining SWOT analysis into four pairs (SO, WO, ST, and WT), the researchers found that entrepreneurs should create a unique selling proposition. This is because foreign learners are

still confused about the difference between Muay Thai and other martial arts such as K1, kickboxing, or other self-defense techniques, highlighting the specific and distinct values of Muay Thai. Furthermore, entrepreneurs should collaborate with customers, employees, and other stakeholders to create training courses and related activities. Designing standardized curricula and services in partnership with relevant government agencies will significantly impact the quality of the innovative Muay Thai business. Seeking promotion and funding for research and development, as well as building partnerships with other organizations, will further strengthen the innovative Muay Thai business. In summary, these findings are as follows:

Table 2 Shows the TOWS Metrix analysis results of creative Muay Thai businesses

SO	WO
• “Creating a unique selling proposition focusing on ‘distinctive value that is difficult to replicate,’ both in terms of Muay Thai as a high-level martial art and learning from authentic Muay Thai masters. Considering the overall ecosystem of the rapidly growing tourism industry's stakeholders, this allows for shared value and synergism, leading to highly effective and efficient business co-creation (S1O1) (S2O1) (S3O1). • “Creating new products and services, or new solutions, such as E-Sports, utilizing online and offline media as an OmniChannel for marketing communication, market penetration, and market expansion with target customer groups using CRM, SRM, online marketing, content-based marketing, Business Model CANVAS, and shopper marketing on both offline and online platforms.” (S1O2) (S2O2) (S3O2	• “Connecting the unique and valuable tourist attractions of Thailand with creative Muay Thai training” (W1O1) • “Promoting Muay Thai creatively, highlighting its distinctive art form, self-defense, and energetic fitness benefits through online and offline media” (W1O2) • “Binding Thailand's renowned sports and cultural tourism with creative Muay Thai” (W2O1) • “Applying information technology and online media for efficient operations and management” (W2O2)

ST	WT
• " Utilizing the unique strengths of Muay Thai as an ancient and distinctive Thai martial art that is difficult to imitate. Having renowned Muay Thai instructors will enhance shared value and promote the creative linkage of Muay Thai with businesses throughout the supply chain, from upstream to downstream." (S1T1) (S2T1) (S3T1) • " Enhancing curriculum and service standards and further develop the skills of Muay Thai instructors to prepare for entering international markets in the post-COVID-19 era." (S1T2) (S2T2) (S3T2) • " Establishing Hygiene, Safety, and Sanitation standards and train Muay Thai instructors, staff, and related personnel in customer service to ensure customer confidence in the cleanliness and safety of services." (S1T2) (S2T12 (S3T2)	• " Establishing creative Muay Thai curriculum standards through collaboration with partners in the creative Muay Thai supply chain, including seeking promotion and support from the government." (W1T1) • " Building partnerships with customers, partners, employees, and relevant government sectors to create strategies that add value and improve business operations and competitiveness." (W2T1) • " Conducting research to develop creative Muay Thai tourism businesses that appeal to and satisfy customers, generating value and adding value to the business at all levels—upstream, midstream, and downstream—in a comprehensive and efficient manner." (W2T1) (W2T2)

Furthermore, based on interviews with stakeholders in the aforementioned creative Muay Thai business, the researcher can summarize the marketing mix as follows:

Product: "Muay Thai is a national identity, distinct from other martial arts. The quality and reputation of the fighters, the unique and beautiful fighting techniques of Muay Thai, the standard of the arenas used for competitions, the reputation of boxing stadiums such as Rajadamnern and Lumpinee stadiums, as well as boxing stadiums in tourist areas such as Pattaya and Bangkok, are all important factors. Creating value for new products such as boxing shorts, branding, and equipment, storytelling, instructors, and training locations are also crucial. In addition, creating camp heroes, offering related supplementary services such as fitness, and forging partnerships with partners in the tourism and service industry are important strategies."

Price: “There is a significant difference in entrance fees between Thai and foreign nationals. The payment process is not as convenient as it should be. Cost management is important because if costs are lower than competitors, the entrepreneur can compete on price.”

Place: “Efficient venue management to maximize space utilization, reduce costs, including fixed costs such as rental fees, which are a heavy burden on entrepreneurs for survival. There may be opportunities to have partners who can provide support.” "The potential use of space at Rajadamnern Boxing Stadium has been reduced due to its relocation to a new site. Furthermore, Lumpinee Boxing Stadium is now difficult to access due to its relocation to Ramintra Road, and parking is insufficient. Rajadamnern Boxing Stadium's new location is close to important tourist attractions such as Wat Phra Kaew, the City Pillar Shrine, and Sanam Luang. The stadium area has comprehensive facilities, including restaurants and cafes, souvenir shops, separate male and female restrooms, clear signage, and effective traffic management on match days."

Regarding Marketing Promotion: "Sales and marketing are promoted through various media such as newspapers, radio/television programs, and social media platforms such as Facebook, Instagram, Line, and websites in both Thai and English. In addition to advertising, there is public relations, personal sales, and promotional activities such as coupons, discounts, and giveaways that are effective and appealing to foreign tourists, including reviews."

Regarding People: “Employee training is crucial because professional management and service are what customers expect especially foreign tourists who are clients of creative Muay Thai businesses. Establishing management and service standards is very important in pushing creative Muay Thai businesses internationally. Publicizing the rules of Muay Thai to foreign tourists so they can enjoy watching the fights and become more interested in learning Muay Thai is also important. Highlighting the benefits and value of the art of Muay Thai is crucial. In addition, employees should be able to learn a third language to communicate with foreigners who do not speak English as their native language. Furthermore, having qualified instructors who are champions or have won major competitions contributes to the reputation and attracts foreign students. Besides language, cleanliness and safety from COVID-19 are also very important.”

Regarding Service Process: “Planning should include seating zones for foreign tourists, food and beverage services, queuing systems, and logistics for the service process that are fast, cost-effective, and reliable. This could involve using information technology and applications for operations, business communication, marketing, and customer service.” The attentiveness of the owner, boxing instructors, staff, and fellow students is crucial in increasing student loyalty, transforming ordinary customers into fan clubs, advocates, and brand ambassadors. Furthermore, the teacher-to-student ratio, polite service, professional service, and avoidance of vices all contribute to a positive image of Muay Thai.

Regarding the physical environment, "It's essential to be mindful of customer feelings and expectations. Management should align with customer expectations to create a 'delight' experience for foreign tourists

and visitors, fostering appreciation for Muay Thai, interest in watching and learning the sport, and a joyful feeling beyond mere satisfaction. Additionally, the boxing camp or gym should be in good condition, clean, odor-free, well-ventilated, and not overly cramped. Lighting and temperature should be appropriately adjusted to avoid extreme heat or cold. It shouldn't be a gathering place for vice. Service staff should wear distinctive uniforms. The facility should have adequate, clean, and functional equipment, and regular cleaning and maintenance are crucial. Maintaining cleanliness and safety standards, or SHA standards, is very important. Organizing events with equally strong competitors makes them more attractive." And the facilities and equipment meet standards."

Quantitative Part: Key factors affecting the demand of foreign tourists for creative Muay Thai

The results of the analysis of general data of foreign tourists who come to study Muay Thai, categorized by personal factors, include gender, age, education, occupation, marital status, and place of residence. Psychological and behavioral factors include the purpose of travel, type of travel, and channel of information. Expectations, preferences, and levels of desire (demand) to travel to learn Muay Thai were analyzed from a sample group of 400 foreign tourists using a tested questionnaire. The results are shown in the following table.

Table 3 Number and percentage of sample groups classified by gender.

Variable		Number (person)	Percent (%)
Gender	Male	291	72.5
	Female	109	27.5
		400	100.0

Table 3 shows that among the 400 foreign tourists who came to learn Muay Thai, the majority were male (72.5%), while only 27.5% were female.

Table 4 shows the number and percentage of the sample group classified by age.

Variable		Number (person)	Percent (%)
Age	Less than 20	50	12.50
	21-25	60	15.00
	26-30	122	30.50
	31-35	78	19.50
	36-40	43	10.75
	41 or over	47	11.75
		400	100

Table 4 shows that many foreign tourists learning Muay Thai are between 26 and 30 years old, numbering 122 people, representing 30.5%. This is followed by the 31–35-year-old age group, the 21–25-year-old age group. The smallest group is the 36-40-year-old group, representing 10.75%.

Table 5 shows the number and percentage of the sample group classified by educational level.

Variable		Number (person)	Percent (%)
Educational level	Bachelor	170	42.5
	Master	122	28.0
	Lower than bachelor	97	25.0
	Higher than master	11	4.5
		400	100.0

Table 5 shows that the majority of foreign tourists who come to learn Muay Thai have a bachelor's degree, accounting for 42.50 percent, followed by master's degrees at 28.00 percent, below a bachelor's degree at 25.00 percent, and the lowest is those with degrees higher than a master's degree at 4.50 percent.

Table 6 shows the number and percentage of the sample group classified by place of origin

Variable		Number (person)	Percent (%)
Hometown	Europe	150	37.5
	Asia	146	36.5
	Australia & NZ	42	10.5
	America	31	7.8
	Middle east	11	2.7
	South America	11	2.7
	Africa	0	0.0
	Others	9	2.3
		400	100.0

Table 6 shows that most foreign tourists who come to learn Muay Thai are from Europe and Asia, accounting for 74.0 percent. This is followed by Australia and New Zealand at 10.5 percent, America at 7.8 percent, and the Middle East and other countries at 2.7 percent.

Table 7 shows the number and percentage of the sample group categorized by expectations.

Variable		Number (person)	Percent (%)
Expectation	Thai arts	138	35.0
	Entertainment	110	27.5
	Excitement	40	10.0
	Thai culture	41	10.0
	New experiences	41	10.0
	Others	30	7.5
		400	100.0

Table 7 shows that most foreign tourists who come to learn Muay Thai expect the most from Muay Thai as a Thai martial art, accounting for 35.0 percent. This is followed by entertainment at 27.5 percent, excitement at 10.0 percent, learning about Thai culture at 10.0 percent, and gaining new experiences at 10.0 percent, respectively. Other aspects account for the smallest number, at 7.5 percent.

Table 8 Average levels of opinions on the pull factors theory of foreign tourists who want to learn Muay Thai.

Pull Factor	Mean (Max. = 5.0)
I have a personal interest in fighting.	4.01
I'm inspired by famous boxers.	3.17
I'm inspired by friends and loved ones.	3.47
I apply it to self-defense.	3.09
I study and learn about Muay Thai.	3.27
It helps relieve stress.	3.42
I have fun and exciting experience.	4.31

Table 8 shows that the Pull Factors theory of motivation, with the highest average opinion level, was experiencing new fun and excitement (average 4.31). This was followed by having a personal liking for fighting (average 4.01), being inspired by friends/close acquaintances (average 3.47), relieving stress (average 3.42), studying and learning about Muay Thai (average 3.27), being inspired by famous boxers (average 3.17), and applying it to self-defense (average 3.09).

Table 9 shows the average opinion levels in the Push Factors theory of motivation among foreign tourists who want to learn Muay Thai.

Push Factor	Mean (Max. = 5.0)
Famous boxer	3.47
Talented boxer	3.94
Frequent boxing training sessions available	3.42
Easy access to the boxing gym in the morning	3.59
The boxing gym is close to other tourist attractions	3.28
The tuition/card fees are reasonable.	3.03
There is good publicity.	3.36

Table 9 shows that the most influential factor in the motivational theory of push factors, with the highest average opinion level, was the boxer's skill. This was followed by ease of access to the boxing arena, the boxer's fame, daily boxing training sessions, good promotion of the boxing arena, proximity to other tourist attractions, and affordable tuition fees (average, respectively.

Table 10 Analysis of the influence of foreign tourists' motivations on their desire to travel to learn Muay Thai.

	Coefficient	S.E.	β	t-test	p-value	Tolerance	VIF
Constant	6.335	.534		11.859	.000		
Pull Factor	3.10	.184	3.39	3.86	.023	.572	1.747
Push Factor	2.97	.176	3.03	3.493	.046	.572	1.747

When r = 0.430, adjusted r^2 = 0.415, F-test = 5.184, Durbin Watson value of the equation = 1.829. The standardized coefficient is β.

Both motivational factors, namely pull factors and push factors, are significantly related to foreign tourists' desire to travel to learn Muay Thai (alpha=0.05). This makes them usable as predictors of foreign tourists' desire to travel to learn Muay Thai, because the pull factor and push factor significantly affect foreign tourists' desire to travel. The adjusted predictive coefficient (adjusted r^2) is 0.415. This means that the two motivational factors, namely pull factors and push factors, can explain 41.5% of the variance in the desire of foreign tourists to learn Muay Thai.

The pull factors (β) were (1) having a personal preference for fighting, (2) being inspired by famous boxers, (3) being inspired by friends/close acquaintances, (4) applying it to self-defense, (5) studying and

learning about Muay Thai, (6) relieving stress, and (7) experiencing new fun and excitement. The pull factors were less than 0.05, indicating a statistically significant influence on the desire to learn Muay Thai (t = 3.86). Therefore, the pull factors affected the desire of foreign tourists to travel to learn Muay Thai with an effect size (β) of 3.39, where β is the standardized coefficient.

In addition, the push factors were (1) famous boxers, (2) skilled boxers, (3) Muay Thai training available every day, (4) easy access to the boxing arena, (5) the arena is near other tourist attractions, (6) cheap ticket prices, and (7) good promotion of the boxing arena to foreign tourists. The values were also less than the significance level of 0.05, thus having a statistically significant influence on the desire to learn Muay Thai (t = 3.493).

Therefore, push factors affect the desire of foreign tourists to travel to learn Muay Thai with an effect size (β) of 3.03, where β is the coefficient of the standardized variable. The researchers compared the coefficients obtained from the standardized variables to find the influence of the variables even though the units were different. The researchers found that the influence of the pull factor (3.39) was slightly greater than the influence of the push factor (3.03) on the desire of foreign tourists to travel to learn Muay Thai.

Table 11 Analysis of the influence of the marketing mix (7Ps) on the desire (demand) of foreign tourists to travel to learn Muay Thai

	Coefficient	S.E.	β	t-test	p-value	Tolerance	VIF
Constant	3.919	.705		5.392	.000		
Product	4.133	.176	.462	5.752	.015	.531	1.882
Price	-.089	.156	-.039	-.567	.571	.537	1.861
Place	.094	.205	.041	.459	.647	.470	2.127
Promotion	2.367	.180	.295	3.43	.043	.467	2.142
People	.155	.260	.098	.596	.551	.224	4.455
Process	2.290	.312	.291	3.34	.042	.167	5.985
Physical	.193	.264	.152	.733	.464	.264	3.787

Where adjusted r^2 = 0.317, F-test = 3.774, Durbin Watson value = 1.8230. The standardized coefficient is β.

The seven components of the marketing mix have only a weak correlation with the demand for travel from foreign tourists who come to learn Muay Thai, except for the Product, Promotion, and Process components, which significantly influence the demand for learning Muay Thai. These two factors can be used as predictors to estimate the demand for travel from foreign tourists, as detailed below:

The Product component has a value less than the significance level of 0.05, thus having an influence on demand to learn Muay Thai. The demand to learn Muay Thai had a statistically significant effect (t = 5.752) with an effect size (β) of 0.462. Price had a value greater than the significance level of 0.05, resulting in no statistically significant influence on the demand to learn Muay Thai (t = -0.567) with an effect size (β) of -0.039. Place had a value greater than the significance level of 0.05, resulting in no statistically significant influence on the demand to learn Muay Thai (t = 0.459) with an effect size (β) of 0.041. Promotion had a value less than the significance level of 0.05, resulting in a statistically significant influence on the demand to learn Muay Thai (t = 3.43) with an effect size (β) of 0.295.

People had a value greater than the significance level of 0.05, resulting in no influence on the demand to learn Muay Thai. The influence on the desire to learn Muay Thai was statistically significant (t = 0.596), with an effect size (β) of 0.098. The influence on the service process (Process) was less than the significance level of 0.05, resulting in statistically significant influence on the desire to learn Muay Thai (t = 3.34, P = 0.42), with an effect size (β) of 0.291. The influence on the physical environment (Physical Environment) was greater than the significance level of 0.05, resulting in no statistically significant influence on the desire to learn Muay Thai (t = 0.733), with an effect size (β) of 0.152.

Therefore, some marketing mix factors, such as Price, Place, People, and Physical environment (had no influence on the demand for learning Muay Thai. However, other marketing mix factors, such as Product, marketing Promotion, and service process aspects had a positively and statistically significant influence on the demand for learning Muay Thai. This is because most tourists prioritize effective and efficient Muay Thai training courses. Productive service process can also result in foreign tourists' superb pleasure and satisfaction. Marketing promotion including advertising and public relations helps create a positive image for Muay Thai and attract more foreign tourists. The predictive equation can be written as 3.919 + 4.133 *Product + 2.367 *Promotion + 2.290 *Process.

Conclusion

The supply chain for creative Muay Thai tourism involves numerous individuals and businesses, ranging from Muay Thai sports establishments, tour companies, airlines, coaches and training teams, hotels, tourist attractions, food businesses, and other service providers. Importantly, this business is experiencing high growth and is closely related to Thailand's ancient cultural heritage. Muay Thai, a world-renowned high-level martial art, has the potential to significantly and sustainably increase value and enhance competitiveness in high-value tourism internationally. A significant number of international tourists visiting Thailand are interested in sports tourism. This includes three groups: spectators, those learning sports, and competitors. This research focuses on tourists learning sports, with the primary target group being those learning Muay Thai. Foreign tourists are the main target audience for this research because they have a

strong interest in watching and learning Muay Thai. Many travel to Thailand specifically to learn Muay Thai and tend to stay for extended periods.

A SWOT analysis revealed that Muay Thai possesses unique beauty and is easily accessible in Thailand, with numerous Muay Thai camps offering instruction. However, the unique character of Muay Thai may be diminishing due to gambling involvement, lack of government support, and unpreparedness in managing tourists. Although Thailand is a popular tourist destination year-round, with support from various private businesses contributing to a positive image, negative aspects such as prostitution, drug use, politics, and economic problems, coupled with foreign tourists' lack of understanding of Muay Thai rules and regulations, and insufficient government support and promotion, could hinder the growth of creative Muay Thai businesses.

Creative Muay Thai businesses can create connections between various service providers involved in sports tourism, from upstream to downstream industries. This allows these businesses to work together and promote each other effectively, making Thailand a focal point for sports tourists, especially for Muay Thai training. This leads to growth in the sports tourism market, benefiting numerous businesses in the Muay Thai sports tourism supply chain. This creates a balanced sharing of benefits, generating an economic multiplier effect and adding value.

The researchers found that two motivational factors, pull and push, are significantly related to foreign tourists' desire to travel to learn Muay Thai (alpha=0.05). This makes them predictors of foreign tourists' demand for Muay Thai training. Pull and push factors explain the variation in demand for Muay Thai training among foreign tourists. Pull factors include personal interest in combat, inspiration from famous boxers, inspiration from friends/acquaintances, application for self-defense, learning about Muay Thai, stress relief, and the experience of fun and excitement. Push factors include famous and skilled boxers, daily Muay Thai training sessions, easy access to the training facility, proximity to other tourist attractions, effective publicity for the training facility. Furthermore, marketing mix elements such as high-quality, uniquely Thai Muay Thai courses, productive and quality process and promotional activities (advertising, public relations, and sales promotions) influenced the demand for Muay Thai training.

The study's results are consistent with marketing and consumer behavior theories (Bitri et al., 2015; Casatis, 1995; Li et al., 2006; Malaikul, 2007; Phromdeccha, 2024; and Rangkuti, 2025) indicating that consumer behavior varies according to several key factors. Each factor influences consumer behavior differently in terms of weight (mass) and direction (positive/negative). Social factors, including group influence, and modern media such as the internet and social media, particularly reviews, can significantly influence the purchasing decisions of foreign tourists. The most important components of the marketing mix can be categorized into seven factors (7Ps): Product, Price, Place, Promotion, Physical Evidence, Process, and Personnel. The Product, Process, and Promotion components have a positively and statistically significant influence on the desire to learn Muay Thai. Furthermore, environmental influences significantly

attract the target group to learn Muay Thai. Personal interest in combat, inspiration from famous boxers, inspiration from friends or loved ones, the ability to apply self-defense, learning about Muay Thai, stress relief benefits, and the thrilling new experience are all contributing factors. Driving forces include the presence of famous and skilled boxers, daily Muay Thai boxing matches at the school, easy access to the boxing arena, proximity to other tourist attractions, and reasonable admission and lesson fees.

Discussion and Recommendation

Sports tourism is a significant and high-potential part of Thailand's tourism industry, generating substantial revenue and reputation for the country. In recent years, Thailand's sports tourism market has developed well in several sports. However, researchers have found that the Muay Thai sports tourism business in Thailand still has untapped excess capacity in several areas, preventing it from fully utilizing its value-added potential. The researchers therefore presented guidelines for creating added value for entrepreneurs in the sports tourism industry, specifically in Muay Thai training. Businesses within this supply chain can apply this knowledge to create added value for their own businesses and establish clear selling points. These findings were congruent with those of several researchers. (Bazzanella et al., 2023; Higham and Veda, 2024; La-laeng, 2014; Parasuraman et al., 1985)

Statistical regression analysis indicated that the marketing mix of goods and services and promotional activities significantly positively impacts the purchase of goods and services from creative Muay Thai businesses. This aligns with the research on network management plans for sports tourism by Chanchai Yomdit et al. (2020) and Satcha et al. (2018). Therefore, creative Muay Thai businesses should develop products and services that are appropriate and meet the needs of their primary foreign customer base to enhance competitiveness. They should also design creative and strategic marketing promotions, including advertising, public relations, and sales promotion, to attract customers and achieve consistent marketing results.

The concept of value creation is useful for defining approaches and methods for creating added value as the foundation of success in various economic activities. It highlights key issues that businesses should focus on when designing strategies and policies that benefit the business by increasing added value. The researcher suggests that value creation should leverage existing advantages or strengths to gain competitive advantage. This will make the value that businesses can offer consumers more distinctive. Good value should be differentiated so that customers can clearly distinguish it. This could involve creating value in products or services that are unique and difficult to imitate, making products and services easily accessible and convenient, and offering consumers superior consumption experience. Leveraging the inherent strengths of a country and locality, or strengths embedded in its unique culture, traditions, or local wisdom, combined with innovation and modern scientific and technological knowledge, or cutting-edge information

technology such as social media and digital technology, along with in-depth knowledge of the behavior and needs of target customer groups, will enable businesses to create, develop, and offer distinctive and superior products, services, and tourism experiences to target tourists. This will significantly enhance the business' competitiveness. Furthermore, if businesses can efficiently manage costs in logistics and supply chains, it will increase profitability and strengthen the business.

For an effective and sustainable value creation process, entrepreneurs must focus on the value creation process itself. This refers to the processes that lead to the potential to deliver higher value to consumers in their products and services. Good value should be perceived value in the eyes of the consumer, not just value that the business itself considers valuable. A sustainable value creation process for products, services, or processes needs to prioritize creating value for all stakeholders in the supply chain, from the business and upstream processes to the downstream.

Recommendation

1. This research aims to create knowledge and define strategies for productive management of creative Muay Thai businesses. Therefore, the research sample consists only of creative Muay Thai businesses in Thailand. This creates a research gap, allowing other researchers to develop in-depth research and utilize modern tools for creative Muay Thai businesses and other businesses as well.
2. Future research may be conducted in a more in-depth manner, giving different weights to each component or factor according to the dynamically changing political, economic, social, technological, environmental, legal and regulatory situations, and customer behavior. This will continuously enhance the long-term competitiveness of creative Muay Thai businesses in accordance with the changing context and demand in the future.
3. Future research may link the concept of Creative Tourism with UNESCO Creative Tourism and Cultural Tourism, as the Thai government has strongly promoted Soft Power Muay Thai.

Acknowledgements

This research is part of a research project on developing systems and increasing the productivity of green logistics and supply chains for innovative creative Muay Thai tourism, linking output, services, and international business plans. This project was funded by the Science, Research and Innovation Promotion Fund and the Office of the National Higher Education, Science, Research and Innovation Policy Council, through the National Competitiveness Enhancement Fund Management Unit (NCEF).

References

Bamford, D., Moxham, C., Kauppi, K., & Dehe, B. (2015). Going the distance: Sport operation management in the public and third sectors. In Z. J. Radnor, N. Bateman, A. Esain, M. Kumar, S. J. Williams, & D. M. Upton (Eds.), Public service operations management: A research handbook (pp. 135–148). Routledge.

Bazzanella, F., Schnitzer, M., Peters, M., & Bichler, B. F. (2023). The role of sports events in developing tourism destinations: A systematized review and future research agenda. Journal of Sport & Tourism. 27(2): 77–109.

Bitri, B., Humid, B., & Sinisa, B. (2015). Factors influencing consumers' interest in protected designation of origin products in Serbia. Agriculture & Forestry. 61(1): 91–97.

Cusatis, D. C. (1995). Psychosocial influences on adolescent eating behavior. Nutrition Today. 30(4): 163–164.

Department of Tourism. (2024). Thailand tourism strategy 2018-2024. Ministry of Tourism and Sports.

Global Wellness Institute. (2018). Global wellness tourism economy monitor.

Hall, C. M. (1992). Adventure, sport and health tourism. In B. Weiler & C. M. Hall (Eds.), Special interest tourism (pp. 141–158). Belhaven Press.

Higham, J. (2005). Sport tourism as a catalyst for regional development. In J. Higham (Ed.), Sport tourism destinations: Issues, opportunities and analysis (pp. 1–15). Elsevier Butterworth-Heinemann.

Higham, J., & Vada, S. (2024). The state-of-the-art in sport tourism geographies. Tourism Geographies, 1–14.

Khaosawat, M., & Suriya, K. (2008). Logistics analysis of tourism in tourist cities. Chiang Mai University.

Khaosawat, M., et al. (2008). Sustainable integrated tourism development in the Mekong River Basin: A logistics comparison. Social Research Institute, Chiang Mai University.

Kitpreedaburisut, B. (1992). Research methodology in social sciences. Charoenphol Printing and Binding.

Koh, L. S. C., Demirbag, M., Bayraktar, E., Tatoglu, E., & Zaim, S. (2007). The impact of supply chain management practices on performance of SMEs. Industrial Management & Data Systems. 107(1): 103–124.

La-laeng, P. (2014). Logistics system and the development of tourism on the Gulf of Thailand coast (Royal Coast) in Chumphon Province and connecting areas. Maejo University.

Li, S., Ragu-Nathan, B., Ragu-Nathan, T. S., & Subba Rao, S. (2006). The impact of supply chain management practices on competitive advantage and organizational performance. Omega. 34(2): 107–124.

Logistics Bureau, Ministry of Industry. (2015). Green logistics and supply chain management: Innovation and adaptation to enhance business potential. Ministry of Industry.

Lumsdon, L., & Page, S. (2004). Progress in transport and tourism research: Reformulating the transport-tourism interface and future research agendas. In L. Lumsdon & S. Page (Eds.), Tourism and transport: Issues and agenda for the new millennium (pp. 1–27). Elsevier.

Malaikul, K. (2007). Marketing factors affecting consumer choice of restaurants and pubs in Mueang District, Phayao Province (Master's independent study). Chiang Rai University.

Panichkarn, B., et al. (2006). Leadership in logistics management. Suranaree University of Technology.

Parasuraman, A., Zeithaml, V. A., & Berry, L. L. (1985). A conceptual model of service quality and its implications for future research. Journal of Marketing. 49(4): 41–50.

Phromdecha, W. (2024). The socio-economic impacts of sport tourism development in Buriram: Challenges and opportunities for equitable growth (Publication No. 74715) [Master's thesis, Chulalongkorn University]. Chula Digital Collections.

Rangkuti, Y. A. (2025). Cultural heritage and sports tourism: A systematic literature review of sustainable destination management practices. Frontiers in Sports and Active Living, 7, Article 1680229.

Raso, G., & Cherubini, D. (2023). Sport tourism and regional economic development: A systematic review. Scientific Journal of Sport and Performance. 3(1): 108–121.

Satchanakul, O. (2007). Marketing factors important to food consumption decisions in night markets in Mueang District, Maha Sarakham Province (Master's independent study). Maha Sarakham University.

Satcha, P., Tepsing, P., & Thongma, W. (2018). Model of creative community-based tourism management based on historical and cultural identity contexts. Journal of Tourism and Hospitality Management. 13(1): 88–104.

Wijakkul, S. (2015). Factors influencing attitudes and intentions in choosing ice cream products: The role of consumers' country of origin in Bangkok metropolitan area (Master's independent study). Bangkok University.

Yomdit, C., Duangchak, S., & Champahom, C. (2020). Model development of exercise with the art of strategic Muay Thai for enhancing physical fitness of the elderly in Ban Khao Phueng Health Center, Pak Chong, Chom Bueng District, Ratchaburi. Humanities and Social Sciences Journal. 8(2): 122–138.

1

อิทธิพลของอินฟลูเอนเซอร์บนสื่อสังคมออนไลน์ที่มีผลต่อพฤติกรรมการตัดสินใจซื้อเสื้อผ้าวินเทจของกลุ่มเจเนอเรชันแซด

The Influence of Social Media Influencers on Vintage Clothing Purchase Decision Behavior among Generation Z Consumers

ณัฐวดี หงษ์ทอง[1] นรวิชญ์ ลาโพธิ์[1] ศิวดล ภาภิรมย์[1*] และอังคณา พรมรักษา[1]
Natthawadee Hongthong[1], Norawit Lapho[1], Siwadol Papirom[1*] and Angkana Promruksa[1]

[1]คณะวิทยาการสารสนเทศ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม มหาสารคาม
[1]Faculty of Informatics, Mahasarakham University, Maha Sarakham
[*]Corresponding Author E-mail Address : siwadol.p@msu.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาระดับความคิดเห็นเกี่ยวกับอิทธิพลของอินฟลูเอนเซอร์บนสื่อสังคมออนไลน์และพฤติกรรมการตัดสินใจซื้อเสื้อผ้าวินเทจของกลุ่มเจเนอเรชันแซด และ 2) ศึกษาอิทธิพลของอินฟลูเอนเซอร์บนสื่อสังคมออนไลน์ที่ส่งผลต่อพฤติกรรมการตัดสินใจซื้อเสื้อผ้าวินเทจของกลุ่มเจเนอเรชันแซด การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปริมาณ โดยเก็บรวบรวมข้อมูลจากนิสิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม จำนวน 400 คน ด้วยแบบสอบถาม และวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ

ผลการวิจัยพบว่า ระดับความคิดเห็นเกี่ยวกับอิทธิพลของอินฟลูเอนเซอร์บนสื่อสังคมออนไลน์โดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.32, S.D. = 0.71) โดยด้านรูปแบบการนำเสนอคอนเทนต์มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด รองลงมาคือ ด้านการนำเสนอความคุ้มค่าและราคา ขณะที่พฤติกรรมการตัดสินใจซื้อเสื้อผ้าวินเทจของกลุ่มเจเนอเรชันแซดโดยรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ = 4.20, S.D. = 0.76) โดยด้านการตัดสินใจซื้อมีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด นอกจากนี้ ผลการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณพบว่า อิทธิพลของอินฟลูเอนเซอร์บนสื่อสังคมออนไลน์ด้านความน่าเชื่อถือ ด้านการสร้างแรงบันดาลใจในไลฟ์สไตล์ ด้านการสื่อสารค่านิยมแฟชั่นยั่งยืน และด้านการนำเสนอความคุ้มค่าและราคา ส่งผลต่อพฤติกรรมการตัดสินใจซื้อเสื้อผ้าวินเทจของกลุ่มเจเนอเรชันแซดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยสามารถร่วมกันพยากรณ์พฤติกรรมการตัดสินใจซื้อได้ร้อยละ 59.20

คำสำคัญ: อินฟลูเอนเซอร์ เสื้อผ้าวินเทจ พฤติกรรมการตัดสินใจซื้อ เจเนอเรชันแซด

Abstract

This research aimed to: 1) examine the level of opinions toward influencer impact and vintage clothing purchase decision behavior among Generation Z consumers, and 2) investigate the influence of influencers on Generation Z's purchase decision behavior toward vintage clothing. This study employed a quantitative research approach. Data were collected from 400 students at Mahasarakham University using

questionnaires. The data were analyzed using descriptive statistics, including frequency, percentage, mean, and standard deviation, as well as Multiple Regression Analysis.

The findings revealed that the overall level of opinions toward the influence of social media influencers was at the highest level ($\bar{X}$ = 4.32, S.D. = 0.71), with content presentation having the highest mean score, followed by value and price presentation. Meanwhile, the overall level of vintage clothing purchase decision behavior among Generation Z consumers was at a high level ($\bar{X}$ = 4.20, S.D. = 0.76), with purchase decision showing the highest mean score. Furthermore, the results of multiple regression analysis indicated that credibility, lifestyle inspiration, sustainable fashion value communication, and value and price presentation significantly influenced the vintage clothing purchase decision behavior of Generation Z consumers at the .05 level of statistical significance. These factors were able to jointly explain 59.20 percent of the variance in purchase decision behavior.

Keywords: Influencer, Vintage Clothing, Purchase Decision Behavior, Generation Z

บทนำ

ในยุคดิจิทัล สื่อสังคมออนไลน์ได้เข้ามามีบทบาทสำคัญต่อวิถีชีวิตและพฤติกรรมการบริโภคของผู้คน โดยเฉพาะกลุ่มเจเนอเรชันแซด (Generation Z) ซึ่งเป็นกลุ่มที่เติบโตมาพร้อมกับเทคโนโลยีดิจิทัลและมีการใช้งานสื่อสังคมออนไลน์เป็นส่วนหนึ่งของชีวิตประจำวัน ทั้งในด้านการรับข้อมูลข่าวสาร การติดตามกระแสสังคม ตลอดจนการค้นหาข้อมูลเพื่อประกอบการตัดสินใจซื้อสินค้าและบริการ (Francis & Hoefel, 2018) การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวส่งผลให้อินฟลูเอนเซอร์ออนไลน์กลายเป็นบุคคลที่มีบทบาทสำคัญในการสื่อสารการตลาดและวัฒนธรรมการบริโภคยุคใหม่ เนื่องจากสามารถสร้างอิทธิพลต่อความคิดเห็น ทัศนคติ และพฤติกรรมของผู้ติดตามผ่านการนำเสนอเนื้อหาบนแพลตฟอร์มดิจิทัลต่าง ๆ (Kapitan & Silvera, 2016)

ในด้านพฤติกรรมผู้บริโภค กลุ่มเจเนอเรชันแซดมีแนวโน้มให้ความเชื่อถือข้อมูลจากอินฟลูเอนเซอร์มากกว่าการโฆษณาแบบดั้งเดิม โดยเฉพาะคอนเทนต์ในรูปแบบการรีวิวสินค้า การแนะนำแฟชั่น และการสร้างสรรค์วิดีโอสั้นผ่านแพลตฟอร์ม Instagram และ TikTok ซึ่งสามารถสร้างการรับรู้ ความสนใจ และความตั้งใจซื้อของผู้บริโภคได้ (Djafarova & Rushworth, 2017) ทั้งนี้ ผู้บริโภคในกลุ่มเจเนอเรชันแซดมักให้ความสำคัญกับเนื้อหาที่มีความจริงใจ เข้าถึงได้ง่าย และสะท้อนตัวตนหรือไลฟ์สไตล์ที่สอดคล้องกับตนเอง ส่งผลให้อินฟลูเอนเซอร์ไม่ได้ทำหน้าที่เพียงนำเสนอสินค้าเท่านั้น แต่ยังมีบทบาทในการสร้างความสัมพันธ์เชิงความรู้สึกและการคล้อยตามทางพฤติกรรมผ่านวัฒนธรรมการสื่อสารบนสื่อดิจิทัลอีกด้วย

สำหรับอุตสาหกรรมแฟชั่น เสื้อผ้าวินเทจถือเป็นหนึ่งในรูปแบบแฟชั่นที่ได้รับความนิยมเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในกลุ่มคนรุ่นใหม่ เนื่องจากเป็นแฟชั่นที่สามารถสะท้อนอัตลักษณ์ ความเป็นตัวของตัวเอง และความแตกต่างจากกระแสแฟชั่นกระแสหลัก อีกทั้งยังเชื่อมโยงกับแนวคิดด้านความยั่งยืน (Sustainable Fashion) และการบริโภคอย่างมีความหมายในสังคมยุคใหม่ โดยกลุ่มเจเนอเรชันแซดมักใช้แฟชั่นเป็นเครื่องมือในการสื่อสารตัวตน รสนิยม และไลฟ์สไตล์ผ่านพื้นที่สื่อสังคมออนไลน์ ซึ่งทำให้เสื้อผ้าวินเทจไม่ได้เป็นเพียงสินค้าแฟชั่น แต่ยังกลายเป็นส่วนหนึ่งของวัฒนธรรมดิจิทัลและการสร้างภาพลักษณ์ทางสังคมของผู้บริโภคยุคปัจจุบัน (Rocamora, 2011)

อินฟลูเอนเซอร์ออนไลน์จึงมีบทบาทสำคัญต่อการสร้างการรับรู้และโน้มน้าวพฤติกรรมการบริโภคของกลุ่มเจเนอเรชันแซด โดยเฉพาะในอุตสาหกรรมแฟชั่นที่เน้นการสื่อสารผ่านภาพลักษณ์ ไลฟ์สไตล์ และการสร้างตัวตนบนสื่อสังคมออนไลน์ ขณะเดียวกันแพลตฟอร์มอย่าง TikTok และ Instagram ยังทำหน้าที่เป็นพื้นที่สำคัญในการเผยแพร่คอนเทนต์แฟชั่นวินเทจไปสู่ผู้บริโภคอย่างรวดเร็วผ่านระบบอัลกอริทึมของแพลตฟอร์ม ส่งผลให้ผู้บริโภคสามารถเข้าถึงข้อมูล แนวโน้มแฟชั่น และรูปแบบการแต่งกายใหม่ ๆ ได้อย่างต่อเนื่อง ซึ่งอาจส่งผลต่อการรับรู้ ความสนใจ และการตัดสินใจซื้อสินค้าแฟชั่นของผู้บริโภคในยุคดิจิทัลได้อย่างมีประสิทธิภาพ

อย่างไรก็ตาม แม้ว่าจะมีงานวิจัยเกี่ยวกับอิทธิพลของอินฟลูเอนเซอร์ต่อพฤติกรรมการบริโภคสินค้าแฟชั่นบนสื่อสังคมออนไลน์จำนวนมาก แต่งานวิจัยส่วนใหญ่มักมุ่งศึกษาสินค้าแฟชั่นในภาพรวมและเน้นมิติด้านการตลาดเป็นหลัก ขณะที่การศึกษาเกี่ยวกับเสื้อผ้าวินเทจในบริบทของวัฒนธรรมดิจิทัล การสร้างตัวตน และค่านิยมด้านแฟชั่นยั่งยืนของกลุ่มเจเนอเรชันแซดยังมีไม่มากนัก จึงทำให้ประเด็นเกี่ยวกับพฤติกรรมการตัดสินใจซื้อเสื้อผ้าวินเทจผ่านแพลตฟอร์มสื่อสังคมออนไลน์ในยุคดิจิทัลของกลุ่มเจเนอเรชันแซดเป็นประเด็นที่น่าสนใจและควรได้รับการศึกษาเพิ่มเติม

จากความสำคัญดังกล่าว การวิจัยเรื่องอิทธิพลของอินฟลูเอนเซอร์บนสื่อสังคมออนไลน์ที่มีผลต่อพฤติกรรมการตัดสินใจซื้อเสื้อผ้าวินเทจของกลุ่มเจเนอเรชันแซด จึงเป็นประเด็นที่น่าสนใจทั้งในมิติด้านการสื่อสาร การบริโภค และวัฒนธรรมดิจิทัล เนื่องจากช่วยสะท้อนพฤติกรรมการบริโภคสินค้าแฟชั่นของผู้บริโภคยุคใหม่ รวมถึงบทบาทของอินฟลูเอนเซอร์ที่มีต่อการรับรู้ การสร้างความหมาย และการตัดสินใจซื้อสินค้าแฟชั่นผ่านสื่อสังคมออนไลน์ อีกทั้งผลการศึกษายังสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการวางแผนกลยุทธ์การสื่อสารการตลาด การสร้างคอนเทนต์ และการสื่อสารแบรนด์แฟชั่นให้สอดคล้องกับพฤติกรรมและค่านิยมของกลุ่มเจเนอเรชันแซดในบริบทสังคมดิจิทัลได้อย่างมีประสิทธิภาพ ตลอดจนเป็นข้อมูลสำหรับผู้ประกอบการธุรกิจแฟชั่น ร้านเสื้อผ้าวินเทจ และนักสื่อสารการตลาดในการพัฒนารูปแบบการสื่อสารที่สามารถสร้างการมีส่วนร่วมและตอบสนองต่อพฤติกรรมผู้บริโภคในยุคดิจิทัลได้ดียิ่งขึ้น

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาระดับความคิดเห็นเกี่ยวกับอิทธิพลของอินฟลูเอนเซอร์บนสื่อสังคมออนไลน์และพฤติกรรมการตัดสินใจซื้อเสื้อผ้าวินเทจของกลุ่มเจเนอเรชันแซด
2. เพื่อศึกษาอิทธิพลของอินฟลูเอนเซอร์บนสื่อสังคมออนไลน์ที่ส่งผลต่อพฤติกรรมการตัดสินใจซื้อเสื้อผ้าวินเทจของกลุ่มเจเนอเรชันแซด

วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

แนวคิดเกี่ยวกับอินฟลูเอนเซอร์ (Influencer)

อินฟลูเอนเซอร์ หมายถึง บุคคลที่มีอิทธิพลต่อทัศนคติ การรับรู้ และพฤติกรรมการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภคผ่านการสื่อสารบนแพลตฟอร์มดิจิทัล โดยอิทธิพลดังกล่าวเกิดจากความน่าเชื่อถือ รูปแบบการนำเสนอคอนเทนต์ และความสัมพันธ์ระหว่างผู้ติดตามกับผู้ส่งสาร (Lou & Yuan, 2019) ทั้งนี้ แนวคิดความน่าเชื่อถือของผู้ส่งสาร (Source Credibility Theory) อธิบายว่า ความน่าเชื่อถือและความไว้วางใจต่อผู้ส่งสารมีผลต่อการยอมรับข้อมูลของผู้บริโภค (Ohanian, 1990) ขณะที่แนวคิดการปฏิสัมพันธ์เสมือนจริง (Parasocial Interaction) อธิบายว่า การติดตามคอนเทนต์ของอินฟลูเอนเซอร์อย่าง

ต่อเนื่องสามารถทำให้ผู้ติดตามเกิดความรู้สึกใกล้ชิดและผูกพัน ส่งผลต่อพฤติกรรมการบริโภคของผู้ติดตามบนสื่อสังคมออนไลน์ (Aw & Chuah, 2021) ผู้วิจัยจึงนำแนวคิดดังกล่าวมาประยุกต์ใช้ในการศึกษาอิทธิพลด้านความน่าเชื่อถือ รูปแบบการนำเสนอคอนเทนต์ การสร้างแรงบันดาลใจในไลฟ์สไตล์ การสื่อสารค่านิยมแฟชั่นยั่งยืน และการนำเสนอความคุ้มค่าและราคา ที่ส่งผลต่อพฤติกรรมการตัดสินใจซื้อเสื้อผ้าวินเทจของกลุ่มเจเนอเรชันแซดบนสื่อสังคมออนไลน์

แนวคิดเกี่ยวกับพฤติกรรมการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภค

พฤติกรรมการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภค หมายถึง กระบวนการที่ผู้บริโภคใช้ในการเลือกซื้อสินค้าและบริการเพื่อตอบสนองความต้องการของตนเอง โดยกระบวนการตัดสินใจซื้อประกอบด้วย การรับรู้ถึงความต้องการ การค้นหาข้อมูล การประเมินทางเลือก การตัดสินใจซื้อ และพฤติกรรมหลังการซื้อในบริบทของสื่อดิจิทัล ผู้บริโภคสามารถเข้าถึงข้อมูลสินค้า รีวิว และคอนเทนต์จากอินฟลูเอนเซอร์ได้อย่างรวดเร็ว ส่งผลให้สื่อสังคมออนไลน์กลายเป็นปัจจัยสำคัญต่อพฤติกรรมการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภคยุคใหม่ (Kotler & Keller, 2016)

แนวคิดเกี่ยวกับเสื้อผ้าวินเทจ

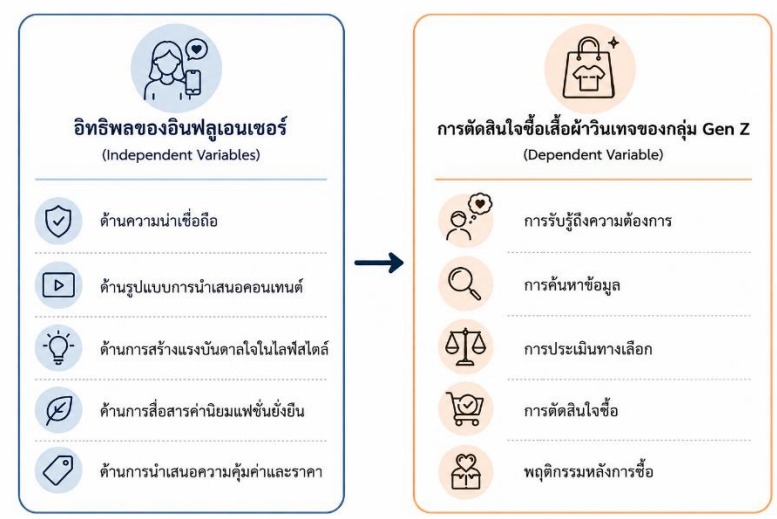
เสื้อผ้าวินเทจเป็นรูปแบบแฟชั่นที่สะท้อนเอกลักษณ์ ความแตกต่าง และรสนิยมเฉพาะบุคคลของผู้สวมใส่ โดยได้รับความนิยมเพิ่มขึ้นในกลุ่มคนรุ่นใหม่ โดยเฉพาะกลุ่มเจเนอเรชัน Z ที่ให้ความสำคัญกับการแสดงออกทางตัวตนและแนวคิดด้านแฟชั่นยั่งยืน (Cervellon et al., 2012) นอกจากนี้ สื่อสังคมออนไลน์ยังมีบทบาทสำคัญในการสร้างกระแสแฟชั่นวินเทจผ่านการนำเสนอคอนเทนต์ การรีวิวสินค้า และการแต่งกายของอินฟลูเอนเซอร์ ซึ่งส่งผลต่อความสนใจและพฤติกรรมการบริโภคของผู้ติดตาม

แนวคิดเกี่ยวกับเจเนอเรชันแซด (Generation Z)

กลุ่มประชากรที่เติบโตมาพร้อมกับเทคโนโลยีดิจิทัลและการใช้งานสื่อสังคมออนไลน์เป็นส่วนหนึ่งของชีวิตประจำวัน มีลักษณะเด่นด้านการเปิดรับข้อมูลอย่างรวดเร็ว ให้ความสำคัญกับความเป็นตัวตน และนิยมเสพคอนเทนต์ผ่านแพลตฟอร์มออนไลน์ (Priporas et al., 2017) นอกจากนี้ กลุ่มเจเนอเรชัน Z ยังมีแนวโน้มเชื่อถือข้อมูลจากผู้ใช้งานจริงหรืออินฟลูเอนเซอร์มากกว่าการโฆษณาแบบดั้งเดิม ส่งผลให้อินฟลูเอนเซอร์มีบทบาทสำคัญต่อพฤติกรรมการบริโภคและการตัดสินใจซื้อสินค้าแฟชั่นของผู้บริโภคกลุ่มนี้

กรอบแนวคิด

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยศึกษาแนวคิดเกี่ยวกับอิทธิพลของอินฟลูเอนเซอร์บนสื่อสังคมออนไลน์ โดยอาศัยแนวคิดความน่าเชื่อถือของผู้ส่งสาร (Source Credibility Theory) และแนวคิดปฏิสัมพันธ์เสมือนจริง (Parasocial Interaction) เพื่ออธิบายบทบาทของอินฟลูเอนเซอร์ที่ส่งผลต่อพฤติกรรมการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภคในยุคดิจิทัล ทั้งในด้านความน่าเชื่อถือ การนำเสนอคอนเทนต์ การสร้างแรงบันดาลใจด้านไลฟ์สไตล์ การสื่อสารค่านิยมแฟชั่นยั่งยืน และการนำเสนอความคุ้มค่าและราคา ซึ่งส่งผลต่อกระบวนการตัดสินใจซื้อเสื้อผ้าวินเทจของกลุ่มเจเนอเรชันแซด ตั้งแต่การรับรู้ความต้องการ การค้นหาข้อมูล การประเมินทางเลือก การตัดสินใจซื้อ และพฤติกรรมหลังการซื้อ ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

วิธีการดำเนินการวิจัย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นิสิตมหาวิทยาลัยมหาสารคามที่อยู่ในช่วงกลุ่มเจเนอเรชันแซด (Generation Z) ซึ่งเป็นกลุ่มประชากรที่เกิดในช่วงปี พ.ศ. 2540–2555 ตามแนวคิดการแบ่งช่วงประชากรของสำนักงานสถิติแห่งชาติ (2565) และเป็นกลุ่มที่เติบโตมาพร้อมกับเทคโนโลยีดิจิทัลและสื่อสังคมออนไลน์ โดยมีพฤติกรรมการใช้งานสื่อสังคมออนไลน์อย่างต่อเนื่อง รวมถึงมีความสนใจด้านแฟชั่น ไลฟ์สไตล์ และการติดตามข้อมูลข่าวสารผ่านอินฟลูเอนเซอร์บนแพลตฟอร์มดิจิทัลต่าง ๆ ทั้งนี้ ผู้วิจัยกำหนดช่วงอายุ 18–29 ปี เนื่องจากเป็นช่วงวัยที่สามารถให้ความยินยอมในการเข้าร่วมการวิจัยได้ด้วยตนเองตามหลักจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นิสิตมหาวิทยาลัยมหาสารคามที่อยู่ในช่วงกลุ่มเจเนอเรชันแซด ซึ่งมีจำนวนประชากรทั้งสิ้น 46,614 คน ผู้วิจัยกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างโดยใช้สูตรของทาโร่ ยามาเน่ (Taro Yamane, 1967) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และกำหนดค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้เท่ากับ 0.05 เพื่อให้ได้จำนวนกลุ่มตัวอย่างที่เหมาะสมสำหรับการศึกษาวิจัยครั้งนี้

$$n = \frac{N}{1 + N(e^2)}$$

โดยที่ n = ขนาดของกลุ่มตัวอย่างที่ต้องการ
N = จำนวนประชากรทั้งหมด (46,614 คน)
e = ค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ (0.05)

แทนค่าในสูตร

$$n = \frac{46{,}614}{1 + 46{,}614(0.05)^2}$$

$$n = 396.59$$

เมื่อแทนค่าจำนวนประชากรลงในสูตร พบว่าขนาดกลุ่มตัวอย่างมีจำนวนประมาณ 397 คน อย่างไรก็ตาม เพื่อป้องกันความคลาดเคลื่อนที่อาจเกิดขึ้นจากการตอบแบบสอบถามไม่สมบูรณ์ ผู้วิจัยจึงกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างในการศึกษาครั้งนี้เป็น จำนวน 400 คน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ผู้วิจัยใช้แบบสอบถามในการเก็บรวบรวมข้อมูล ประกอบไปด้วย 1) ข้อมูลปัจจัยส่วนบุคคลของผู้ตอบแบบสอบถาม ได้แก่ เพศ อายุ ชั้นปีที่ศึกษา และกลุ่มคณะ 2) ข้อคำถามเกี่ยวกับอิทธิพลของอินฟลูเอนเซอร์บนสื่อสังคมออนไลน์ ได้แก่ ความน่าเชื่อถือ รูปแบบการนำเสนอเนื้อหา การสร้างแรงบันดาลใจในไลฟ์สไตล์ การสื่อสารค่านิยมแฟชั่นยั่งยืน และการนำเสนอราคาและความคุ้มค่า 3) ข้อคำถามเกี่ยวกับพฤติกรรมการตัดสินใจซื้อเสื้อผ้าวินเทจ ได้แก่ การรับรู้ถึงความ ต้องการ การค้นหาข้อมูล การประเมินทางเลือก การตัดสินใจซื้อ พฤติกรรมหลังการซื้อ โดยลักษณะของแบบสอบถามเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) ตามแบบของ Likert โดยมีระดับคะแนนให้เลือกตอบ 5 ระดับ กำหนดระดับความคิดเห็นจากมากไปหาน้อย ตามเกณฑ์การให้คะแนน คือ 5 = มากที่สุด, 4 = มาก, 3 = ปานกลาง, 2 = น้อย, และ 1 = น้อยที่สุด

การตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา ผู้วิจัยนำร่างแบบสอบถามเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน เพื่อหาดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์ และตรวจสอบความครอบคลุมของเนื้อหา ความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์การวิจัย รวมถึงความเหมาะสมด้านการใช้ภาษาของข้อคำถาม จากนั้นนำผลการประเมินมาคำนวณค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์ (Index of Item-Objective Congruence: IOC) โดยกำหนดเกณฑ์ค่าความสอดคล้องตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไปจึงถือว่าสามารถนำไปใช้ได้ ผลการประเมินพบว่า ข้อคำถามมีค่า IOC อยู่ระหว่าง 0.67–1.00 และมีค่าเฉลี่ย IOC เท่ากับ 0.89 ซึ่งถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ ผู้วิจัยจึงนำข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญมาปรับปรุงแก้ไขแบบสอบถามก่อนนำไปทดลองใช้จริง

การหาความเชื่อมั่น (Reliability) ผู้วิจัยนำแบบสอบถามที่ผ่านการปรับปรุงแล้วไปทดลองใช้ (Try-out) กับนิสิตมหาวิทยาลัยมหาสารคามที่มีลักษณะใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 คน เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์อัลฟ่าของครอนบาค (Cronbach's Alpha Coefficient) พบว่า การวิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่นของตัวแปรจากมาตรวัดมีค่ามากกว่า 0.91 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มีความน่าเชื่อถือ (Hair et al., 2006)

การรวบรวมข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปริมาณ โดยผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างซึ่งเป็นนิสิตมหาวิทยาลัยมหาสารคามในกลุ่มเจเนอเรชันแซด (Generation Z) จำนวน 400 คน โดยใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบสะดวก (Convenience Sampling) และใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือในการเก็บข้อมูล

ผู้วิจัยได้สร้างแบบสอบถามให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวิจัย และดำเนินการเผยแพร่แบบสอบถามในรูปแบบออนไลน์ผ่านสื่อสังคมออนไลน์และแพลตฟอร์มที่นิสิตนิยมใช้งาน เพื่ออำนวยความสะดวกในการเข้าถึงและตอบแบบสอบถามของกลุ่มตัวอย่าง

ก่อนดำเนินการเก็บข้อมูล ผู้วิจัยได้ชี้แจงรายละเอียดเกี่ยวกับวัตถุประสงค์ของการวิจัย พร้อมทั้งขอความร่วมมือจากผู้ตอบแบบสอบถาม โดยแจ้งให้ทราบว่าข้อมูลที่ได้รับจะถูกนำไปใช้เพื่อประโยชน์ทางการศึกษาเท่านั้น และจะเก็บรักษาข้อมูลของผู้ตอบแบบสอบถามเป็นความลับ

ภายหลังจากได้รับแบบสอบถามครบตามจำนวนที่กำหนด ผู้วิจัยได้ตรวจสอบความสมบูรณ์และความถูกต้องของข้อมูลก่อนนำข้อมูลเข้าสู่กระบวนการวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อใช้ในการสรุปผลการวิจัยต่อไป

การวิเคราะห์ข้อมูล

1) ผู้วิจัยใช้สถิติเชิงพรรณนาในการประมวลผล (Descriptive Statistic) เพื่ออธิบายลักษณะทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง และระดับความคิดเห็นของผู้ตอบแบบสอบถาม ประกอบด้วย ค่าความถี่ (Frequency) ร้อยละ (Percentage) ค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)

2) ผู้วิจัยใช้สถิติเชิงอนุมาน คือการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (Multiple Regression Analysis) อิทธิพลของอินฟลูเอนเซอร์บนสื่อสังคมออนไลน์ที่ส่งผลต่อพฤติกรรมการตัดสินใจซื้อเสื้อผ้าวินเทจของกลุ่มเจเนอเรชันแซด โดยพิจารณาระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05

ผลการวิจัย

ตอนที่ 1 ปัจจัยด้านประชากรศาสตร์ของผู้ตอบแบบสอบถาม

ตารางที่ 1 จำนวนและร้อยละของปัจจัยด้านประชากรศาสตร์ของผู้ตอบแบบสอบถาม

ประชากรศาสตร์	จำนวน (n = 400 คน)	ร้อยละ
เพศ		
ชาย	158	39.50
หญิง	224	56.00
ไม่ระบุเพศ	18	4.50
อายุ		
18 ปี	56	14.00
19 ปี	74	18.50
20 ปี	92	23.00
21 ปี	101	25.25
22 ปีขึ้นไป	77	19.25
ชั้นปีที่ศึกษา		
ชั้นปีที่ 1	98	24.50
ชั้นปีที่ 2	96	24.00
ชั้นปีที่ 3	112	28.00
ชั้นปีที่ 4	94	23.50
กลุ่มคณะ		
กลุ่มวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี	130	32.50
กลุ่มวิทยาศาสตร์สุขภาพ	122	30.50
กลุ่มมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์	148	37.00
รวม	400	100.00

จากตารางที่ 1 พบว่า กลุ่มตัวอย่างของผู้ตอบแบบสอบถาม จำนวน 400 คน พบว่า ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง จำนวน 224 คน คิดเป็นร้อยละ 56.00 ด้านอายุ พบว่าส่วนใหญ่มีอายุ 21 ปี จำนวน 101 คน คิดเป็นร้อยละ 25.25 ด้านชั้นปีที่ศึกษา พบว่าส่วนใหญ่ศึกษาอยู่ชั้นปีที่ 3 จำนวน 112 คน คิดเป็นร้อยละ 28.00 และเมื่อพิจารณาตามกลุ่มคณะ พบว่าส่วนใหญ่อยู่ในกลุ่มมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ จำนวน 148 คน คิดเป็นร้อยละ 37.00

ตอนที่ 2 การวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับอิทธิพลของอินฟลูเอนเซอร์

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของระดับความเห็นเกี่ยวกับอิทธิพลของอินฟลูเอนเซอร์บนสื่อสังคมออนไลน์

อิทธิพลของอินฟลูเอนเซอร์บนสื่อสังคมออนไลน์	$\bar{x}$	S.D.	ระดับความคิดเห็น
1. ความน่าเชื่อถือ	4.24	0.73	มากที่สุด
2. รูปแบบการนำเสนอคอนเทนต์	4.39	0.65	มากที่สุด
3. การสร้างแรงบันดาลใจในไลฟ์สไตล์	4.30	0.74	มากที่สุด
4. การสื่อสารค่านิยมแฟชั่นยั่งยืน	4.29	0.73	มากที่สุด
5. การนำเสนอความคุ้มค่าและราคา	4.37	0.71	มากที่สุด
เฉลี่ยรวม	4.32	0.71	มากที่สุด

จากตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ระดับความเห็นเกี่ยวกับอิทธิพลของอินฟลูเอนเซอร์บนสื่อสังคมออนไลน์ พบว่า ภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.32, S.D. = 0.71) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่า ด้านที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดคือ ด้านรูปแบบการนำเสนอคอนเทนต์ อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.39, S.D. = 0.65) รองลงมาคือ ด้านการนำเสนอความคุ้มค่าและราคา อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.37, S.D. = 0.71) และด้านการสร้างแรงบันดาลใจในไลฟ์สไตล์ อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.30, S.D. = 0.74) ตามลำดับ ส่วนด้านที่มีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุดคือ ด้านความน่าเชื่อถือ ซึ่งอยู่ในระดับมากที่สุดเช่นกัน ($\bar{x}$ = 4.24, S.D. = 0.73) ซึ่งสามารถสรุปเป็นรายด้านได้ดังนี้

ความน่าเชื่อถือ โดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.24, S.D. = 0.73) และเมื่อวิเคราะห์เป็นรายข้อ พบว่า ข้อที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด คือ อินฟลูเอนเซอร์ที่ท่านติดตามมีความน่าเชื่อถือในการนำเสนอเสื้อผ้าวินเทจอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.36, S.D. = 0.67) รองลงมา คือ ประสบการณ์หรือความรู้ของอินฟลูเอนเซอร์ทำให้ท่านมั่นใจในการเลือกซื้อเสื้อผ้าวินเทจอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.25, S.D. = 0.74) ต่อมาคือ ท่านเชื่อถือความคิดเห็นและคำแนะนำของอินฟลูเอนเซอร์เกี่ยวกับเสื้อผ้าวินเทจ และการรีวิวเสื้อผ้าวินเทจของอินฟลูเอนเซอร์ทำให้ท่านรู้สึกมั่นใจในการตัดสินใจซื้อ โดยอยู่ในระดับมากตามลำดับเท่ากันทั้งสองข้อ ($\bar{x}$ = 4.17)

รูปแบบการนำเสนอคอนเทนต์ พบว่า โดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.39, S.D. = 0.65) และเมื่อวิเคราะห์เป็นรายข้อ พบว่า ข้อที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด คือ รูปแบบเนื้อหาของอินฟลูเอนเซอร์ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อเสื้อผ้าวินเทจ อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.50, S.D. = 0.56) รองลงมา คือ อินฟลูเอนเซอร์นำเสนอแฟชั่นวินเทจในรูปแบบที่เข้าใจง่าย อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.38, S.D. = 0.67) ต่อมาคือ การตัดต่อและภาพประกอบช่วยให้เข้าใจเนื้อหาได้ง่าย อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.37, S.D. = 0.70) และเนื้อหาของอินฟลูเอนเซอร์มีความน่าสนใจและดึงดูดความสนใจ อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.31, S.D. = 0.68) ตามลำดับ

การสร้างแรงบันดาลใจในไลฟ์สไตล์ พบว่า โดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.30, S.D. = 0.74) และเมื่อวิเคราะห์เป็นรายข้อ พบว่า ข้อที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด คือ การแต่งตัวของอินฟลูเอนเซอร์สร้างแรงบันดาลใจให้อยากลองแต่งกายสไตล์วินเทจ อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.49, S.D. = 0.64) รองลงมา คือ รู้สึกอยากพัฒนาสไตล์แฟชั่นของตนเองมากขึ้นจากการติดตามอินฟลูเอนเซอร์ อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.29, S.D. = 0.76) ต่อมาคือ ไลฟ์สไตล์ของอินฟลูเอนเซอร์สะท้อนรสนิยมที่ต้องการมีหรืออยากเป็นตาม อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.24, S.D. = 0.78) และได้รับไอเดียในการ Mix & Match เสื้อผ้าวินเทจให้เข้ากับชีวิตประจำวันจากการติดตามอินฟลูเอนเซอร์ อยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ = 4.16, S.D. = 0.77) ตามลำดับ

การสื่อสารค่านิยมแฟชั่นยั่งยืน พบว่า โดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.29, S.D. = 0.73) และเมื่อวิเคราะห์เป็นรายข้อ พบว่า ข้อที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด คือ อินฟลูเอนเซอร์สื่อสารแนวคิดเรื่องแฟชั่นยั่งยืนผ่านเสื้อผ้าวินเทจ อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.43, S.D. = 0.67) รองลงมา คือ อินฟลูเอนเซอร์ทำให้ตระหนักถึงคุณค่าของการใช้เสื้อผ้ามือสอง อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.27, S.D. = 0.74) ต่อมาคือ การนำเสนอค่านิยมด้านความยั่งยืนทำให้เกิดความสนใจเสื้อผ้าวินเทจมากขึ้น อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.26, S.D. = 0.76) และเห็นว่าเสื้อผ้าวินเทจช่วยลดการบริโภคแฟชั่นแบบฟุ่มเฟือย อยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ = 4.19, S.D. = 0.74) ตามลำดับ

การนำเสนอความคุ้มค่าและราคา พบว่า โดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.37, S.D. = 0.71) และเมื่อวิเคราะห์เป็นรายข้อ พบว่า ข้อที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด คือ อินฟลูเอนเซอร์ช่วยชี้เป้าแหล่งเสื้อผ้าวินเทจที่มีราคาเหมาะสมกับคุณภาพ อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.49, S.D. = 0.64) รองลงมา คือ รู้สึกว่าการทำตามคำแนะนำของอินฟลูเอนเซอร์มีความคุ้มค่าจริง อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.42, S.D. = 0.72) ต่อมาคือ อินฟลูเอนเซอร์ช่วยให้มองเห็นว่าเสื้อผ้าวินเทจสามารถใช้งานได้นานและมีคุณภาพดี อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.35, S.D. = 0.74) และอินฟลูเอนเซอร์นำเสนอความคุ้มค่าของการลงทุนซื้อเสื้อผ้าวินเทจ เช่น การเก็บไว้เก็งกำไรหรือมีความทนทาน อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.23, S.D. = 0.73) ตามลำดับ

ตอนที่ 3 การวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมการตัดสินใจซื้อเสื้อผ้าวินเทจของกลุ่มเจเนอเรชันแซด

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของระดับความเห็นเกี่ยวกับพฤติกรรมการตัดสินใจซื้อเสื้อผ้าวินเทจของกลุ่มเจเนอเรชันแซด

อิทธิพลของอินฟลูเอนเซอร์บนสื่อสังคมออนไลน์	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความคิดเห็น
1. การรับรู้ถึงความต้องการ	4.23	0.74	มากที่สุด
2. การค้นหาข้อมูล	4.18	0.81	มาก
3. การประเมินทางเลือก	4.14	0.76	มาก
4. การตัดสินใจซื้อ	4.26	0.76	มากที่สุด
5. พฤติกรรมหลังการซื้อ	4.20	0.80	มาก
เฉลี่ยรวม	4.20	0.77	มาก

จากตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ระดับความเห็นเกี่ยวกับพฤติกรรมการตัดสินใจซื้อเสื้อผ้าวินเทจของกลุ่มเจเนอเรชันแซด พบว่า ภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ = 4.20, S.D. = 0.77) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่า ด้านที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดคือ การตัดสินใจซื้อ อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.26, S.D. = 0.76) รองลงมาคือ การรับรู้ถึงความต้องการ อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ =

4.23, S.D. = 0.74) และพฤติกรรมหลังการซื้อ อยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ = 4.20, S.D. = 0.80) ตามลำดับ ส่วนด้านที่มีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุดคือ การประเมินทางเลือก อยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ = 4.14, S.D. = 0.76) ซึ่งสามารถสรุปเป็นรายด้านได้ดังนี้

การรับรู้ถึงความต้องการ พบว่า โดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.23, S.D. = 0.74) และเมื่อวิเคราะห์เป็นรายข้อ พบว่า ข้อที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด คือ หลังจากรับชมคอนเทนต์ของอินฟลูเอนเซอร์ทำให้เกิดความต้องการเสื้อผ้าวินเทจมากขึ้น อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.48, S.D. = 0.65) รองลงมา คือ ไลฟ์สไตล์ของอินฟลูเอนเซอร์ทำให้อยากสวมใส่เสื้อผ้าวินเทจตาม อยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ = 4.19, S.D. = 0.80) ต่อมาคือ เกิดความสนใจเสื้อผ้าวินเทจมากขึ้นเมื่ออินฟลูเอนเซอร์นำเสนอคุณค่าและจุดเด่นของสินค้า อยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ = 4.16, S.D. = 0.77) และรู้สึกว่าเสื้อผ้าวินเทจที่อินฟลูเอนเซอร์นำเสนอสามารถสะท้อนเอกลักษณ์เฉพาะตัวได้ อยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ = 4.09, S.D. = 0.74) ตามลำดับ

การค้นหาข้อมูล พบว่า โดยรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ = 4.18, S.D. = 0.81) และเมื่อวิเคราะห์เป็นรายข้อ พบว่า ข้อที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด คือ มักค้นหาข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับเสื้อผ้าวินเทจหลังจากเห็นอินฟลูเอนเซอร์นำเสนอ อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.31, S.D. = 0.77) รองลงมา คือ คอนเทนต์ของอินฟลูเอนเซอร์ช่วยลดเวลาในการค้นหาข้อมูลเสื้อผ้าวินเทจด้วยตนเอง อยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ = 4.19, S.D. = 0.80) ต่อมาคือ มีการเปรียบเทียบข้อมูลเสื้อผ้าวินเทจจากอินฟลูเอนเซอร์หลายคนก่อนตัดสินใจซื้อ อยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ = 4.12, S.D. = 0.83) และใช้ช่องทางสื่อสังคมออนไลน์ของอินฟลูเอนเซอร์เป็นแหล่งข้อมูลหลักในการศึกษาเกี่ยวกับแฟชั่นวินเทจ อยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ = 4.10, S.D. = 0.82) ตามลำดับ

การประเมินทางเลือก พบว่า โดยรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ = 4.14, S.D. = 0.76) และเมื่อวิเคราะห์เป็นรายข้อ พบว่า ข้อที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด คือ ใช้ข้อมูลจากอินฟลูเอนเซอร์ในการเปรียบเทียบคุณภาพเสื้อผ้าระหว่างร้านต่าง ๆ อยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ = 4.20, S.D. = 0.77) รองลงมา คือ เชื่อถือร้านค้าที่มีความเกี่ยวข้องหรือร่วมงานกับอินฟลูเอนเซอร์ อยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ = 4.17, S.D. = 0.75) ต่อมาคือ ใช้ความคิดเห็นและการนำเสนอของอินฟลูเอนเซอร์ช่วยประเมินคุณภาพเสื้อผ้าวินเทจ อยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ = 4.14, S.D. = 0.75) และคำแนะนำของอินฟลูเอนเซอร์ช่วยให้เลือกเสื้อผ้าวินเทจที่เหมาะสมได้ อยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ = 4.05, S.D. = 0.77) ตามลำดับ

การตัดสินใจซื้อ พบว่า โดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.26, S.D. = 0.76) และเมื่อวิเคราะห์เป็นรายข้อ พบว่า ข้อที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด คือ คอนเทนต์ของอินฟลูเอนเซอร์เป็นปัจจัยสำคัญต่อการตัดสินใจซื้อเสื้อผ้าวินเทจ อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.43, S.D. = 0.71) รองลงมา คือ อิทธิพลของอินฟลูเอนเซอร์บนสื่อสังคมออนไลน์ช่วยลดความลังเลใจในการตัดสินใจซื้อ อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.25, S.D. = 0.78) ต่อมาคือ ตัดสินใจซื้อได้ง่ายขึ้นเมื่ออินฟลูเอนเซอร์ยืนยันว่าผลิตภัณฑ์มีคุณภาพดี อยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ = 4.18, S.D. = 0.75) และตัดสินใจซื้อทันทีหลังจากรับชมรีวิวหรือการชักจูงจากอินฟลูเอนเซอร์ อยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ = 4.16, S.D. = 0.80) ตามลำดับ

พฤติกรรมหลังการซื้อ พบว่า โดยรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ = 4.20, S.D. = 0.80) และเมื่อวิเคราะห์เป็นรายข้อ พบว่า ข้อที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด คือ มีความพึงพอใจและตั้งใจซื้อซ้ำตามคำแนะนำของอินฟลูเอนเซอร์ อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.39, S.D. = 0.72) รองลงมา คือ อินฟลูเอนเซอร์ทำให้อยากซื้อเสื้อผ้าวินเทจบ่อยขึ้นในอนาคต อยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ = 4.18, S.D. = 0.78) ต่อมาคือ มีการแนะนำร้านเสื้อผ้าวินเทจที่อินฟลูเอนเซอร์นำเสนอให้กับคนรอบข้าง อยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ = 4.17, S.D. = 0.79) และยินดีรีวิวเสื้อผ้าวินเทจลงบนสื่อสังคมออนไลน์ตามแนวทางของอินฟลูเอนเซอร์ อยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ = 4.06, S.D. = 0.87) ตามลำดับ

ตอนที่ 4 การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณของอิทธิพลของอินฟลูเอนเซอร์บนสื่อสังคมออนไลน์ที่มีผลต่อพฤติกรรมการตัดสินใจซื้อเสื้อผ้าวินเทจของกลุ่มเจเนอเรชันแซด

ตารางที่ 4 การวิเคราะห์อิทธิพลของอินฟลูเอนเซอร์บนสื่อสังคมออนไลน์ที่มีผลต่อพฤติกรรมการตัดสินใจซื้อเสื้อผ้าวินเทจของกลุ่มเจเนอเรชันแซด

อิทธิพลของอินฟลูเอนเซอร์บนสื่อสังคมออนไลน์	B	β	S.E.	t	Sig.
1. ความน่าเชื่อถือ	.300	.269	.036	7.481	.000
2. รูปแบบการนำเสนอคอนเทนต์	.079	.078	.043	1.810	.071
3. การสร้างแรงบันดาลใจในไลฟ์สไตล์	.202	.178	.043	4.111	.000
4. การสื่อสารค่านิยมแฟชั่นยั่งยืน	.103	.094	.039	2.396	.017
5. การนำเสนอความคุ้มค่าและราคา	.275	.248	.040	6.179	.000
$R = 0.770$, $R^2 = 0.592$, Adjusted $R^2 = 0.587$, $F = 114.205$					

หมายเหตุ: * ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณของอิทธิพลของอินฟลูเอนเซอร์บนสื่อสังคมออนไลน์ที่มีผลต่อพฤติกรรมการตัดสินใจซื้อเสื้อผ้าวินเทจของกลุ่มเจเนอเรชันแซด พบว่า อิทธิพลของอินฟลูเอนเซอร์บนสื่อสังคมออนไลน์ด้านความน่าเชื่อถือ การสร้างแรงบันดาลใจในไลฟ์สไตล์ การสื่อสารค่านิยมแฟชั่นยั่งยืน และการนำเสนอความคุ้มค่าและราคา มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการตัดสินใจซื้อเสื้อผ้าวินเทจของกลุ่มเจเนอเรชันแซด ในขณะที่อิทธิพลของอินฟลูเอนเซอร์บนสื่อสังคมออนไลน์ด้านรูปแบบการนำเสนอคอนเทนต์ ไม่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการตัดสินใจซื้อเสื้อผ้าวินเทจของกลุ่มเจเนอเรชันแซด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ซึ่งสามารถสรุปเป็นรายด้านได้ดังนี้

อิทธิพลของอินฟลูเอนเซอร์บนสื่อสังคมออนไลน์ด้านความน่าเชื่อถือ ส่งผลต่อพฤติกรรมการตัดสินใจซื้อเสื้อผ้าวินเทจของกลุ่มเจเนอเรชันแซด **ยอมรับผลการทดสอบ**

อิทธิพลของอินฟลูเอนเซอร์บนสื่อสังคมออนไลน์ด้านรูปแบบการนำเสนอคอนเทนต์ ไม่ส่งผลต่อพฤติกรรมการตัดสินใจซื้อเสื้อผ้าวินเทจของกลุ่มเจเนอเรชันแซด **ปฏิเสธผลการทดสอบ**

อิทธิพลของอินฟลูเอนเซอร์บนสื่อสังคมออนไลน์ด้านการสร้างแรงบันดาลใจในไลฟ์สไตล์ ส่งผลต่อพฤติกรรมการตัดสินใจซื้อเสื้อผ้าวินเทจของกลุ่มเจเนอเรชันแซด **ยอมรับผลการทดสอบ**

อิทธิพลของอินฟลูเอนเซอร์บนสื่อสังคมออนไลน์ด้านการสื่อสารค่านิยมแฟชั่นยั่งยืน ส่งผลต่อพฤติกรรมการตัดสินใจซื้อเสื้อผ้าวินเทจของกลุ่มเจเนอเรชันแซด **ยอมรับผลการทดสอบ**

อิทธิพลของอินฟลูเอนเซอร์บนสื่อสังคมออนไลน์ด้านการนำเสนอความคุ้มค่าและราคา ส่งผลต่อพฤติกรรมการตัดสินใจซื้อเสื้อผ้าวินเทจของกลุ่มเจเนอเรชันแซด **ยอมรับผลการทดสอบ**

การอภิปรายผล

วัตถุประสงค์ข้อที่ 1 กลุ่มเจเนอเรชันแซดมีระดับความคิดเห็นเกี่ยวกับอิทธิพลของอินฟลูเอนเซอร์บนสื่อสังคมออนไลน์โดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด โดยด้านรูปแบบการนำเสนอคอนเทนต์ ด้านการนำเสนอความคุ้มค่าและราคา และด้านการสร้างแรงบันดาลใจในไลฟ์สไตล์ ชี้ให้เห็นว่า อินฟลูเอนเซอร์ในยุคดิจิทัลไม่ได้ทำหน้าที่เพียงเป็นผู้เผยแพร่ข้อมูลสินค้า แต่กลายเป็นตัวกลางทางวัฒนธรรมดิจิทัลที่มีบทบาทในการกำหนดรสนิยม แนวคิดด้านแฟชั่น และพฤติกรรมการบริโภคของผู้ติดตามผ่านแพลตฟอร์มสื่อสังคมออนไลน์ โดยเฉพาะบน TikTok และ Instagram ซึ่งเป็นพื้นที่ที่ผู้บริโภคสามารถรับรู้ เรียนรู้ และสร้างความหมายร่วมเกี่ยวกับแฟชั่นผ่านคอนเทนต์ในชีวิตประจำวันได้อย่างต่อเนื่อง

ทั้งนี้ กลุ่มเจเนอเรชันแซดเป็นกลุ่มผู้บริโภคที่เติบโตมาพร้อมกับวัฒนธรรมดิจิทัล และมีลักษณะการเปิดรับสื่อในคอนเทนต์รูปแบบสั้น (Short-form Content) ทำให้ความน่าสนใจของคอนเทนต์ไม่ได้ขึ้นอยู่กับเรื่องของการสื่อสารเพียงอย่างเดียว แต่ขึ้นอยู่กับความรู้สึกเข้าถึงได้ และมีความเป็นตัวตนของอินฟลูเอนเซอร์มากกว่า ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Cunningham and Craig (2021) ที่อธิบายว่า อินฟลูเอนเซอร์ในยุคแพลตฟอร์มไม่ได้เป็นเพียงผู้สร้างเนื้อหา แต่เป็นผู้สร้างวัฒนธรรมการบริโภคและความสัมพันธ์เชิงอารมณ์ผ่านระบบนิเวศของสื่อสังคมออนไลน์

นอกจากนี้ ผลการวิจัยยังพบว่า พฤติกรรมการตัดสินใจซื้อเสื้อผ้าวินเทจของกลุ่มเจเนอเรชันแซดโดยรวมอยู่ในระดับมาก โดยด้านการตัดสินใจซื้อและการรับรู้ถึงความต้องการ ชี้ให้เห็นว่า การบริโภคแฟชั่นวินเทจในปัจจุบันไม่ได้เกิดขึ้นเพียงจากความต้องการด้านการแต่งกายเท่านั้น แต่ยังเชื่อมโยงกับกระบวนการสร้างอัตลักษณ์และการสื่อสารตัวตนบนพื้นที่ดิจิทัล เนื่องจากกลุ่มเจเนอเรชันแซดมักใช้แฟชั่นเป็นเครื่องมือในการแสดงออกถึงรสนิยม ความแตกต่าง และตัวตนทางสังคมผ่านสื่อสังคมออนไลน์ ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดการบริโภคเชิงสัญลักษณ์ ที่อธิบายว่า ผู้บริโภคเลือกซื้อสินค้าเพื่อสะท้อนคุณค่าและความหมายที่เชื่อมโยงกับตัวตนของตนเองมากกว่าคุณสมบัติด้านการใช้งานเพียงอย่างเดียว (Mukendi et al., 2020)

อีกทั้ง ผลการวิจัยยังชี้ให้เห็นถึงบทบาทของการซื้อขายสินค้าและบริการโดยตรงผ่านแพลตฟอร์มโซเชียลมีเดีย (Social Commerce) ที่ทำให้กระบวนการบริโภคสินค้าแฟชั่นในยุคดิจิทัลเปลี่ยนแปลงไปจากอดีต โดยผู้บริโภคสามารถรับข้อมูลเปรียบเทียบสินค้า ตัดสินใจซื้อ และแสดงประสบการณ์หลังการซื้อผ่านแพลตฟอร์มเดียวกันได้ทันที ส่งผลให้อินฟลูเอนเซอร์กลายเป็นส่วนสำคัญของกระบวนการสร้างความไว้วางใจและการตัดสินใจบริโภคในระบบเศรษฐกิจดิจิทัล สอดคล้องกับ Wang and Herrando (2023) ที่อธิบายว่า สื่อสังคมออนไลน์ได้พัฒนาไปสู่พื้นที่ของการบริโภคเชิงสัมพันธ์ ซึ่งความสัมพันธ์ระหว่างผู้ติดตามและอินฟลูเอนเซอร์มีผลต่อความไว้วางใจและพฤติกรรมการซื้อของผู้บริโภคอย่างมีนัยสำคัญ

วัตถุประสงค์ข้อที่ 2 อิทธิพลของอินฟลูเอนเซอร์ด้านความน่าเชื่อถือ ด้านการสร้างแรงบันดาลใจในไลฟ์สไตล์ ด้านการสื่อสารค่านิยมแฟชั่นยั่งยืน และด้านการนำเสนอความคุ้มค่าและราคา ส่งผลต่อพฤติกรรมการตัดสินใจซื้อเสื้อผ้าวินเทจของกลุ่มเจเนอเรชันแซดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยเฉพาะด้านความน่าเชื่อถือ ชี้ให้เห็นว่า แม้ผู้บริโภคในยุคดิจิทัลจะสามารถเข้าถึงข้อมูลได้จำนวนมาก แต่ความไว้วางใจ ยังคงเป็นส่วนสำคัญในการตัดสินใจบริโภคสินค้าแฟชั่นผ่านสื่อสังคมออนไลน์ ทั้งนี้เนื่องมาจากผู้บริโภคกลุ่มเจเนอเรชันแซดให้ความสำคัญกับความจริงใจ ความเป็นธรรมชาติ และประสบการณ์จริงของอินฟลูเอนเซอร์มากกว่าการสื่อสารในรูปแบบโฆษณาโดยตรง สอดคล้องกับแนวคิดของ Sokolova and Kefi (2020) ที่อธิบายว่า ความน่าเชื่อถือของอินฟลูเอนเซอร์มีผลต่อการสร้างความไว้วางใจ ความผูกพัน และความตั้งใจซื้อของผู้บริโภคบนสื่อสังคมออนไลน์

ในด้านการสร้างแรงบันดาลใจในไลฟ์สไตล์ ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่า กลุ่มเจเนอเรชันแซดไม่ได้บริโภคสินค้าแฟชั่นเพียงเพื่อประโยชน์ใช้สอย แต่ยังบริโภคเพื่อสร้างภาพแทนตัวตนและสถานะทางสังคมบนพื้นที่ดิจิทัล ทำให้อินฟลูเอนเซอร์ที่มีไลฟ์สไตล์

หรือบุคลิกภาพที่สอดคล้องกับผู้ติดตามสามารถสร้างอิทธิพลต่อพฤติกรรมการบริโภคได้อย่างมีประสิทธิภาพ สอดคล้องกับแนวคิดของ Aw and Chuah (2021) ที่อธิบายว่า ผู้ติดตามมักเกิดความรู้สึกใกล้ชิดและผูกพันกับอินฟลูเอนเซอร์ผ่านการติดตามคอนเทนต์บนสื่อสังคมออนไลน์อย่างต่อเนื่อง ซึ่งความสัมพันธ์ดังกล่าวสามารถส่งผลต่อทัศนคติ ความไว้วางใจ และพฤติกรรมการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภคได้

นอกจากนี้ ผลการวิจัยยังพบว่า ด้านการสื่อสารค่านิยมแฟชั่นยั่งยืนส่งผลต่อพฤติกรรมการตัดสินใจซื้อของกลุ่มเจเนอเรชันแซด ชี้ให้เห็นถึงแนวโน้มของผู้บริโภครุ่นใหม่ที่เริ่มให้ความสำคัญกับแนวคิดแฟชั่นยั่งยืน (Sustainable Fashion) และ การบริโภคอย่างมีความรับผิดชอบมากขึ้น โดยเสื้อผ้าวินเทจไม่ได้ถูกมองเพียงในฐานะสินค้าแฟชั่น แต่ยังเป็นส่วนหนึ่งของการแสดงออกถึงค่านิยมด้านสิ่งแวดล้อม การใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่า และการต่อต้านวัฒนธรรมและการลดการบริโภคแฟชั่นแบบรวดเร็ว (Fast Fashion) สอดคล้องกับ Mukendi et al. (2020) ที่อธิบายว่า ผู้บริโภครุ่นใหม่มีแนวโน้มสนับสนุนการบริโภคแฟชั่นที่สะท้อนความรับผิดชอบต่อสังคมและสิ่งแวดล้อมมากขึ้นในยุคดิจิทัล

อย่างไรก็ตาม ผลการวิจัยพบประเด็นที่น่าสนใจคือ แม้ด้านรูปแบบการนำเสนอคอนเทนต์จะมีค่าเฉลี่ยระดับความคิดเห็นสูงที่สุด แต่กลับไม่ส่งผลต่อพฤติกรรมการตัดสินใจซื้ออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สะท้อนให้เห็นว่า ผู้บริโภคกลุ่มเจเนอเรชันแซดอาจให้ความสำคัญกับคุณภาพของความสัมพันธ์ และความน่าเชื่อถือของอินฟลูเอนเซอร์มากกว่าความสวยงามหรือความน่าสนใจของรูปแบบคอนเทนต์เพียงอย่างเดียว ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากผู้บริโภคในยุคสื่อสังคมออนไลน์มีความคุ้นชินกับรูปแบบคอนเทนต์ที่หลากหลายบนแพลตฟอร์มดิจิทัล ทำให้รูปแบบการนำเสนอไม่ใช่ปัจจัยหลักในการตัดสินใจซื้ออีกต่อไป แต่กลับให้ความสำคัญกับความจริงใจ ความสอดคล้องด้านไลฟ์สไตล์ และประสบการณ์ที่สามารถเชื่อมโยงกับตนเองได้มากกว่า ผลการศึกษาดังกล่าวยังสะท้อนให้เห็นว่า ในบริบทของการซื้อขายสินค้าและบริการผ่านแพลตฟอร์มโซเชียลมีเดีย (Social Commerce) การสร้างความไว้วางใจและความรู้สึกเชื่อมโยงระหว่างอินฟลูเอนเซอร์กับผู้ติดตามอาจมีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการบริโภคมากกว่าการแข่งขันด้านรูปแบบการผลิตคอนเทนต์เพียงอย่างเดียว ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงของพฤติกรรมผู้บริโภคในยุคดิจิทัลที่ให้ความสำคัญกับความสัมพันธ์เชิงตัวตนมากกว่าความสวยงามของสื่อที่นำเสนอ สอดคล้องกับ Casaló et al. (2020) ที่อธิบายว่า ความรู้สึกใกล้ชิด ความน่าเชื่อถือ และความสอดคล้องระหว่างตัวตนของอินฟลูเอนเซอร์กับผู้ติดตาม เป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อทัศนคติและความตั้งใจซื้อของผู้บริโภคบนสื่อสังคมออนไลน์

บทสรุป

การวิจัยเรื่องอิทธิพลของอินฟลูเอนเซอร์บนสื่อสังคมออนไลน์ที่มีผลต่อพฤติกรรมการตัดสินใจซื้อเสื้อผ้าวินเทจของกลุ่มเจเนอเรชันแซด มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาระดับความคิดเห็นเกี่ยวกับอิทธิพลของอินฟลูเอนเซอร์และศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อพฤติกรรมการตัดสินใจซื้อเสื้อผ้าวินเทจของกลุ่มเจเนอเรชันแซด ผลการวิจัยพบว่า กลุ่มตัวอย่างมีระดับความคิดเห็นเกี่ยวกับอิทธิพลของอินฟลูเอนเซอร์บนสื่อสังคมออนไลน์อยู่ในระดับมากที่สุด ขณะที่พฤติกรรมการตัดสินใจซื้อเสื้อผ้าวินเทจอยู่ในระดับมาก นอกจากนี้ ผลการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณพบว่า ด้านความน่าเชื่อถือ ด้านการสร้างแรงบันดาลใจในไลฟ์สไตล์ ด้านการสื่อสารค่านิยมแฟชั่นยั่งยืน และด้านการนำเสนอความคุ้มค่าและราคา ส่งผลต่อพฤติกรรมการตัดสินใจซื้ออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ชี้ให้เห็นว่า อินฟลูเอนเซอร์มีบทบาทสำคัญต่อการสร้างความไว้วางใจ การสื่อสารตัวตน และการกำหนดพฤติกรรมการบริโภคแฟชั่นของผู้บริโภคกลุ่มเจเนอเรชันแซดในบริบทของสื่อสังคมออนไลน์และวัฒนธรรมดิจิทัลยุคปัจจุบัน

ข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้ได้นำเสนอข้อเสนอแนะเป็น 2 ส่วนดังนี้

ข้อเสนอแนะจากผลการวิจัย

1. ผู้ประกอบการหรือแบรนด์แฟชั่นวินเทจควรเลือกใช้อินฟลูเอนเซอร์ที่มีความน่าเชื่อถือ มีภาพลักษณ์สอดคล้องกับแบรนด์ และสามารถสร้างความสัมพันธ์กับผู้ติดตามได้อย่างต่อเนื่อง เพื่อเพิ่มความไว้วางใจและส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภค

2. การให้ความสำคัญกับการสร้างคอนเทนต์ที่สะท้อนตัวตน ไลฟ์สไตล์ และค่านิยมด้านแฟชั่นยั่งยืนของกลุ่มเจเนอเรชันแซด มากกว่าการมุ่งเน้นเพียงรูปแบบการนำเสนอที่สวยงามหรือเทคนิคการผลิตคอนเทนต์

3. ผู้ประกอบการควรนำแนวคิดด้านแฟชั่นยั่งยืนและการบริโภคอย่างมีความรับผิดชอบมาประยุกต์ใช้ในการสื่อสารการตลาด เพื่อสร้างคุณค่าทางสังคมและเพิ่มความเชื่อมโยงกับผู้บริโภคในยุคดิจิทัล

ข้อเสนอแนะการศึกษาครั้งต่อไป

1. การขยายขอบเขตของกลุ่มตัวอย่างไปยังกลุ่มผู้บริโภคในพื้นที่ศึกษาอื่น เพื่อให้ได้ข้อมูลที่หลากหลายและสามารถสะท้อนพฤติกรรมของกลุ่มเจเนอเรชันแซดได้ครอบคลุมมากยิ่งขึ้น

2. การศึกษาปัจจัยอื่นที่อาจส่งผลต่อพฤติกรรมการตัดสินใจซื้อ เช่น ความไว้วางใจต่อแพลตฟอร์มดิจิทัล ความสัมพันธ์ระหว่างผู้ติดตามกับอินฟลูเอนเซอร์ หรืออิทธิพลของอัลกอริทึมบนสื่อสังคมออนไลน์

3. การประยุกต์ใช้การวิจัยเชิงคุณภาพหรือการวิจัยแบบผสมผสาน (Mixed Methods Research) เพื่อให้สามารถอธิบายพฤติกรรม มุมมอง และประสบการณ์ของผู้บริโภคในบริบทของวัฒนธรรมดิจิทัลได้ลึกซึ้งมากยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

สำนักงานสถิติแห่งชาติ. (2565). การสำรวจการมีการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารในครัวเรือน พ.ศ. 2565. กระทรวงดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม.

Aw, E. C. X., & Chuah, S. H.-W. (2021). “Stop the unattainable ideal for an ordinary me!” fostering parasocial relationships with social media influencers: The role of self-discrepancy. Journal of Business Research. 132: 146–157. https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2021.04.025

Casaló, L. V., Flavián, C., & Ibáñez-Sánchez, S. (2020). Influencers on Instagram: Antecedents and consequences of opinion leadership. Journal of Business Research. 117: 510–519. https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2018.07.005

Cervellon, M. C., Carey, L., & Harms, T. (2012). Something old, something used: Determinants of women’s purchase of vintage fashion vs second-hand fashion. International Journal of Retail & Distribution Management. 40(12): 956–974. https://doi.org/10.1108/09590551211274946

Cunningham, S., & Craig, D. (2021). Creator culture: An introduction to global social media entertainment. New York University Press.

Djafarova, E., & Rushworth, C. (2017). Exploring the credibility of online celebrities’ Instagram profiles in influencing the purchase decisions of young female users. Computers in Human Behavior. 68: 1–7. https://doi.org/10.1016/j.chb.2016.11.009

Francis, T. & Hoefel, F. (2018). True Gen': Generation Z and its implications for companies. McKinsey & Company. 12(2): 1-10.

Hair, J. F., Black, W. C., Babin, B. J., & Anderson, R. E. (2006). Multivariate data analysis (6th ed.). Pearson Education.

Kapitan, S., & Silvera, D. H. (2016). From digital media influencers to celebrity endorsers: Attributions drive endorser effectiveness. Marketing Letters. 27(3): 553–567. https://doi.org/10.1007/s11002-015-9363-0

Kotler, P., & Keller, K. L. (2016). Marketing management (15th ed.). Pearson Education.

Lou, C., & Yuan, S. (2019). Influencer marketing: How message value and credibility affect consumer trust of branded content on social media. Journal of Interactive Advertising. 19(1): 58–73. https://doi.org/10.1080/15252019.2018.1533501

Mukendi, A., Davies, I., Glozer, S., & McDonagh, P. (2020). Sustainable fashion: Current and future research directions. European Journal of Marketing. 54(11): 2873–2909. https://doi.org/10.1108/EJM-02-2019-0132

Ohanian, R. (1990). Construction and validation of a scale to measure celebrity endorsers' perceived expertise, trustworthiness, and attractiveness. Journal of Advertising. 19(3): 39–52. https://doi.org/10.1080/00913367.1990.10673191

Priporas, C. V., Stylos, N., & Fotiadis, A. K. (2017). Generation Z consumers' expectations of interactions in smart retailing: A future agenda. Computers in Human Behavior. 77: 374–381. https://doi.org/10.1016/j.chb.2017.01.058

Rocamora, A. (2011). Personal fashion blogs: Screens and mirrors in digital self-portraits. Fashion Theory. 15(4): 407–424. https://doi.org/10.2752/175174111X13070256694997

Sokolova, K., & Kefi, H. (2020). Instagram and YouTube bloggers promote it, why should I buy? How credibility and parasocial interaction influence purchase intentions. Journal of Retailing and Consumer Services. 53: 101742. https://doi.org/10.1016/j.jretconser.2019.01.011

Wang, Y., & Herrando, C. (2023). Does privacy assurance on social commerce sites matter to millennials and Generation Z? Journal of Consumer Behaviour. 22(2): 367–381. https://doi.org/10.1002/cb.2104

Yamane, T. (1967). Statistics: An introductory analysis (2nd ed.). Harper and Row.

การประเมินศักยภาพด้านการวิจัยของสาขาความเชี่ยวชาญเฉพาะทางเพื่อขับเคลื่อนมหาวิทยาลัยสวนดุสิตสู่สังคมอัจฉริยะและคุณภาพชีวิตอย่างยั่งยืน

Evaluation of Research Potential in Specialized Areas of Expertise at Suan Dusit University for Smart Society and Sustainable Quality of Life

ณปภร เจี๊ยวเห้ง[1*] พรพัสนันท์ เดชประสิทธิโชค[1] และจุลลา บัวสอน[1]

Napaporn Chiawheng[1*], Pornpassanan Dechprasittichoke 1 and Julla Buason[1]

[1]สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยสวนดุสิต กรุงเทพฯ*

[1] Research and Development Institute, Suan Dusit University, Bangkok*

[*]Corresponding Author E-mail Address : napaporn_chi@dusit.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินศักยภาพและวิเคราะห์ผลลัพธ์ทางการวิจัยของมหาวิทยาลัยสวนดุสิตจำแนกตามสาขาอัตลักษณ์และความเชี่ยวชาญเฉพาะทาง 5 ด้าน ได้แก่ อาหาร, การศึกษาปฐมวัย, อุตสาหกรรมบริการ, การพยาบาลและสุขภาวะ, และการพัฒนาเชิงพื้นที่ เพื่อใช้เป็นฐานข้อมูลเชิงยุทธศาสตร์สำหรับการบริหารจัดการงานวิจัยที่สอดคล้องกับทิศทางสังคมอัจฉริยะ คุณภาพชีวิตยั่งยืน และการพัฒนานวัตกรรมเชิงพื้นที่ กลุ่มเป้าหมายคือนักวิจัยในสาขาความเชี่ยวชาญเฉพาะทางจำนวน 56 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือแบบบันทึกข้อมูลเชิงปริมาณและสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าความถี่ และค่าร้อยละ

ผลการวิจัยพบว่า นักวิจัยส่วนใหญ่ดำรงตำแหน่งทางวิชาการจำนวน 32 คน (ร้อยละ 57.14) โดยสาขาอาหารมีสัดส่วนผู้ดำรงตำแหน่งทางวิชาการสูงสุด (ร้อยละ 80.00) ในด้านผลผลิตทางการวิจัยพบว่า สาขาการพัฒนาเชิงพื้นที่มีศักยภาพโดดเด่นที่สุดในทุกมิติ โดยได้รับงบประมาณสนับสนุนสูงสุดจำนวน 34,900,000 บาท (ร้อยละ 50.54) และมีผลงานตีพิมพ์เผยแพร่สูงสุดจำนวน 64 เรื่อง (ร้อยละ 48.85) รองลงมาคือสาขาอุตสาหกรรมบริการ ซึ่งได้รับงบประมาณ 12,650,000 บาท (ร้อยละ 18.32) และมีผลงานตีพิมพ์ 25 เรื่อง (ร้อยละ 19.09) ขณะที่สาขาการพยาบาลและสุขภาวะมีสัดส่วนนักวิจัยที่ดำรงตำแหน่งทางวิชาการน้อยที่สุด (ร้อยละ 20.00) และได้รับงบประมาณวิจัยต่ำสุด (ร้อยละ 5.86) ผลการศึกษาสะท้อนให้เห็นว่ามหาวิทยาลัยมีฐานข้อมูลและทรัพยากรด้านการวิจัยที่สามารถนำไปใช้กำหนดทิศทางการพัฒนางานวิจัยตามอัตลักษณ์ได้อย่างเป็นระบบ อย่างไรก็ตาม ควรส่งเสริมความร่วมมือข้ามศาสตร์เพื่อยกระดับสาขาที่มีศักยภาพรอการพัฒนาให้สอดรับกับยุทธศาสตร์ SDU GOAL Plus[+] และการขับเคลื่อนสู่สังคมอัจฉริยะอย่างยั่งยืน

คำสำคัญ: ศักยภาพการวิจัย การบริหารจัดการงานวิจัย อัตลักษณ์มหาวิทยาลัยสวนดุสิต การพัฒนาเชิงพื้นที่ สังคมอัจฉริยะ

Abstract

This research aimed to evaluate research potential and analyze research outcomes of Suan Dusit University across five specialized identity areas: Culinary Arts, Early Childhood Education, Service Industry, Nursing and Wellness, and Area- based Development. The study also intended to provide strategic information for research management aligned with a smart society, sustainable quality of life, and area-based innovation. The target group consisted of 56 researchers in the specialized expertise areas. A quantitative data recording form was used as the research instrument, and the data were analyzed using descriptive statistics, including frequency and percentage.

The results indicated that 32 researchers, or 57.14%, held academic titles, with the Culinary Arts field having the highest proportion at 80.00%. Regarding research productivity, Area-based Development showed prominent potential in terms of both research budget and publications. It received the highest budget allocation of 34,900,000 Baht, accounting for 50.54%, and produced the highest number of publications at 64 titles, accounting for 48.85%. This was followed by the Service Industry field, which received 12,650,000 Baht, or 18.32%, and produced 25 publications, or 19.08%. In contrast, Nursing and Wellness had lower proportions of researchers with academic titles and research budget than other fields. The findings suggest that the university has research data and resources that can support systematic research strategy formulation according to its institutional identity. Strategic policies should be implemented to promote transdisciplinary collaboration and data-informed research management to enhance developing fields in alignment with SDU GOAL Plus+ and the sustainable transition toward a smart society.

Keywords: Research Potential, Research Management, Suan Dusit University Identity, Area- based Development, Smart Society

บทนำ

ในปัจจุบันสถาบันอุดมศึกษาเผชิญกับความท้าทายภายใต้บริบทการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วของโลก (Global Disruption) ทั้งด้านเทคโนโลยีดิจิทัล ปัญญาประดิษฐ์ การแข่งขันด้านนวัตกรรม และความต้องการยกระดับคุณภาพชีวิตของสังคม ส่งผลให้การบริหารจัดการงานวิจัยต้องปรับเปลี่ยนจากการผลิตองค์ความรู้พื้นฐานไปสู่การสร้างองค์ความรู้และนวัตกรรมที่สามารถตอบโจทย์สังคมอัจฉริยะ ซึ่งในบริบทของการวิจัยนี้ หมายถึงสังคมที่ใช้ข้อมูลเชิงประจักษ์ องค์ความรู้จากงานวิจัย นวัตกรรม และเทคโนโลยีเป็นฐานในการตัดสินใจและการพัฒนาเชิงยุทธศาสตร์ เพื่อยกระดับคุณภาพชีวิตของประชาชนและสนับสนุนการพัฒนาอย่างยั่งยืนในระดับองค์กร ชุมชน และสังคม รวมถึงเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของประเทศ (OECD, 2024) มหาวิทยาลัยสวนดุสิตในฐานะสถาบันอุดมศึกษาที่มีความโดดเด่นและเป็นเอกลักษณ์ จึงได้กำหนดยุทธศาสตร์การดำเนินงานที่มุ่งเน้นการใช้ "ความเข้มแข็งจากภายใน" หรือ "The Power of SDU" เพื่อขับเคลื่อนมหาวิทยาลัยให้ก้าวไปสู่การเป็นสถาบันการศึกษาชั้นนำที่มีความเชี่ยวชาญเฉพาะทาง (มหาวิทยาลัยสวนดุสิต, 2567ก)

นโยบายด้านการวิจัยของมหาวิทยาลัยสวนดุสิตภายใต้แผนพลิกโฉมมหาวิทยาลัย (Reinventing University) ได้ให้ความสำคัญกับการบูรณาการศาสตร์ต่าง ๆ เพื่อยกระดับสาขาอัตลักษณ์ 4 ด้านหลักอันเป็นรากฐานสำคัญ ได้แก่ ด้านอาหาร ด้านการศึกษาปฐมวัย ด้านอุตสาหกรรมบริการ และด้านการพยาบาลและสุขภาวะ ควบคู่ไปกับด้านการพัฒนาเชิงพื้นที่ ซึ่งเป็นกลไกสำคัญในการตอบสนองต่อยุทธศาสตร์ชาติและระเบียงเศรษฐกิจภาคกลาง-ตะวันตก (CWEC) การขับเคลื่อนงานวิจัยตามแนวทาง "SDU GOAL Plus+" มุ่งเป้าหมายสู่การสร้างความเป็นเลิศ (Excellence) และการพึ่งพาตนเองได้อย่างยั่งยืน โดยสนับสนุนให้นักวิจัยผลิตผลงานที่ไม่เพียงแต่มีคุณภาพทางวิชาการในระดับสากล แต่ต้องเป็นนวัตกรรมเชิงปฏิบัติ (Practical Innovation) ที่สามารถสร้างผลกระทบเชิงประจักษ์ต่อชุมชนและอุตสาหกรรมได้จริง (มหาวิทยาลัยสวนดุสิต, 2567ข; สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ, 2567)

อย่างไรก็ตาม การจะขับเคลื่อนงานวิจัยให้บรรลุเป้าหมายตามอัตลักษณ์และความเชี่ยวชาญดังกล่าว จำเป็นต้องมีการประเมินศักยภาพและวิเคราะห์ทรัพยากรด้านการวิจัยที่มีอยู่ในปัจจุบันอย่างเป็นระบบ เพื่อให้ทราบถึงจุดแข็งและประเด็นที่ควรพัฒนา โดยเฉพาะมิติด้านสถานภาพทางวิชาการของบุคลากร จำนวนข้อเสนอโครงการวิจัย งบประมาณ และประสิทธิภาพในการผลิตผลงานวิชาการที่ได้รับการยอมรับในระดับสถาบันและนานาชาติ ทั้งนี้ การมีฐานข้อมูลเชิงประจักษ์จะช่วยให้ผู้บริหารสามารถกำหนดทิศทางการสนับสนุนงานวิจัย การสร้างความร่วมมือข้ามศาสตร์ และการพัฒนาสาขาที่มีศักยภาพรอการพัฒนาให้ตอบโจทย์สังคมอัจฉริยะและคุณภาพชีวิตยั่งยืนได้ชัดเจนยิ่งขึ้น (Creswell & Guetterman, 2024)

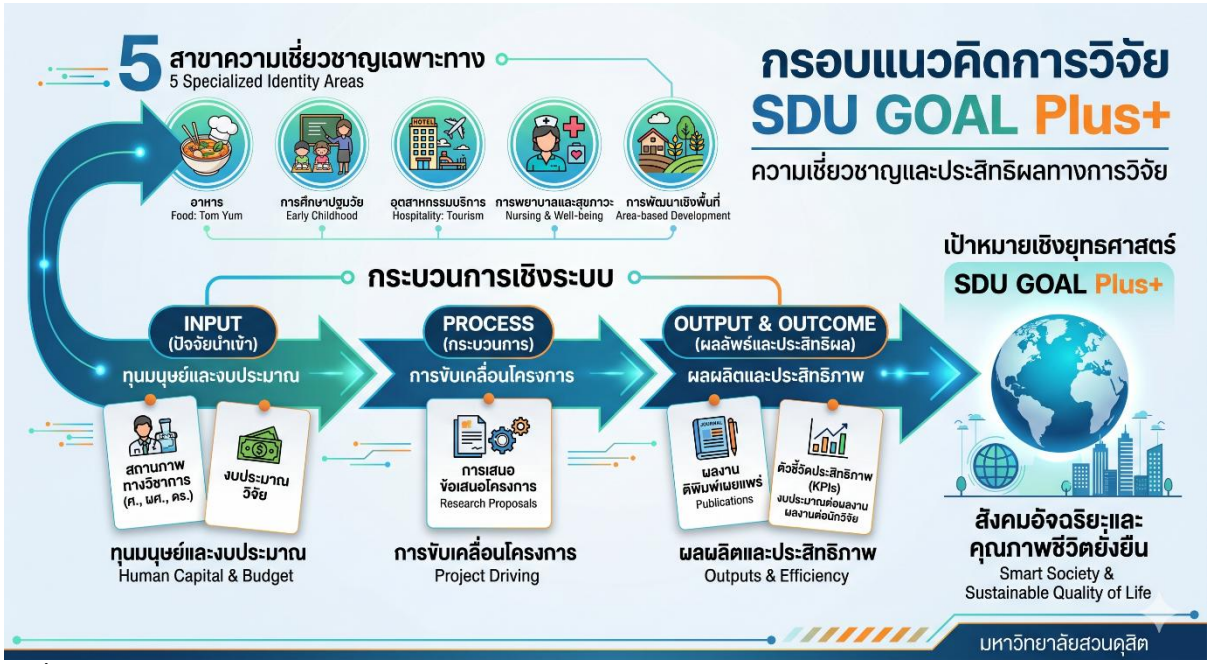
ด้วยเหตุผลดังกล่าว โครงการวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาศักยภาพนักวิจัย ข้อเสนอโครงการวิจัย งบประมาณ และการตีพิมพ์เผยแพร่ผลงานวิชาการ โดยจำแนกตามสาขาอัตลักษณ์และความเชี่ยวชาญของมหาวิทยาลัยสวนดุสิต เพื่อให้สอดคล้องกับตัวชี้วัดความสำเร็จตามแผนยุทธศาสตร์ที่มุ่งเน้นการสร้างผลงานวิจัยมุ่งเป้า การพัฒนาสมรรถนะนักวิจัย และการใช้ข้อมูลประกอบการบริหารจัดการงานวิจัยเชิงยุทธศาสตร์ (กมลวรรณ ตรีภูมิ และ สมเกียรติ สิทธิชัย, 2567) อันจะนำไปสู่การสร้างระบบนิเวศการวิจัยที่ยั่งยืนและสะท้อนพลังของมหาวิทยาลัยสวนดุสิตสู่การเป็นมหาวิทยาลัยในกลุ่มพัฒนาเทคโนโลยีและส่งเสริมนวัตกรรมเพื่อการขับเคลื่อนสังคมอัจฉริยะ คุณภาพชีวิตยั่งยืน และนวัตกรรมที่ใช้ประโยชน์ได้จริง

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อประเมินศักยภาพด้านการวิจัยของสาขาความเชี่ยวชาญเฉพาะทาง และเสนอแนวทางส่งเสริมงานวิจัยตามอัตลักษณ์ของมหาวิทยาลัยสวนดุสิต ในการขับเคลื่อนสู่สังคมอัจฉริยะและคุณภาพชีวิตยั่งยืน

วิธีการวิจัย

การวิจัยนี้ทำการวิเคราะห์และเปรียบเทียบศักยภาพด้านการวิจัยของสาขาความเชี่ยวชาญเฉพาะทางของมหาวิทยาลัยสวนดุสิต วิเคราะห์ข้อมูลจากโครงการวิจัยที่ได้รับทุนปีงบประมาณ พ.ศ. 2568 (ปีการศึกษา 2567) มีกรอบแนวคิดการวิจัยดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย (Conceptual Framework)

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงปริมาณ (Quantitative Research) โดยใช้ข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary Data) จากระบบฐานข้อมูลงานวิจัยและเอกสารสรุปผลการดำเนินงานวิจัยของมหาวิทยาลัยสวนดุสิต เพื่อวิเคราะห์และเปรียบเทียบศักยภาพด้านการวิจัยของสาขาความเชี่ยวชาญเฉพาะทาง จำแนกตามสาขาอัตลักษณ์และความเชี่ยวชาญของมหาวิทยาลัย

ประชากรและกลุ่มเป้าหมายในการศึกษา คือ นักวิจัยในสาขาความเชี่ยวชาญเฉพาะทางของมหาวิทยาลัยสวนดุสิต จำนวน 56 คน ซึ่งเกี่ยวข้องกับโครงการวิจัยที่ได้รับทุนในปีงบประมาณ พ.ศ. 2568 (ปีการศึกษา 2567) โดยจำแนกออกเป็น 5 สาขา ได้แก่ 1) อาหาร 2) การศึกษาปฐมวัย 3) อุตสาหกรรมบริการ 4) การพยาบาลและสุขภาวะ และ 5) การพัฒนาเชิงพื้นที่

ขอบเขตการวิจัยด้านเนื้อหา มุ่งเน้นการประเมินศักยภาพใน 4 มิติ ได้แก่ 1) สถานภาพทางวิชาการของนักวิจัย 2) จำนวนข้อเสนอโครงการวิจัย 3) งบประมาณโครงการวิจัย และ 4) จำนวนผลงานตีพิมพ์เผยแพร่ โดยใช้การเปรียบเทียบเชิงสัดส่วนระหว่างสาขาความเชี่ยวชาญเพื่อสะท้อนจุดแข็งและประเด็นที่ควรได้รับการพัฒนา

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบบันทึกข้อมูลเชิงปริมาณ (Data Entry Form) เพื่อจัดเก็บข้อมูลจากระบบฐานข้อมูลงานวิจัยของมหาวิทยาลัย ได้แก่ จำนวนบุคลากรวิจัย สถานภาพทางวิชาการ จำนวนข้อเสนอโครงการวิจัย งบประมาณ และจำนวนผลงานตีพิมพ์ โดยใช้เกณฑ์การจัดจำแนกผลงานตามสาขาอัตลักษณ์และความเชี่ยวชาญเฉพาะทาง (Specialized Identity Criteria) ของมหาวิทยาลัยสวนดุสิต

การเก็บรวบรวมข้อมูลผู้วิจัยดำเนินการรวบรวมข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary Data) จากเอกสารสรุปผลการประเมินศักยภาพด้านการวิจัย และระบบฐานข้อมูลงานวิจัยของมหาวิทยาลัย ตรวจสอบความครบถ้วนของข้อมูลนักวิจัยจำนวน 56 คน ความถูกต้องของจำนวนข้อเสนอโครงการวิจัย ความถูกต้องของตัวเลขงบประมาณรวมจำนวน 69,061,000 บาท และจำนวนผลงานตีพิมพ์เผยแพร่ จากนั้นจัดจำแนกข้อมูลตามหมวดหมู่ตัวแปรและสาขาความเชี่ยวชาญที่กำหนดไว้ในตารางประเมินผล

การวิเคราะห์ข้อมูลใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) เพื่ออธิบายลักษณะของข้อมูล ดังนี้ การวิเคราะห์ความถี่ (Frequency) เพื่อสรุปจำนวนนักวิจัย จำนวนโครงการวิจัย งบประมาณ และจำนวนบทความตีพิมพ์เผยแพร่

การวิเคราะห์ค่าร้อยละ (Percentage) เพื่อเปรียบเทียบสัดส่วนศักยภาพระหว่างสาขาความเชี่ยวชาญต่าง ๆ การวิเคราะห์เปรียบเทียบเชิงสัดส่วนเพื่อประเมินความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งทางวิชาการกับผลิตภาพทางการวิจัยในแต่ละกลุ่มสาขา

การนำเสนอผลการวิเคราะห์นำเสนอผลการวิจัยในรูปแบบตารางวิเคราะห์ข้อมูลเชิงเปรียบเทียบ (Comparative Analysis Table) พร้อมคำอธิบายประกอบ เพื่อความชัดเจนในการสื่อสารข้อมูลเชิงยุทธศาสตร์ต่อผู้บริหารและผู้เกี่ยวข้อง

ผลการวิจัย

การวิเคราะห์ศักยภาพด้านการวิจัยของสาขาความเชี่ยวชาญเฉพาะทางของมหาวิทยาลัยสวนดุสิต

จากการวิเคราะห์ศักยภาพด้านการวิจัยของสาขาความเชี่ยวชาญเฉพาะทางของมหาวิทยาลัยสวนดุสิต โดยการประเมินจาก 6 ตัวชี้วัดประจำปีการศึกษา 2567 พบว่า ในแต่ละตัวชี้วัดสะท้อนศักยภาพด้านการวิจัยที่แตกต่างกันทั้งในเชิงคุณภาพและปริมาณ ซึ่งรายละเอียดผลการประเมินมี ดังนี้

1. ศักยภาพนักวิจัยของมหาวิทยาลัยสวนดุสิต

จากการรวบรวมข้อมูลจำนวนบุคลากรของมหาวิทยาลัยสวนดุสิตที่ทำงานวิจัยทั้ง 5 อัตลักษณ์และความเชี่ยวชาญ ภาพรวมนักวิจัยในสาขาความเชี่ยวชาญเฉพาะทางมีจำนวนทั้งสิ้น 56 คน โดยพบว่า มีนักวิจัยที่ดำรงตำแหน่งทางวิชาการจำนวน 32 คน (ร้อยละ 57.14) และยังไม่มีตำแหน่งทางวิชาการจำนวน 24 คน (ร้อยละ 42.86) สาขาที่มีสัดส่วนนักวิจัยสูงสุด ได้แก่ สาขาอาหาร และสาขาการพัฒนาเชิงพื้นที่ ซึ่งมีจำนวนนักวิจัยเท่ากันคือสาขาละ 15 คน (ร้อยละ 26.79) ความแข็งแกร่งเชิงวิชาการ สาขาอาหาร มีความโดดเด่นที่สุดในด้านตำแหน่งทางวิชาการ โดยมีนักวิจัยที่มีตำแหน่งทางวิชาการถึง 12 คน (ร้อยละ 80.00) ของจำนวนนักวิจัยในสาขา ในขณะที่สาขาการพยาบาลและสุขภาวะมีสัดส่วนนักวิจัยที่มีตำแหน่งทางวิชาการน้อยที่สุดคือ 1 คน (ร้อยละ 20.00) รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ศักยภาพนักวิจัยจำแนกตามอัตลักษณ์และสาขาความเชี่ยวชาญเฉพาะทางของมหาวิทยาลัยสวนดุสิต

อัตลักษณ์และความเชี่ยวชาญ	จำนวนนักวิจัย	ตำแหน่งทางวิชาการ (คน)	
	(คน)	ไม่มี	มี
1. อาหาร	15	3	12
	(26.79)	(20.00)	(80.00)
2. การศึกษาปฐมวัย	9	5	4
	(16.07)	(55.56)	(44.44)
3. อุตสาหกรรมบริการ	12	6	6
	(21.43)	(50.00)	(50.00)
4. การพยาบาลและสุขภาวะ	5	4	1
	(8.93)	(80.00)	(20.00)
5. การพัฒนาเชิงพื้นที่ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต	15	6	9
	(26.79)	(40.00)	(60.00)
รวม	56	24	32
	(100)	(42.86)	(57.14)

หมายเหตุ: ตัวเลขในวงเล็บแสดงค่าร้อยละ

2. ข้อเสนอโครงการวิจัยจำแนกตามสาขาอัตลักษณ์และความเชี่ยวชาญของมหาวิทยาลัยสวนดุสิต

จากการประเมินจำนวนข้อเสนอโครงการวิจัยประจำปีการศึกษา 2567 ทั้งหมด 56 เรื่อง พบว่า มหาวิทยาลัยสวนดุสิตมีข้อเสนอโครงการวิจัยสาขาอัตลักษณ์และความเชี่ยวชาญด้านอาหาร และการพัฒนาเชิงพื้นที่ มหาวิทยาลัย สวนดุสิต มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 26.79 ของข้อเสนอโครงการวิจัยทั้งหมด รองลงมา คือ สาขาอุตสาหกรรมการบริการ การศึกษาปฐมวัย และการพยาบาลและสุขภาวะ คิดเป็นร้อยละ 21.43, 16.07 และ 8.93 ของข้อเสนอโครงการวิจัยทั้งหมด ตามลำดับ รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลผลิตและทรัพยากรด้านการวิจัยจำแนกตามสาขาอัตลักษณ์และความเชี่ยวชาญของมหาวิทยาลัยสวนดุสิต

อัตลักษณ์และความเชี่ยวชาญ	ข้อเสนอโครงการวิจัย (โครงการ)	งบประมาณโครงการวิจัย (บาท)	ผลงานตีพิมพ์ (เรื่อง)
1. อาหาร	15 (26.79)	10,861,000 (15.73)	20 (15.27)
2. การศึกษาปฐมวัย	9 (16.07)	6,600,000 (9.56)	12 (9.16)
3. อุตสาหกรรมบริการ	12 (21.43)	12,650,000 (18.32)	25 (19.09)
4. การพยาบาลและสุขภาวะ	5 (8.93)	4,050,000 (5.86)	10 (7.63)
5. การพัฒนาเชิงพื้นที่ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต	15 (26.79)	34,900,000 (50.54)	64 (48.85)
รวม	56 (100)	69,061,000 (100)	131 (100)

หมายเหตุ: ตัวเลขในวงเล็บแสดงค่าร้อยละ

3. งบประมาณการวิจัยจำแนกตามสาขาอัตลักษณ์และความเชี่ยวชาญของมหาวิทยาลัยสวนดุสิต

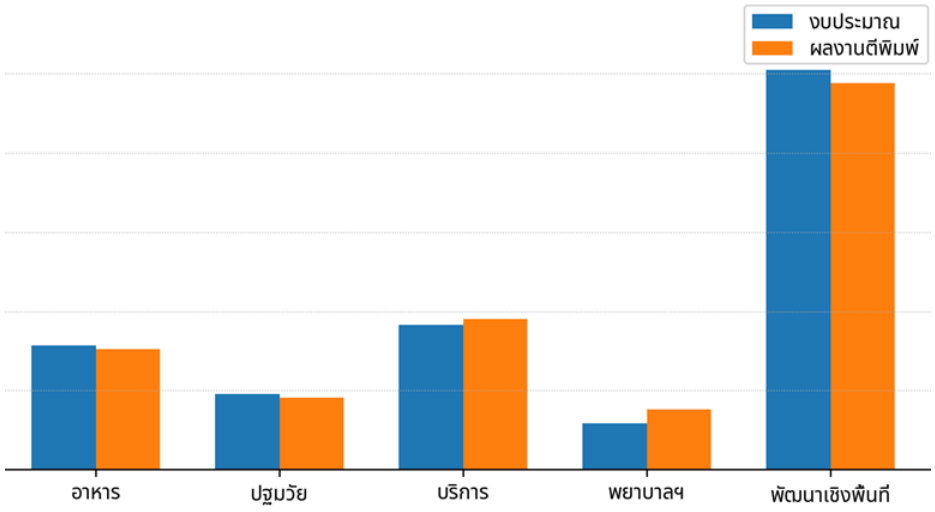
จากการประเมินจำนวนงบประมาณการวิจัยประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2568 (ปีการศึกษา 2568) พบว่า งบประมาณที่มหาวิทยาลัยได้รับจากแหล่งทุนสนับสนุนงานมูลฐาน รวมทั้งสิ้น 69,061,000 บาท โดยเมื่อพิจารณาตามสาขาอัตลักษณ์และความเชี่ยวชาญจะเห็นได้ว่า สาขาอัตลักษณ์และความเชี่ยวชาญด้านการพัฒนาเชิงพื้นที่ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต ได้รับงบประมาณการวิจัยมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 50.54 ของงบประมาณทั้งหมด รองลงมาคือ ด้านอุตสาหกรรมบริการ ด้านอาหาร ด้านการศึกษาปฐมวัย และด้านการพยาบาลและสุขภาวะ คิดเป็นร้อยละ 18.32, 15.73, 9.56 และ 5.86 ของงบประมาณทั้งหมด ตามลำดับ รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 2

4. การตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสารวิชาการจำแนกตามสาขาอัตลักษณ์และความเชี่ยวชาญของมหาวิทยาลัยสวนดุสิต

จากการสรุปข้อมูลจำนวนผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสารวิชาการประจำปีการศึกษา 2567 พบว่า มีผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ จำนวน 131 บทความ โดยสาขาอัตลักษณ์และความเชี่ยวชาญที่มีจำนวนบทความวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์มากที่สุด คือ สาขาอัตลักษณ์และความเชี่ยวชาญด้านการพัฒนาเชิงพื้นที่ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต

คิดเป็นร้อยละ 48.85 ของจำนวนบทความทั้งหมด รองลงมา คือ ด้านอุตสาหกรรมบริการ ด้านอาหาร และด้านการพยาบาลและสุขภาวะ คิดเป็นร้อยละ 19.09, 15.27, 9.16 และ 7.63 ของจำนวนบทความทั้งหมด ตามลำดับ รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 2

เพื่อให้เห็นแนวโน้มเชิงเปรียบเทียบระหว่างทรัพยากรที่ได้รับกับผลผลิตทางวิชาการ ผู้วิจัยได้นำร้อยละของงบประมาณและร้อยละของผลงานตีพิมพ์มาจัดทำแผนภูมิแท่งแบบกลุ่ม ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 ร้อยละของงบประมาณโครงการวิจัยและร้อยละของผลงานตีพิมพ์
จำแนกตามสาขาอัตลักษณ์และความเชี่ยวชาญ

จากภาพที่ 2 จะเห็นว่าสัดส่วนงบประมาณและผลงานตีพิมพ์ของสาขาการพัฒนาเชิงพื้นที่อยู่ในระดับสูงใกล้เคียงกัน สะท้อนว่าการได้รับงบประมาณในสัดส่วนสูงมีความสัมพันธ์กับปริมาณผลผลิตทางวิชาการในภาพรวม ขณะที่สาขาอาหารและสาขาอุตสาหกรรมบริการมีสัดส่วนงบประมาณและผลงานตีพิมพ์ใกล้เคียงกัน จึงอาจพัฒนาเป็นฐานการวิจัยร่วมกับสาขาการพัฒนาเชิงพื้นที่เพื่อยกระดับผลกระทบเชิงนวัตกรรมและคุณภาพชีวิตอย่างยั่งยืน

ผลการวิจัยสะท้อนให้เห็นว่าสาขาอาหารมีความโดดเด่นด้านทุนมนุษย์ทางวิชาการ ส่วนสาขาการพัฒนาเชิงพื้นที่มีความโดดเด่นด้านงบประมาณและผลผลิตการตีพิมพ์ ขณะที่สาขาการศึกษาปฐมวัยและสาขาการพยาบาลและสุขภาวะยังเป็นกลุ่มที่ควรได้รับการส่งเสริมเชิงยุทธศาสตร์ ทั้งด้านการพัฒนาข้อเสนอโครงการ การสร้างเครือข่ายวิจัย และการเพิ่มผลงานตีพิมพ์ในระดับชาติและนานาชาติ

การวิเคราะห์ประสิทธิภาพเชิงประสิทธิผล ผู้วิจัยได้คำนวณตัวชี้วัดประสิทธิภาพสำคัญ 2 ด้าน จากฐานข้อมูลตารางที่ 1 และตารางที่ 2 ดังนี้

ตารางที่ 3 วิเคราะห์ประสิทธิภาพจำแนกตามสาขาความเชี่ยวชาญ

สาขาอัตลักษณ์และความเชี่ยวชาญ	จำนวนนักวิจัย* (คน)	งบประมาณรวม (บาท)	ผลงานตีพิมพ์ (เรื่อง)	อัตราส่วนผลงานตีพิมพ์ต่อนักวิจัย 1 คน	ต้นทุนงบประมาณเฉลี่ยต่อผลงาน 1 เรื่อง (บาท)
1. อาหาร	15	10,861,000	20	1.33	543,050
2. การศึกษาปฐมวัย	9	6,600,000	12	1.33	550,000
3. อุตสาหกรรมบริการ	12	12,650,000	25	2.08	506,000
4. การพยาบาลและสุขภาวะ	5	4,050,000	10	2.00	405,000
5. การพัฒนาเชิงพื้นที่	15	34,900,000	64	4.27	545,313
ภาพรวม (เฉลี่ย)	56	69,061,000	131	2.34	527,183

หมายเหตุ: * นับเฉพาะหัวหน้าโครงการ

จากตารางที่ 3 สาขาที่มีผลิตภาพสูงสุด คือ ด้านการพัฒนาเชิงพื้นที่ มีอัตราส่วนผลงานตีพิมพ์ต่อนักวิจัยสูงที่สุด คือ 4.27 เรื่องต่อนักวิจัย 1 คน ซึ่งสูงกว่าค่าเฉลี่ยภาพรวมเกือบเท่าตัว (ค่าเฉลี่ย = 2.34) สอดคล้องกับการเป็นสาขาที่ได้รับงบประมาณสนับสนุนสูงสุด สาขาที่มีความคุ้มค่าด้านงบประมาณสูงสุด สาขาการพยาบาลและสุขภาวะ แม้จะเป็นสาขาที่ได้รับงบประมาณรวมต่ำที่สุด (ร้อยละ 5.86) แต่กลับมีต้นทุนเฉลี่ยต่อผลงาน 1 เรื่องต่ำที่สุด คือ 405,000 บาท (ต่ำกว่าค่าเฉลี่ยรวมที่ 527,183 บาท) และมีอัตราส่วนผลงานต่อนักวิจัยอยู่ที่ 2.00 เรื่อง ซึ่งสะท้อนถึงประสิทธิภาพในการบริหารจัดการทรัพยากรที่สูงมากภายใต้ข้อจำกัด สำหรับกลุ่มสาขาที่มีประสิทธิภาพใกล้เคียงกัน สาขาอุตสาหกรรมบริการ มีต้นทุนต่อผลงานค่อนข้างต่ำ (506,000 บาท) และมีผลผลิตต่อนักวิจัยโดดเด่น (2.08 เรื่อง) ขณะที่สาขาอาหารและการศึกษาปฐมวัย มีอัตราส่วนผลงานต่อนักวิจัยเท่ากันที่ 1.33 เรื่อง และใช้ต้นทุนต่อผลงานใกล้เคียงกัน (ประมาณ 5.4-5.5 แสนบาท)

การอภิปรายผล

จากการวิเคราะห์ศักยภาพการวิจัยใน 4 มิติ ได้แก่ สถานภาพทางวิชาการของนักวิจัย ข้อเสนอโครงการวิจัย งบประมาณโครงการวิจัย และผลงานตีพิมพ์เผยแพร่ พบว่า มิติด้านการตีพิมพ์เผยแพร่และการได้รับทุนวิจัยเป็นตัวชี้วัดที่สะท้อนศักยภาพเชิงผลลัพธ์ได้ชัดเจน ขณะที่ตำแหน่งทางวิชาการของนักวิจัยสะท้อนความพร้อมของทุนมนุษย์ในการขับเคลื่อนงานวิจัยของมหาวิทยาลัย

ศักยภาพด้านงานวิจัยและสถานภาพทางวิชาการของบุคลากร

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลชี้ให้เห็นว่า นักวิจัยสังกัดสาขาความเชี่ยวชาญเฉพาะทางของมหาวิทยาลัยสวนดุสิตส่วนใหญ่มีสถานภาพทางวิชาการที่เข้มแข็ง โดยมีสัดส่วนผู้ดำรงตำแหน่งทางวิชาการสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสาขาอาหารที่มีสัดส่วนสูงประเด็นดังกล่าวสะท้อนให้เห็นถึงความพร้อมของทรัพยากรบุคคลที่เป็นทุนทางปัญญาสำคัญในการขับเคลื่อนอัตลักษณ์ของ

มหาวิทยาลัย ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ สมชาย รักวิชา และคณะ (2567) ที่ระบุว่าการสั่งสมตำแหน่งทางวิชาการเป็นดัชนีชี้วัดถึงความเชี่ยวชาญเชิงลึก และสมรรถนะในการสร้างสรรค์นวัตกรรมที่สามารถนำไปอ้างอิงเชิงวิชาการได้ในระดับสูง อย่างไรก็ตาม การมีตำแหน่งทางวิชาการสูงมิได้หมายความว่าสาขานั้นจะมีผลผลิตทางการวิจัยสูงเสมอไป จึงควรพิจารณาร่วมกับปัจจัยอื่น เช่น จำนวนทุนวิจัย เครือข่ายความร่วมมือ ภาระงาน และระบบสนับสนุนการตีพิมพ์

ด้านการตอบสนองต่อยุทธศาสตร์การวิจัยผ่านข้อเสนอโครงการ

การที่สาขาการพัฒนาเชิงพื้นที่และสาขาอาหารมีจำนวนข้อเสนอโครงการวิจัยสูงสุด สะท้อนถึงการวางยุทธศาสตร์เชิงรุกที่สอดรับกับนโยบายการจัดสรรงบประมาณในระดับประเทศ ซึ่ง วิชัย เลิศรัตน์พัฒนา (2568) ได้อธิบายว่าการมุ่งเน้นงานวิจัยเชิงพื้นที่ เป็นหัวใจสำคัญของการบริหารจัดการอุดมศึกษาสมัยใหม่เพื่อสร้างผลกระทบต่อสังคม ปรากฏการณ์นี้แสดงให้เห็นว่ามหาวิทยาลัยสวนดุสิตสามารถบูรณาการอัตลักษณ์ความเชี่ยวชาญ เข้ากับประเด็นท้าทายในปัจจุบันได้อย่างมีประสิทธิภาพ นำไปสู่การสร้างองค์ความรู้ที่ตอบโจทย์ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในวงกว้าง ประเด็นนี้ยังสอดคล้องกับทิศทางของงานประชุมที่ให้ความสำคัญกับการใช้ความรู้และนวัตกรรมเพื่อยกระดับสังคมอัจฉริยะและคุณภาพชีวิตอย่างยั่งยืน โดยเฉพาะเมื่องานวิจัยเชิงพื้นที่สามารถเชื่อมโยงองค์ความรู้กับปัญหาและความต้องการของประชาชนในพื้นที่ได้โดยตรง

ด้านกลไกการจัดสรรงบประมาณและการใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่า

จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างงบประมาณและสาขาความเชี่ยวชาญ พบว่าสาขาการพัฒนาเชิงพื้นที่ได้รับการสนับสนุนงบประมาณสูงสุด (ร้อยละ 50.54) อภิปรายได้ว่าความโดดเด่นนี้เกิดจากโครงสร้างโครงการที่มีลักษณะเชิงบูรณาการและมีความร่วมมือกับเครือข่ายภายนอกสูง สอดคล้องกับทิศทางของ สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (2567) ที่มุ่งเน้นการสนับสนุนงบประมาณแบบยุทธศาสตร์ เพื่อสร้างความคุ้มค่าเชิงประจักษ์ นอกจากนี้ แม้ในบางสาขาจะมีข้อจำกัดด้านงบประมาณ แต่ยังพบศักยภาพในการผลิตผลงานวิจัย ซึ่งบ่งชี้ถึงประสิทธิภาพการบริหารจัดการทรัพยากร ภายใต้สภาวการณ์ที่มีทรัพยากรจำกัด อย่างไรก็ตามการได้รับงบประมาณสูงควรควบคู่กับการติดตามผลลัพธ์และผลกระทบอย่างเป็นระบบ เพื่อให้สามารถประเมินความคุ้มค่าเชิงยุทธศาสตร์ของการลงทุนวิจัยได้ชัดเจนยิ่งขึ้น

ด้านผลผลิตจากการวิจัยและการตีพิมพ์เผยแพร่

ความโดดเด่นของจำนวนผลงานตีพิมพ์ในสาขาการพัฒนาเชิงพื้นที่ เป็นหลักฐานเชิงประจักษ์ที่ยืนยันถึงความสำเร็จในการเปลี่ยนผ่านจากงานวิจัยเชิงปฏิบัติการไปสู่การเผยแพร่องค์ความรู้ที่เป็นสากล สอดคล้องกับข้อเสนอของ กิตติภูมิ นามวงค์ (2566) ที่เน้นย้ำว่าการสร้างความยั่งยืนในระบบวิจัยต้องอาศัยการสังเคราะห์ผลลัพธ์เชิงพื้นที่ให้กลายเป็นมาตรฐานทางวิชาการ ปริมาณและคุณภาพของผลงานตีพิมพ์ที่สัมพันธ์กับงบประมาณที่ได้รับนั้น ยืนยันถึงผลตอบแทนจากการลงทุนวิจัยที่สนับสนุนเป้าหมายเชิงยุทธศาสตร์ SDU GOAL Plus^{+} อย่างชัดเจน ทั้งนี้ การพิจารณาผลผลิตทางวิชาการควรให้ความสำคัญทั้งปริมาณและคุณภาพ เช่น ระดับฐานข้อมูลของวารสาร การอ้างอิง และการนำผลงานไปใช้ประโยชน์ เพื่อให้การประเมินศักยภาพสะท้อนคุณค่าของงานวิจัยอย่างรอบด้าน

ดังนั้น แนวทางการส่งเสริมงานวิจัยตามสาขาอัตลักษณ์และความเชี่ยวชาญของมหาวิทยาลัยสวนดุสิต จากการวิเคราะห์ศักยภาพด้านการวิจัยตามอัตลักษณ์และความเชี่ยวชาญเฉพาะทางของมหาวิทยาลัยสวนดุสิต พบว่ามีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องวางยุทธศาสตร์การส่งเสริมงานวิจัยให้สอดรับกับต้นทุนทางปัญญาที่มีอยู่ เพื่อสร้างระบบนิเวศการวิจัยที่ยั่งยืน ได้แก่

1. **การสร้างกลไกการบูรณาการข้ามศาสตร์** มหาวิทยาลัยควรใช้ความเข้มแข็งของสาขาการพัฒนาเชิงพื้นที่และสาขาอาหาร ซึ่งมีจำนวนนักวิจัยรวมกัน และมีผลงานตีพิมพ์รวมกันมาเป็นแกนกลางในการขับเคลื่อนงานวิจัยร่วมกับสาขาที่มีศักยภาพรอการพัฒนา เช่น การส่งเสริมให้นักวิจัยในสาขาการพยาบาลและสุขภาวะที่มีสัดส่วนผู้ดำรงตำแหน่งทางวิชาการ

น้อย เข้ามาร่วมในโครงการวิจัยเชิงพื้นที่ เพื่อยกระดับความเชี่ยวชาญและเพิ่มโอกาสในการผลิตผลงานวิชาการที่มีคุณภาพสูงขึ้น

2. **การปรับทิศทางข้อเสนอโครงการเพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันด้านงบประมาณ** แม้ว่าสาขาการพัฒนาเชิงพื้นที่จะได้รับงบประมาณสนับสนุนสูง ในขณะที่สาขาอื่น ๆ เช่น การศึกษาปฐมวัยและการพยาบาลและสุขภาวะยังได้รับงบประมาณในสัดส่วนที่น้อย มหาวิทยาลัยจึงควรส่งเสริมให้นักวิจัยกลุ่มนี้พัฒนาข้อเสนอโครงการวิจัยเชิงยุทธศาสตร์ที่ตอบโจทย์แหล่งทุนภายนอก โดยเน้นการสร้างผลกระทบต่อสังคมและเศรษฐกิจในเชิงประจักษ์ตามโมเดลความสำเร็จของสาขาการพัฒนาเชิงพื้นที่ เพื่อกระจายฐานงบประมาณและลดการพึ่งพางบประมาณสนับสนุนภายในเพียงอย่างเดียว

3. **การเร่งรัดเส้นทางวิชาการและคุณภาพผลงานตีพิมพ์** จากข้อมูลที่พบว่ามีนักวิจัย ยังไม่มีตำแหน่งทางวิชาการ มหาวิทยาลัยควรมีมาตรการเชิงรุกในการสนับสนุนให้นักวิจัยกลุ่มนี้ โดยเฉพาะในสาขาอุตสาหกรรมบริการที่มีนักวิจัยถึง 12 คน นำข้อมูลจากข้อเสนอโครงการวิจัยที่มีอยู่มาสังเคราะห์และต่อยอดสู่การตีพิมพ์ในวารสารวิชาการระดับนานาชาติเพิ่มขึ้น ซึ่งจะช่วยยกระดับความน่าเชื่อถือทางวิชาการและเป็นฐานสำคัญในการขอรับทุนวิจัยในระดับที่สูงขึ้น

โดยสรุป การส่งเสริมงานวิจัยของมหาวิทยาลัยสวนดุสิตในระยะต่อไปต้องมุ่งเน้นการใช้ **"จุดแข็งเพื่อหนุนจุดอ่อน"** ผ่านการสร้างเครือข่ายความร่วมมือระหว่างสาขาที่มีผลงานโดดเด่นและสาขาที่กำลังเติบโต ควบคู่ไปกับการพัฒนาทักษะการเขียนข้อเสนอโครงการเชิงรุกเพื่อชิงงบประมาณสนับสนุนจากแหล่งทุนเป้าหมาย ซึ่งจะส่งผลให้ภาพรวมศักยภาพการวิจัยตามอัตลักษณ์ของมหาวิทยาลัยมีความมั่นคง มีผลตอบแทนจากการลงทุนวิจัยที่คุ้มค่า และสร้างประโยชน์ให้แก่ชุมชนและพื้นที่อย่างเป็นรูปธรรมตามพันธกิจขององค์กร แนวทางดังกล่าวจะช่วยให้การพัฒนาศักยภาพงานวิจัยไม่จำกัดอยู่เพียงการเพิ่มจำนวนผลงาน แต่ขยายไปสู่การสร้างระบบสนับสนุนที่ใช้ข้อมูลเป็นฐานในการตัดสินใจและสามารถตอบโจทย์สังคมอัจฉริยะได้อย่างเป็นรูปธรรม

ข้อจำกัดของการศึกษา

1. ข้อจำกัดด้านมิติกาลเวลา การศึกษานี้ใช้ข้อมูลทุติยภูมิของโครงการวิจัยที่ได้รับทุนเฉพาะปีงบประมาณ พ.ศ. 2568 (ปีการศึกษา 2567) เพียงปีเดียวเป็นฐานในการประเมิน ผลลัพธ์ที่พบบ่งชี้ถึงศักยภาพและประสิทธิภาพในระยะสั้นเท่านั้น แต่อาจยังไม่สะท้อนถึงแนวโน้มหรือความยั่งยืนของผลิตภาพทางการวิจัยในระยะยาว เนื่องจากลักษณะของงานวิจัยในบางสาขา (เช่น ด้านอาหารหรือการศึกษาปฐมวัย) อาจต้องใช้ระยะเวลาในการบ่มเพาะองค์ความรู้และสะสมผลงานตีพิมพ์มากกว่า 1 ปีการศึกษา

2. ข้อจำกัดด้านตัวชี้วัดเชิงปริมาณ การวิจัยครั้งนี้มุ่งเน้นการวัดมูลค่าและประสิทธิภาพผ่านตัวชี้วัดเชิงปริมาณ เป็นหลัก เช่น จำนวนคน จำนวนโครงการ จำนวนเงินงบประมาณ และจำนวนบทความที่ตีพิมพ์ ส่งผลให้การประเมินยังไม่ครอบคลุมถึง "คุณภาพเชิงลึก" และ "ผลกระทบเชิงประจักษ์" เช่น ระดับควอไทล์ของวารสารวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์ อัตราการอ้างอิง หรือการนำองค์ความรู้ไปขับเคลื่อนนโยบายสาธารณะ การเปลี่ยนผ่านพฤติกรรมของชุมชน และการสร้างมูลค่าเพิ่มเชิงพาณิชย์ที่แท้จริง

บทสรุป

การประเมินศักยภาพด้านการวิจัยของสาขาความเชี่ยวชาญเฉพาะทางของมหาวิทยาลัยสวนดุสิต พบว่ามหาวิทยาลัยมีฐานทรัพยากรด้านการวิจัยที่สามารถใช้เป็นข้อมูลเชิงยุทธศาสตร์ในการขับเคลื่อนงานวิจัยตามอัตลักษณ์ได้อย่างชัดเจน โดยมีนักวิจัยรวมทั้งสิ้น 56 คน และมีผู้ดำรงตำแหน่งทางวิชาการจำนวน 32 คน คิดเป็นร้อยละ 57.14 สาขาอาหารและสาขา

การพัฒนาเชิงพื้นที่มีจำนวนนักวิจัยมากที่สุดสาขาละ 15 คน โดยสาขาอาหารมีความโดดเด่นด้านสถานภาพทางวิชาการ สะท้อนถึงความพร้อมของบุคลากรในการผลิตองค์ความรู้และต่อยอดงานวิจัยเชิงคุณภาพ ขณะที่สาขาการพัฒนาเชิงพื้นที่มีความโดดเด่นด้านงบประมาณและผลผลิตทางวิชาการ โดยได้รับงบประมาณ 34,900,000 บาท คิดเป็นร้อยละ 50.54 และมีผลงานตีพิมพ์เผยแพร่ 64 เรื่อง คิดเป็นร้อยละ 48.85 ของผลงานทั้งหมด

ในภาพรวมศักยภาพการวิจัยของมหาวิทยาลัยสวนดุสิตมีความสอดคล้องกับอัตลักษณ์ความเชี่ยวชาญขององค์กร โดยมีการพัฒนาเชิงพื้นที่และด้านอาหารเป็นแกนกลางสำคัญในการสร้างผลกระทบทางการวิจัย ทั้งในแง่ของการระดมทุนและการผลิตองค์ความรู้สู่สาธารณะ ซึ่งจะเป็นกลไกสำคัญในการยกระดับมหาวิทยาลัยสู่ความก้าวหน้าทางวิชาการตามยุทธศาสตร์ที่วางไว้ต่อไป

ผลการศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่าการใช้ข้อมูลเพื่อวิเคราะห์ศักยภาพงานวิจัยสามารถช่วยกำหนดแนวทางส่งเสริมสาขาที่มีความเข้มแข็งและสาขาที่ควรได้รับการพัฒนาเพิ่มเติมได้อย่างเป็นระบบ โดยเฉพาะการใช้จุดแข็งของสาขาที่มีศักยภาพสูงเป็นฐานในการบูรณาการความร่วมมือกับสาขาอื่น การพัฒนาข้อเสนอโครงการวิจัยเชิงยุทธศาสตร์ และการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ทรัพยากรวิจัยให้เกิดผลลัพธ์ที่เป็นรูปธรรม นอกจากนี้ ผลการประเมินยังสามารถใช้เป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจเชิงนโยบายในการจัดสรรงบประมาณ การพัฒนาศักยภาพนักวิจัย และการกำหนดทิศทางงานวิจัยที่ตอบสนองต่อความต้องการของมหาวิทยาลัย ชุมชน และสังคม

โดยสรุป การประเมินศักยภาพด้านการวิจัยของสาขาความเชี่ยวชาญเฉพาะทางมิได้เป็นเพียงการสะท้อนสถานภาพของงานวิจัยในปัจจุบัน แต่ยังเป็นกลไกสำคัญในการยกระดับการบริหารจัดการงานวิจัยของมหาวิทยาลัยสวนดุสิตให้มีทิศทางชัดเจน สอดคล้องกับ SDU GOAL Plus^{+} และสนับสนุนการขับเคลื่อนสู่สังคมอัจฉริยะและคุณภาพชีวิตยั่งยืนอย่างเป็นรูปธรรม

ข้อเสนอแนะจากผลการวิจัย

1. การจัดสรรงบประมาณแบบบูรณาการข้ามศาสตร์ มหาวิทยาลัยควรพิจารณาปรับสัดส่วนการจัดสรรงบประมาณวิจัย โดยส่งเสริมโครงการที่มีการทำงานร่วมกันระหว่างสาขาที่มีความเข้มแข็งสูง เช่น สาขาการพัฒนาเชิงพื้นที่ร่วมกับสาขาที่ยังมีสัดส่วนงบประมาณน้อย เช่น สาขาการพยาบาลและสุขภาวะ เพื่อยกระดับศักยภาพการวิจัยในภาพรวมให้สมดุลมากขึ้น
2. การยกระดับตำแหน่งทางวิชาการเชิงรุก มหาวิทยาลัยควรมีนโยบายสนับสนุนทรัพยากรและระบบพี่เลี้ยง (Mentoring System) โดยเฉพาะในสาขาการพยาบาลและสุขภาวะที่มีสัดส่วนผู้ดำรงตำแหน่งทางวิชาการน้อยที่สุด เพื่อสร้างความมั่นคงทางวิชาการให้กับบุคลากร
3. การพัฒนาโมเดลการสื่อสารวิชาการจากงานวิจัยเชิงพื้นที่ เนื่องจากสาขาการพัฒนาเชิงพื้นที่มีประสิทธิภาพการตีพิมพ์ผลงานสูงสุด มหาวิทยาลัยควรนำกระบวนการทำงานหรือ "ถอดบทความสำเร็จ" ของสาขานี้มาเป็นต้นแบบให้นักวิจัยในสาขาอื่น เช่น สาขาอุตสาหกรรมบริการ และสาขาอาหาร นำไปปรับใช้เพื่อเพิ่มปริมาณการเผยแพร่ผลงานวิชาการในระดับชาติและสากล
4. การต่อยอดงานวิจัยสู่เชิงพาณิชย์และนวัตกรรม ด้านอาหารมีสัดส่วนผู้ดำรงตำแหน่งทางวิชาการสูง ซึ่งสะท้อนถึงความเชี่ยวชาญระดับสูง มหาวิทยาลัยควรส่งเสริมให้นักวิจัยกลุ่มนี้ขยายผลโครงการวิจัย ไปสู่การจดสิทธิบัตรหรือการสร้างนวัตกรรมร่วมกับภาคเอกชนเพื่อสร้างรายได้หมุนเวียนกลับสู่มหาวิทยาลัย
5. การติดตามผลกระทบทางสังคม ควรมีการวิจัยติดตามผลเพื่อประเมินว่าโครงการวิจัยที่ได้รับงบประมาณไปแล้ว โดยเฉพาะในกลุ่มงบประมาณก้อนใหญ่ สามารถสร้างผลกระทบต่อชุมชนหรืออุตสาหกรรมได้จริงตามวัตถุประสงค์ของโครงการหรือไม่ เพื่อใช้เป็นฐานข้อมูลในการตัดสินใจจัดสรรงบประมาณในอนาคต

6. ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้ สถาบันวิจัยและพัฒนาควรนำข้อมูลจากงานวิจัยดังกล่าวนี้ ไปใช้เพื่อกำหนดแนวทางการส่งเสริมงานวิจัยสาขาอัตลักษณ์และความเชี่ยวชาญของมหาวิทยาลัยสวนดุสิตในแผนกลยุทธ์ด้านการวิจัยและนวัตกรรมมหาวิทยาลัยสวนดุสิตฉบับต่อไป เพื่อเป็นแนวทางในการทำงานของ “คณะอนุกรรมการเพื่อการขับเคลื่อนการดำเนินงาน SDU Research Club” ในการจัดกิจกรรมส่งเสริมงานวิจัยแก่สมาชิกเครือข่ายการวิจัยของมหาวิทยาลัยสวนดุสิต ตลอดจนเป็นแนวทางในการทำวิจัยของอาจารย์และนักวิจัย และเป็นแนวทางสำหรับการวางแผนเชิงนโยบายเพื่อส่งเสริมการวิจัยของคณะ วิทยาเขต และศูนย์การศึกษานอกที่ตั้งของมหาวิทยาลัยสวนดุสิต

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาวิจัยเรื่อง “การประเมินศักยภาพและผลลัพธ์ทางการวิจัยจำแนกตามสาขาอัตลักษณ์และความเชี่ยวชาญของมหาวิทยาลัยสวนดุสิต” ประสบความสำเร็จและลุล่วงไปได้ด้วยดี โดยได้รับความอนุเคราะห์และการสนับสนุนจากหลายภาคส่วน ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณบุคคลและหน่วยงานต่าง ๆ ดังต่อไปนี้ ขอกราบขอบพระคุณ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต ภายใต้การนำของผู้บริหารที่เล็งเห็นความสำคัญของการพัฒนาศักยภาพการวิจัยตามนโยบาย “ The Power of SDU” และยุทธศาสตร์ “SDU GOAL Plus+” ที่มุ่งเน้นการสร้างความเข้มแข็งในสาขาอัตลักษณ์ทั้ง 5 ด้าน อันเป็นรากฐานสำคัญที่ทำให้งานวิจัยชิ้นนี้มีกรอบแนวทางที่ชัดเจนและสอดคล้องกับทิศทางขององค์กร รวมถึงทุนสนับสนุนการดำเนินงานวิจัยจากงบประมาณรายได้มหาวิทยาลัยสวนดุสิต ขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) ที่ให้การสนับสนุนงบประมาณโครงการวิจัยทุนสนับสนุนงานมูลฐาน ปีงบประมาณ พ.ศ. 2568 รวมจำนวน 69,061,000 บาท ข้อมูลการดำรงตำแหน่งทางวิชาการของบุคลากรในขณะขอรับทุน ตลอดจนสถิติการตีพิมพ์เผยแพร่ผลงานวิชาการ จากระบบบริหารจัดการงานวิจัยและนวัตกรรมของหน่วยงาน ซึ่งเป็นข้อมูลสำคัญที่ใช้ในการวิเคราะห์และประเมินผลในครั้งนี้ ขอขอบคุณคณะนักวิจัยทั้ง 56 ท่าน ในสาขาความเชี่ยวชาญด้านอาหาร การศึกษาปฐมวัย อุตสาหกรรมบริการ การพยาบาลและสุขภาวะ และการพัฒนาเชิงพื้นที่ ที่ได้เสียสละเวลาและให้ความร่วมมือในการให้ข้อมูลเกี่ยวกับข้อเสนอโครงการวิจัยและการดำเนินงานต่าง ๆ ทำให้ผู้วิจัยสามารถประเมินภาพรวมศักยภาพได้อย่างรอบด้าน ท้ายที่สุดนี้ ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าผลจากการศึกษาวิจัยครั้งนี้จะเป็นประโยชน์ต่อมหาวิทยาลัยสวนดุสิต ในการนำไปใช้เป็นแนวทางเชิงนโยบายเพื่อส่งเสริมและพัฒนาการดำเนินงานวิจัยตามสาขาอัตลักษณ์ให้มีความโดดเด่นและสร้างคุณประโยชน์ต่อสังคมอย่างยั่งยืนสืบไป

เอกสารอ้างอิง

กิตติภูมิ นามวงค์. (2566). การจัดการงานวิจัยเชิงพื้นที่เพื่อสร้างนวัตกรรมชุมชนและยกระดับเศรษฐกิจฐานราก. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

กมลวรรณ ตรีภูมิ, และ สมเกียรติ สิทธิชัย. (2567). การยกระดับศักยภาพนักวิจัยรุ่นใหม่ในสถาบันอุดมศึกษาไทย: กรณีศึกษากลุ่มมหาวิทยาลัยในกำกับของรัฐ. วารสารการบริหารการศึกษาและภาวะผู้นำ. 12(2): 45-60.

มหาวิทยาลัยสวนดุสิต. (2567ก). แผนยุทธศาสตร์มหาวิทยาลัยสวนดุสิต พ.ศ. 2566-2570 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2567). กองนโยบายและแผน มหาวิทยาลัยสวนดุสิต.

มหาวิทยาลัยสวนดุสิต. (2567ข). แนวทางการขับเคลื่อนยุทธศาสตร์ SDU GOAL Plus+ เพื่อความยั่งยืน. สำนักงานมหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสวนดุสิต.

สมชาย รักวิชา, สุวิมล มีแสง, และ ธนพล ใจดี. (2567). ความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งทางวิชาการกับสมรรถนะการผลิตผลงานวิจัยของอาจารย์ในสายวิชาชีพเฉพาะทาง. วารสารวิจัยและนวัตกรรมทางการศึกษา. 7(1): 112-128.

สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ. (2567). ยุทธศาสตร์การจัดสรรงบประมาณวิจัยและนวัตกรรมเพื่อตอบโจทย์ความท้าทายของประเทศ พ.ศ. 2567-2570. โรงพิมพ์คุรุสภา.

วิชัย เลิศรัตน์พัฒนา. (2568). กลยุทธ์การบริหารจัดการทุนวิจัยมุ่งเป้าสำหรับมหาวิทยาลัยในศตวรรษที่ 21. ศูนย์หนังสือจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

Creswell, J. W., & Guetterman, T. C. (2024). Educational research: Planning, conducting, and evaluating quantitative and qualitative research (7th ed.). Pearson.

OECD. (2024). Higher education policy outlook 2024: Leveraging research for regional development. OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/he-policy-2024-en

1

การสื่อสารอัตลักษณ์ทางการเมืองของพรรคประชาชนผ่านแพลตฟอร์ม TikTok
Political Identity Communication of the People's Party Through TikTok

รัฐพงษ์ อุระ[1] ฐิตารีย์ จักรแก้ว[1] และ พิษณุรักษ์ ปิตาทะสังข์[1*]
Rattaphong Ura[1] Thitaree Chakkaew[1] and Phitsanurak Pitathasang[1*]

[1]คณะวิทยาการสารสนเทศ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม มหาสารคาม
[1] Faculty of Informatics Mahasarakham University , Mahasarakham
[*]Corresponding Author E-mail Address : phisanurak.p@msu.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาประเภทของอัตลักษณ์ทางการเมืองของพรรคประชาชนผ่านแพลตฟอร์ม TikTok และ 2) วิเคราะห์รูปแบบและลักษณะการนำเสนอเนื้อหาในช่วงการหาเสียงเลือกตั้ง ปี พ.ศ. 2569 งานวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพ โดยใช้การวิเคราะห์เนื้อหาร่วมกับการวิเคราะห์ตัวบทจากคลิป TikTok อย่างเป็นทางการของพรรคประชาชน จำนวน 55 คลิป ผลการวิจัยพบว่า พรรคประชาชนมีการสื่อสารอัตลักษณ์ทางการเมืองผ่าน 4 มิติสำคัญ ได้แก่ 1) อัตลักษณ์ด้านภาพลักษณ์และแบรนด์ทางการเมือง พบจำนวนมากที่สุด 2) อัตลักษณ์ด้านอุดมการณ์ 3) อัตลักษณ์ด้านบุคลิกภาพและการสื่อสาร และ 4) อัตลักษณ์ด้านการมีส่วนร่วมและเครือข่าย โดยเน้นการสร้างภาพลักษณ์ "ผู้นำรุ่นใหม่" และ "พรรคการเมืองดิจิทัล" ผ่านการสื่อสารที่เข้าถึงง่ายและสอดคล้องกับวัฒนธรรมของแพลตฟอร์ม นอกจากนี้ พรรคยังใช้รูปแบบการนำเสนอที่ผสมผสานระหว่างการให้ข้อมูล การสร้างแรงบันดาลใจ และความบันเทิง ผ่านข้อความ ภาพวิดีโอ เสียง ดนตรีไวรัล meme เทคนิคการเล่าเรื่องแบบสั้น การใช้ Hook และการเล่นตามเทรนด์ TikTok เพื่อกระตุ้นการมีส่วนร่วมของผู้ใช้งานผ่านการแสดงความคิดเห็น การแชร์ และกิจกรรมแบบ Real-time ข้อค้นพบสำคัญสะท้อนให้เห็นว่า พรรคประชาชนใช้รูปแบบ "ความบันเทิงทางการเมือง" (Politainment) ที่สะท้อนถึงการเปลี่ยนผ่านจาก "การเมืองเชิงเหตุผล" ไปสู่ "การเมืองเชิงการแสดง" (Performative Politics) ที่ใช้วัฒนธรรมไวรัล อารมณ์ และตรรกะของแพลตฟอร์มดิจิทัลเป็นกลไกสำคัญในการประกอบสร้างอัตลักษณ์ทางการเมือง ทั้งนี้ TikTok ไม่ได้เป็นเพียงช่องทางเผยแพร่สารทางการเมือง แต่ยังเป็น "พื้นที่ประกอบสร้างความหมายทางการเมือง" ที่อัลกอริทึม วัฒนธรรมดิจิทัล และการมีส่วนร่วมของผู้ใช้งานร่วมกันกำหนดการรับรู้ทางการเมืองของสังคมร่วมสมัย

คำสำคัญ: อัตลักษณ์ทางการเมือง สื่อสารการเมือง วัฒนธรรมดิจิทัล พรรคประชาชน TikTok

Abstract

This research aimed to: 1) examine the types of political identity constructed by the People's Party through the TikTok platform, and 2) analyze the forms and characteristics of content presentation during the 2026 election campaign. This qualitative study employed content analysis alongside textual analysis of 55 video clips published on the official TikTok account of the People's Party. The findings revealed that the party communicated its political identity through four major dimensions: 1) political image and branding, 2) ideological identity, 3) personality and communication identity, and 4) participatory and network identity.

The party particularly emphasized the image of a “new-generation leader” and a “digital political party” through accessible communication styles aligned with TikTok culture. Regarding content presentation, the party combined informational, inspirational, and entertainment-oriented communication through the use of text, video imagery, audio, viral music, memes, and short-form storytelling techniques, including hooks, trending content, and real-time interactive engagement. A key finding indicates that the People’s Party adopted a form of “politainment” that reflects a shift from “rational politics” to “performative politics,” in which viral culture, emotional communication, and platform logic function as central mechanisms in constructing political identity. Furthermore, TikTok has become not merely a channel for political communication, but also a space for constructing political meaning through the interaction of algorithms, digital culture, and user participation in contemporary society.

Keywords: Political Identity Political Communication Digital Culture People’s Party TikTok

บทนำ

การสื่อสารทางการเมืองเป็นกลไกสำคัญของระบอบประชาธิปไตยที่พรรคการเมืองใช้ในการถ่ายทอดอุดมการณ์ นโยบาย และจุดยืนทางการเมืองไปสู่ประชาชน เพื่อสร้างการรับรู้ การยอมรับ และการสนับสนุนทางการเมือง (McNair, 2011)

ภายใต้บริบทของสังคมดิจิทัล การสื่อสารทางการเมืองได้เปลี่ยนผ่านจากการพึ่งพาสื่อมวลชนแบบดั้งเดิมไปสู่การใช้สื่อสังคมออนไลน์ในฐานะพื้นที่สื่อสารโดยตรงระหว่างพรรคการเมืองกับประชาชน (Chadwick, 2013) การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวส่งผลให้การเมืองร่วมสมัยมีลักษณะเป็น “การเมืองแบบเครือข่าย” (networked politics) ที่เปิดโอกาสให้ประชาชนสามารถเป็นทั้งผู้รับสาร ผู้ผลิตสาร และผู้เผยแพร่สารทางการเมืองได้พร้อมกัน อันนำไปสู่การขยายตัวของ “ประชาธิปไตยไซเบอร์” (Cyber Democracy) ซึ่งทำให้อินเทอร์เน็ตกลายเป็นพื้นที่สำคัญของการแสดงความคิดเห็น การติดตามตรวจสอบ และการมีส่วนร่วมทางการเมืองของประชาชนมากขึ้น (พิชญ์ พงษ์สวัสดิ์, 2562)

ในบรรดาแพลตฟอร์มสื่อสังคมออนไลน์ร่วมสมัย TikTok ได้กลายเป็นพื้นที่สำคัญของการสื่อสารทางการเมือง โดยเฉพาะในกลุ่มผู้ใช้งานรุ่นใหม่ เนื่องจากมีลักษณะเป็นแพลตฟอร์มวิดีโอสั้น (short-form video platform) ที่เน้นการสื่อสารผ่านภาพ เสียง ดนตรี จังหวะการตัดต่อ และการเล่าเรื่องอย่างกระชับ ซึ่งสามารถดึงดูดความสนใจและสร้างการมีส่วนร่วมของผู้ใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Kaye et al., 2021) นอกจากนี้ กลไกอัลกอริทึมของ TikTok ยังเอื้อให้เนื้อหาทางการเมืองสามารถแพร่กระจายไปสู่ผู้ใช้งานจำนวนมากผ่านระบบ “For You Page” แม้ผู้ใช้งานจะไม่ได้ติดตามบัญชีของพรรคการเมืองโดยตรงก็ตาม (Laura Cervi and Marín-Lladó, 2021)

งานศึกษาของ นภัสวรรณ รักษาใจ และ พิชญ์ พงษ์สวัสดิ์ (2566) ชี้ให้เห็นว่า TikTok ไม่ได้เป็นเพียงแพลตฟอร์มเพื่อความบันเทิง หากแต่ได้กลายเป็นพื้นที่สำคัญของการแสดงออกทางการเมืองในสังคมไทย โดยเฉพาะในช่วงการเคลื่อนไหวทางการเมืองระหว่างปี 2563–2564 ซึ่งผู้ใช้งานจำนวนมากใช้ TikTok ในการวิพากษ์วิจารณ์รัฐบาล ถ่ายทอดเนื้อหาการชุมนุม และสร้างวาทกรรมทางการเมืองผ่านอารมณ์ขัน การเสียดสีล้อเลียน และวัฒนธรรมสมัยนิยม ปรากฏการณ์ดังกล่าว

สะท้อนให้เห็นว่า การเมืองบน TikTok มีลักษณะเป็น “การเมืองเชิงการแสดง” (Performative politics) ที่ผสมผสานความบันเทิง อารมณ์ และวัฒนธรรมดิจิทัลเข้ากับสารทางการเมืองอย่างแนบเนียน

ลักษณะเฉพาะของ TikTok ยังส่งผลให้นักการเมืองและพรรคการเมืองจำเป็นต้องปรับรูปแบบการสื่อสารให้สอดคล้องกับ “วัฒนธรรมของแพลตฟอร์ม” มากขึ้น Laura Cervi et al., (2023) อธิบายว่า นักการเมืองจำนวนมากทั่วโลกเริ่มเปลี่ยนบทบาทจาก “ผู้แทนทางการเมือง” ไปสู่ “นักการเมืองแบบอินฟลูเอนเซอร์” (Influencer-politician) โดยนำเทคนิคการสื่อสารของอินฟลูเอนเซอร์มาใช้ในการสร้างภาพลักษณ์ ความใกล้ชิด และการมีส่วนร่วมกับประชาชนผ่าน TikTok ขณะเดียวกัน งานวิจัยดังกล่าวยังชี้ให้เห็นว่า ความสำเร็จของการสื่อสารทางการเมืองบน TikTok ไม่ได้ขึ้นอยู่เพียงเนื้อหาทางการเมืองเท่านั้น หากแต่ขึ้นอยู่กับความสามารถในการเข้าใจภาษา วัฒนธรรม และรูปแบบการสื่อสารเฉพาะของแพลตฟอร์มด้วย

ในบริบทการเมืองไทย พรรคอนาคตใหม่และพรรคก้าวไกลเคยเป็นตัวอย่างของพรรคการเมืองที่โดดเด่นในการใช้สื่อดิจิทัลเพื่อสร้างการรับรู้และการมีส่วนร่วมทางการเมือง โดยเฉพาะในกลุ่มคนรุ่นใหม่ งานศึกษาของ อัจฉรียา ประสิทธิ์วงศา และ อัจฉรา ปัณฑรานุวงศ์ (2563) พบว่า พรรคอนาคตใหม่ใช้สื่อสังคมออนไลน์ในการสร้างแรงจูงใจทางการเมืองผ่านการผสมผสาน “เหตุผล” และ “อารมณ์” ควบคู่กัน โดยเฉพาะการใช้เนื้อหาเชิงวิพากษ์ การนำเสนอรูปแบบที่หลากหลาย และการสร้างปฏิสัมพันธ์กับกลุ่มเจเนอเรชัน Z ขณะเดียวกัน งานศึกษาของ ศุภกร เชิดชูธีรกุล และ สมบูรณ์ สุขสำราญ (2568) พบว่า พรรคก้าวไกลใช้สื่อสังคมออนไลน์เป็นเครื่องมือหลักในการสร้างความใกล้ชิดระหว่างพรรคกับประชาชน โดยเฉพาะการใช้ TikTok เพื่อเข้าถึงกลุ่มเยาวชนและผู้มีสิทธิเลือกตั้งครั้งแรก การสื่อสารของพรรคมีลักษณะเป็น “การสื่อสารสองทาง” ที่เปิดโอกาสให้ประชาชนสามารถโต้ตอบ แสดงความคิดเห็น และมีส่วนร่วมในการแลกเปลี่ยนข้อมูลข่าวสาร

ในบริบทเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ TikTok ได้กลายเป็นแพลตฟอร์มสำคัญสำหรับการสื่อสารทางการเมืองและการสร้างอัตลักษณ์ทางการเมืองผ่านวัฒนธรรมไวรัลและอัลกอริทึมของแพลตฟอร์ม (Febriana & Rahman, 2024) โดยในอินโดนีเซีย TikTok ถูกใช้เพื่อ “การสร้างแบรนด์ทางการเมืองใหม่” (Political Rebranding) ของนักการเมืองผ่าน meme และคอนเทนต์เชิงบันเทิง ขณะที่ในมาเลเซีย แพลตฟอร์มดังกล่าวถูกใช้ในการเล่าเรื่องทางการเมืองและสร้างความใกล้ชิดกับผู้สนับสนุนผ่านการสื่อสารแบบไม่เป็นทางการ (Hung, 2022) ส่วนในฟิลิปปินส์ TikTok กลับสะท้อนปัญหาการแพร่กระจายของข่าวลวงและ “การเมืองยุคหลังความจริง” (Post-truth Politics) ที่ได้รับอิทธิพลจากวัฒนธรรมไวรัลและระบบอัลกอริทึม (Ali et al., 2024) สำหรับประเทศไทย งานวิจัยด้านการสื่อสารการเมืองส่วนใหญ่มุ่งศึกษา Facebook เป็นหลัก (นนทรัตน์ สุวรรณพงศ์ , 2563 ; นันท์นภัส อติเวศย์อังกูร, 2567) ขณะที่การศึกษาบทบาทของ TikTok ยังเน้นประเด็นการเคลื่อนไหวของเยาวชนและนักกิจกรรม มากกว่าการวิเคราะห์เชิงลึกเกี่ยวกับ “การสร้างอัตลักษณ์ทางการเมือง” ของพรรคการเมืองบนแพลตฟอร์มดังกล่าวอย่างเป็นระบบ

ดังนั้น การศึกษาการสื่อสารอัตลักษณ์ทางการเมืองของพรรคประชาชนผ่านแพลตฟอร์ม TikTok ภายหลังการยุบพรรคก้าวไกล จึงมีความสำคัญต่อการทำความเข้าใจพลวัตของการสื่อสารทางการเมืองในยุคแพลตฟอร์มดิจิทัล ทั้งในมิติของการสร้างภาพลักษณ์ การสื่อสารอุดมการณ์ การปรับตัวของพรรคการเมืองในยุควิดีโอสั้น ตลอดจนความสัมพันธ์ระหว่างวัฒนธรรมดิจิทัลกับการเมืองร่วมสมัย อันจะช่วยเติมเต็มองค์ความรู้ด้านนิเทศศาสตร์ การสื่อสารการเมือง และการศึกษาสื่อดิจิทัลในบริบทสังคมไทยร่วมสมัยได้มากยิ่งขึ้น

ทบทวนวรรณกรรม

1. แนวคิดเรื่องอัตลักษณ์ทางการเมือง (Political Identity)

แนวคิดเรื่อง “อัตลักษณ์ทางการเมือง” (Political identity) เป็นมโนทัศน์สำคัญในการอธิบายพฤติกรรมและการรวมกลุ่มทางการเมือง โดยมีรากฐานจากทฤษฎีอัตลักษณ์ทางสังคมของ Tajfel และ Turner (1979) ที่มองว่า บุคคลนิยามตนเองผ่านการสังกัดกลุ่ม จนนำไปสู่การแบ่งแยกระหว่าง “พวกเรา” และ “พวกเขา” ในมิติทางการเมือง ต่อมา Fukuyama (2018) เสนอว่า อัตลักษณ์ทางการเมืองในโลกสมัยใหม่ขับเคลื่อนด้วยความต้องการได้รับการยอมรับในศักดิ์ศรีและคุณค่าของตนเอง ขณะที่ Laclau และ Mouffe (1985) มองว่าอัตลักษณ์ทางการเมืองไม่ได้ตายตัว แต่ถูกประกอบสร้างและต่อรองผ่านวาทกรรมอย่างต่อเนื่อง

ในบริบทไทย อภิชาติ สถิตนิรามัย และคณะ (2560) ชี้ว่า ความขัดแย้งทางการเมืองไทยร่วมสมัยได้ก่อให้เกิด “อัตลักษณ์คนดี” (Moral Politics) ซึ่งใช้คุณค่าทางศีลธรรมในการแบ่งแยกความชอบธรรมทางการเมือง สะท้อนให้เห็นว่าอัตลักษณ์ทางการเมืองไทยเป็นพื้นที่ของการต่อรองอำนาจและความหมายทางการเมือง ในเชิงทฤษฎี Anderson (1983) อธิบายว่า ชาติและอัตลักษณ์ทางการเมืองเป็น “ชุมชนจินตกรรม” (Imagined Communities) ที่ถูกสร้างผ่านสื่อและกลไกของรัฐ

ภายใต้บริบทสังคมดิจิทัล สื่อสังคมออนไลน์ได้กลายเป็นพื้นที่สำคัญของ “การเมืองเชิงอัตลักษณ์” (Identity Politics) ที่พรรคการเมืองใช้ในการสร้างภาพลักษณ์ ถ่ายทอดอุดมการณ์ และสร้างความสัมพันธ์กับประชาชนผ่านภาษาสัญลักษณ์ และวัฒนธรรมดิจิทัล โดยเฉพาะ TikTok ซึ่งมีลักษณะการสื่อสารที่รวดเร็ว กระชับ และเน้นการมีส่วนร่วม จนกลายเป็นพื้นที่สำคัญในการประกอบสร้างอัตลักษณ์ทางการเมืองในสังคมร่วมสมัย

2. แนวคิดการสื่อสารทางการเมือง

การสื่อสารทางการเมือง (Political Communication) เป็นกระบวนการถ่ายทอดข้อมูล อุดมการณ์ นโยบาย และจุดยืนทางการเมืองระหว่างองค์กรทางการเมือง สื่อมวลชน และประชาชน เพื่อสร้างความเข้าใจ การยอมรับ และการมีส่วนร่วมทางการเมืองในสังคม โดย David K. Berlo (1960) อธิบายผ่านแบบจำลอง SMCR Model ซึ่งประกอบด้วย ผู้ส่งสาร (Source) สาร (Message) ช่องทางการสื่อสาร (Channel) และผู้รับสาร (Receiver) อันสะท้อนว่าประสิทธิภาพของการสื่อสารขึ้นอยู่กับทั้งรูปแบบของสาร ช่องทางการสื่อสาร และบริบทของผู้รับสาร

ขณะที่ Brian McNair (2011) มองว่า การสื่อสารทางการเมืองเป็นกระบวนการสื่อสารในพื้นที่สาธารณะที่เกี่ยวข้องกับอำนาจ การบริหารรัฐ และการจัดสรรทรัพยากรทางสังคม ซึ่งมิได้จำกัดอยู่เพียงการใช้ภาษา หากยังรวมถึงสัญลักษณ์ ภาพลักษณ์ ภาษากาย และสื่อดิจิทัลในฐานะเครื่องมือสร้างความหมายทางการเมือง นอกจากนี้ McNair ยังอธิบายว่า การสื่อสารทางการเมืองมีลักษณะเป็น “ปฏิสัมพันธ์แบบสองทาง” ระหว่างองค์กรทางการเมือง สื่อมวลชน และประชาชน ซึ่งแต่ละฝ่ายต่างมีบทบาทในการสร้าง ตีความ และต่อรองความหมายทางการเมืองร่วมกัน

ภายใต้บริบทสื่อดิจิทัล การสื่อสารทางการเมืองได้เปลี่ยนจากรูปแบบการสื่อสารทางเดียวไปสู่การสื่อสารที่เน้นการมีส่วนร่วม ความรวดเร็ว และการสร้างปฏิสัมพันธ์บนสื่อสังคมออนไลน์ โดยเฉพาะ TikTok ซึ่งมีลักษณะเด่นด้านการสื่อสารแบบสั้น กระชับ และเน้นวัฒนธรรมดิจิทัลร่วมสมัย ทำให้พรรคการเมืองสามารถสื่อสารอัตลักษณ์ทางการเมืองผ่านภาพลักษณ์ ภาษา สัญลักษณ์ และรูปแบบการนำเสนอที่เข้าถึงประชาชนได้ง่ายขึ้น

3. แนวคิดเกี่ยวกับสื่อสังคมออนไลน์ และ TikTok ในไทยและเอเชีย

สำหรับแพลตฟอร์ม TikTok ถือเป็นสื่อสังคมออนไลน์รูปแบบวิดีโอสั้น (Short-form Video Platform) ที่มีลักษณะเด่นด้านการสื่อสารที่รวดเร็ว กระชับ และเน้นการมีส่วนร่วมของผู้ใช้งาน โดย TikTok เปิดโอกาสให้ผู้ใช้สามารถสร้าง

เนื้อหาผ่านภาพ เสียง ดนตรี เอฟเฟกต์ และการตัดต่อวิดีโอได้อย่างง่ายดาย จนเกิดวัฒนธรรมการสื่อสารเฉพาะตัวของแพลตฟอร์ม นอกจากนี้ ระบบอัลกอริทึมของ TikTok ยังมีบทบาทสำคัญในการคัดเลือกและเผยแพร่เนื้อหาไปยังผู้ใช้งานผ่านหน้า “For You Page” (FYP) ซึ่งช่วยให้เนื้อหาทางการเมืองสามารถเข้าถึงผู้ชมจำนวนมากและกลายเป็นกระแสสาธารณะได้อย่างรวดเร็ว งานศึกษาหลายชิ้นชี้ว่า TikTok มิได้เป็นเพียงแพลตฟอร์มเพื่อความบันเทิง หากยังเป็นพื้นที่สำคัญของการแสดงออกทางการเมือง การสร้างตัวตน และการประกอบสร้างความหมายทางสังคมในยุคดิจิทัล โดยเฉพาะการใช้วัฒนธรรม meme เพลงไวรัล และการสื่อสารเชิงโสตทัศน์ในการดึงดูดความสนใจและสร้างการมีส่วนร่วมของผู้ใช้งาน (Kaye et al., 2021)

ดังนั้น แนวคิดเกี่ยวกับสื่อสังคมออนไลน์และแพลตฟอร์ม TikTok จึงสามารถนำมาใช้อธิบายการวิจัยเรื่อง “การสื่อสารอัตลักษณ์ทางการเมืองของพรรคประชาชนผ่านแพลตฟอร์ม TikTok” ได้ในฐานะพื้นที่ดิจิทัลที่พรรคประชาชนใช้ในการสื่อสารภาพลักษณ์ อุดมการณ์ บุคลิกภาพ และความสัมพันธ์กับประชาชน ผ่านรูปแบบการสื่อสารที่สอดคล้องกับวัฒนธรรมดิจิทัลและพฤติกรรมการรับสื่อของผู้ใช้งานร่วมสมัย โดยเฉพาะกลุ่มคนรุ่นใหม่บนสื่อสังคมออนไลน์

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาประเภทของอัตลักษณ์ทางการเมืองของพรรคประชาชนผ่านแพลตฟอร์ม TikTok
2. เพื่อวิเคราะห์รูปแบบและลักษณะการนำเสนอเนื้อหาของพรรคประชาชนผ่านแพลตฟอร์ม TikTok

วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพ (Qualitative Research) มุ่งศึกษาการสื่อสารอัตลักษณ์ทางการเมืองของพรรคประชาชนผ่านแพลตฟอร์ม TikTok ในช่วงการหาเสียงเลือกตั้ง ปี พ.ศ. 2569 โดยให้ความสำคัญกับการสร้างภาพลักษณ์ การนำเสนอจุดยืนทางการเมือง การสร้างความใกล้ชิดกับประชาชน และการปรับตัวของพรรคการเมืองภายใต้บริบทการเมืองดิจิทัลร่วมสมัย โดยมีรายละเอียดดังนี้

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ คลิปวิดีโอทั้งหมดที่เผยแพร่ผ่านบัญชี TikTok อย่างเป็นทางการของพรรคประชาชนในช่วงการหาเสียงเลือกตั้ง ระหว่างวันที่ 12 ธันวาคม พ.ศ. 2568 ถึงวันที่ 7 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2569 จำนวน 294 คลิป กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา คือ คลิปวิดีโอจำนวน 55 คลิป ซึ่งคัดเลือกด้วยวิธีการเลือกแบบเฉพาะเจาะจง (Purposive Sampling) โดยเลือกคลิปที่มียอดเข้าชมตั้งแต่ 150,000 ครั้งขึ้นไป ซึ่งผู้วิจัยกำหนดเป็นเกณฑ์เชิงปฏิบัติการ (Operational Threshold) เพื่อคัดเลือกเนื้อหาที่มีระดับการเข้าถึงสูงและมีแนวโน้มได้รับการแพร่กระจายผ่านระบบอัลกอริทึม “For You Page” (FYP) ไปยังผู้ใช้งานในวงกว้าง ไม่จำกัดเฉพาะกลุ่มผู้ติดตามเดิม ทั้งนี้ TikTok เป็นแพลตฟอร์มที่ขับเคลื่อนด้วยอัลกอริทึมการแนะนำเนื้อหา ซึ่งเอื้อให้คอนเทนต์ที่ได้รับความสนใจสามารถถูกเผยแพร่ในระดับไวรัลและสร้างการมองเห็นทางสาธารณะได้อย่างรวดเร็ว (Kaye et al., 2021) ดังนั้น ผู้วิจัยจึงใช้เกณฑ์ดังกล่าวเพื่อให้ได้ข้อมูลที่สะท้อนการสื่อสารอัตลักษณ์ทางการเมืองที่มีอิทธิพลต่อการรับรู้ของสาธารณะอย่างชัดเจน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบบันทึกการวิเคราะห์เนื้อหา (Coding Sheet) สำหรับวิเคราะห์คลิปวิดีโอ TikTok ของพรรคประชาชน โดยออกแบบตามกรอบแนวคิดการสื่อสารทางการเมือง การเมืองเชิงอัตลักษณ์ และลักษณะเฉพาะของแพลตฟอร์ม TikTok เพื่อใช้จำแนก วิเคราะห์ และตีความลักษณะการสื่อสารอัตลักษณ์ทางการเมืองของพรรคประชาชน

แหล่งข้อมูล

การวิจัยใช้ข้อมูลจาก 2 แหล่ง ได้แก่

1. ข้อมูลปฐมภูมิ (Primary Data) คือ คลิปวิดีโอที่เผยแพร่ผ่านบัญชี TikTok อย่างเป็นทางการของพรรคประชาชน ในช่วงการหาเสียงเลือกตั้ง ปี พ.ศ. 2569

2. ข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary Data) คือ เอกสาร หนังสือ บทความวิชาการ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสื่อสารทางการเมือง การเมืองเชิงอัตลักษณ์ สื่อดิจิทัล และการสื่อสารผ่านแพลตฟอร์ม TikTok เพื่อใช้เป็นกรอบแนวคิดในการวิเคราะห์และอภิปรายผลการวิจัย

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยรวบรวมคลิปวิดีโอทั้งหมดจากบัญชี TikTok อย่างเป็นทางการของพรรคประชาชนที่เผยแพร่ในช่วงเวลาที่กำหนด จากนั้นคัดเลือกคลิปตามเกณฑ์ยอดเข้าชม และนำข้อมูลเข้าสู่แบบบันทึกการวิเคราะห์ (Coding Sheet) เพื่อจัดหมวดหมู่และวิเคราะห์เนื้อหาตามกรอบแนวคิดที่กำหนดไว้

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ใช้การวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) ร่วมกับการวิเคราะห์ตัวบทเชิงสื่อประสม (Multimodal Textual Analysis) เพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบด้านภาพ เสียง ภาษา การตัดต่อ และวัฒนธรรมดิจิทัลที่ปรากฏในคลิป TikTok อีกทั้ง มีการนำสถิติจำนวนคลิปที่นำมาประกอบเป็นข้อมูล เพื่อช่วยสะท้อนภาพรวมและสนับสนุนความเข้มข้นของผลการวิเคราะห์เชิงคุณภาพ ดังนี้

1. อัตลักษณ์ทางการเมืองแบบต่างๆ พิจารณาจากองค์ประกอบเชิงทัศน์ (Visual Identity) เช่น การสวมเสื้อแจ็กเก็ตพรรค การใช้สีส้ม และการนำเสนอแบบ Vlog/Behind the scenes เพื่อสร้างภาพลักษณ์ 'ผู้นำรุ่นใหม่' ตามแนวคิดการสร้างอัตลักษณ์ทางการเมือง

2. การสร้างภาพลักษณ์และความสัมพันธ์กับประชาชน เช่น การใช้ภาษากึ่งทางการ ภาษาวัยรุ่น การสร้างความใกล้ชิดและการสื่อสารเชิงอารมณ์

3. รูปแบบการนำเสนอเนื้อหา เช่น การเล่าเรื่อง (storytelling) การสร้างแรงบันดาลใจ การนำเสนอเชิงบันเทิง และการใช้วัฒนธรรมอินเทอร์เน็ตในการสื่อสารทางการเมือง

4. การใช้สื่อประสมบน TikTok ครอบคลุมการใช้ข้อความ ภาพ เสียง ดนตรี เอฟเฟกต์ และจังหวะการตัดต่อ เพื่อสร้างการจดจำและการมีส่วนร่วมของผู้รับสาร ทั้งนี้ หน่วยวิเคราะห์ที่ใช้ในการศึกษา คือ “คลิปวิดีโอ TikTok” ซึ่งพิจารณาในฐานะสื่อประสมที่ประกอบด้วยภาพ เสียง ดนตรี ข้อความ และองค์ประกอบทางวัฒนธรรมดิจิทัล

การตรวจสอบความน่าเชื่อถือ

ผู้วิจัยสร้างความน่าเชื่อถือของข้อมูลผ่านกระบวนการ ตรวจสอบสามเส้าด้านวิธีรวบรวมข้อมูล (Methodological Triangulation) โดยการเปรียบเทียบข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์เนื้อหาเชิงปริมาณ (สถิติการใช้สื่อประสมและประเภทอัตลักษณ์) กับการวิเคราะห์ตัวบทเชิงคุณภาพในเชิงลึก นอกจากนี้ยังมีการตรวจสอบความสอดคล้องของการให้รหัส (Inter-coder reliability) โดยผู้เชี่ยวชาญด้านการสื่อสารการเมือง เพื่อลดความเป็นอัตนัยในการตีความ ผลการทดสอบพบว่ามีค่าดัชนีความสอดคล้อง Cohen's Kappa เท่ากับ 0.85 ซึ่งอยู่ในระดับที่ยอมรับได้และมีความน่าเชื่อถือสูง

การนำเสนอข้อมูล

ผู้วิจัยนำเสนอผลการวิจัยในรูปแบบการบรรยายเชิงพรรณนา (Descriptive Analysis) ร่วมกับการยกตัวอย่างคลิปวิดีโอ บทสนทนา ภาษา สัญลักษณ์ และองค์ประกอบการสื่อสารที่สำคัญ เพื่ออธิบายลักษณะการสื่อสารอัตลักษณ์ทางการเมืองของพรรคประชาชนผ่านแพลตฟอร์ม TikTok อย่างเป็นระบบ

ผลการวิจัย

การสื่อสารอัตลักษณ์ทางการเมืองของพรรคประชาชนผ่านแพลตฟอร์ม TikTok ภายหลังจากการเปลี่ยนมาเป็นพรรคประชาชน ในระหว่างการเลือกตั้งเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2569 สามารถวิเคราะห์ตามวัตถุประสงค์การวิจัยได้ดังนี้

1. ภาพลักษณ์ทางการเมืองของพรรคประชาชนผ่านแพลตฟอร์ม TikTok สามารถสรุปได้ ตามตารางดังต่อไปนี้

ตารางที่ 1 ตารางสรุปประเภทของภาพลักษณ์ทางการเมืองของพรรคประชาชนผ่าน TikTok

ประเภทอัตลักษณ์	ลักษณะการสื่อสารอัตลักษณ์	สถิติที่พบ	ตัวอย่างเนื้อหา
ภาพลักษณ์ผู้นำและองค์กร	การสร้างภาพจำของ “ผู้นำรุ่นใหม่” และแบรนด์พรรคการเมืองยุคดิจิทัล	92.7% (51 คลิป)	คลิป “เท้ง ณัฐพงษ์” ในฐานะแคนดิเดตนายกฯ และการสื่อสารแบบ influencer-politician
อุดมการณ์และการเปลี่ยนผ่าน	การสื่อสารจุดยืนทางการเมืองและภาพลักษณ์ “พรรคพร้อมบริหารประเทศ”	47.3% (26 คลิป)	เนื้อหา “เวลาของรัฐบาลประชาชน” และนโยบายปฏิรูปการศึกษา
บุคลิกภาพและการสื่อสาร	การสร้างภาพ “พรรคของคนรุ่นใหม่” ผ่านภาษา เทรนด์ และวัฒนธรรม TikTok	30.9% (17 คลิป)	การใช้ภาษาวัยรุ่น meme และการอ้างอิง “เมย์ไหนไฟแรงเฟร่อ”
การมีส่วนร่วมและเครือข่าย	การสร้างความใกล้ชิดและการมีส่วนร่วมแบบสองทางกับประชาชน	52.7% (29 คลิป)	กิจกรรมรถคาราวานประชาชนและระบบติดตาม GPS แบบ Real-time

จากตารางสรุปประเภทของอัตลักษณ์ทางการเมืองของพรรคประชาชนผ่านแพลตฟอร์ม TikTok ในระหว่างการหาเสียงเลือกตั้งเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2569 พบอัตลักษณ์ทางการเมืองที่เด่นชัดทั้งสิ้น 4 ประเภท ได้แก่

1.1 อัตลักษณ์ด้านภาพลักษณ์และแบรนด์ทางการเมือง

ผลการวิจัยพบว่ามีอัตลักษณ์ด้าน “การสร้างภาพลักษณ์พรรคและแกนนำพรรค” สูงถึงร้อยละ 92.7 (51 จาก 55 คลิป) สะท้อนให้เห็นว่า TikTok ถูกใช้เป็นพื้นที่สำคัญในการสร้างการจดจำและความใกล้ชิดระหว่างพรรคกับผู้รับสาร และพรรคประชาชนให้ความสำคัญกับการสร้างภาพจำทางการเมืองผ่านทั้ง “ตัวบุคคล” และ “แบรนด์พรรค” อย่างเด่นชัด เพื่อสื่อสารอัตลักษณ์ของพรรคการเมืองยุคใหม่ที่มีความทันสมัย เข้าถึงง่าย และแตกต่างจากพรรคการเมืองแบบดั้งเดิม

ตัวอย่างสำคัญคือการนำเสนอ “ณัฐพงษ์ เรืองปัญญาวุฒิ (เท้ง)” ในฐานะแคนดิเดตนายกรัฐมนตรีที่มีภาพลักษณ์ของ “ผู้นำรุ่นใหม่” ซึ่งแตกต่างจากนักการเมืองแบบดั้งเดิม โดยมีการใช้รูปแบบการสื่อสารที่ผสมผสานระหว่างความจริงจังกับความเป็นกันเอง ผ่านการพูดคุยหน้ากล้อง การตอบคำถามแบบไม่เป็นทางการ การใช้มุมกล้องระยะใกล้ และการถ่ายทำใน

ลักษณะ Vlog หรือ behind the scenes เพื่อสร้างความรู้สึกเสมือนผู้ชมได้ติดตามชีวิตประจำวันของนักการเมืองอย่างใกล้ชิด

นอกจากนี้ พรรคยังใช้กลยุทธ์ “นักการเมืองแบบอินฟลูเอนเซอร์” (influencer-politician) ผ่านการออกแบบภาพลักษณ์ของแกนนำให้สอดคล้องกับวัฒนธรรมดิจิทัลของ TikTok เช่น การใช้ภาษาสั้น กระชับ การเล่นกับจังหวะเพลง การใช้ caption แบบไวรัล และการตัดต่อคลิปอย่างรวดเร็ว ซึ่งช่วยลดระยะห่างระหว่างนักการเมืองกับคนรุ่นใหม่ ขณะเดียวกันยังมีการใช้สีส้ม โลโก้พรรค เสื้อแจ็กเก็ต และองค์ประกอบภาพที่มีความสอดคล้องกันในหลายคลิป เพื่อสร้าง “อัตลักษณ์เชิงภาพ” (visual identity) ของพรรคให้เกิดการจดจำอย่างต่อเนื่อง

อีกทั้ง พรรคยังนำเสนอภาพของการลงพื้นที่พบประชาชนในลักษณะ “นักการเมืองทำงานจริง” เช่น การเดินตลาด การพูดคุยกับพ่อค้าแม่ค้า การติดตามปัญหาน้ำท่วม หรือการเข้าร่วมกิจกรรมชุมชน ซึ่งช่วยสร้างอัตลักษณ์ของพรรคในฐานะ “พรรคที่อยู่กับประชาชน” มากกว่าพรรคที่สื่อสารผ่านเวทีปราศรัยเพียงอย่างเดียว

1.2 อัตลักษณ์ด้านอุดมการณ์และการเปลี่ยนผ่าน

ผลการวิจัยพบว่ามีการนำเสนอ เนื้อหาด้านอุดมการณ์และจุดยืน คิดเป็นร้อยละ 47.3 (26 คลิป) ซึ่งสะท้อนถึงความพยายามในการยืนยันจุดยืนทางการเมืองและสร้างความชอบธรรมในการบริหารประเทศ และสะท้อนว่า พรรคประชาชนมีการสื่อสารอัตลักษณ์ทางการเมืองที่สะท้อนถึง “การเปลี่ยนผ่าน” จากพรรคฝ่ายค้านเชิงวิพากษ์ ไปสู่พรรคที่พร้อมเป็น “รัฐบาลแห่งการเปลี่ยนแปลง”

ตัวอย่างที่ปรากฏอย่างชัดเจนคือการใช้ข้อความและสโลแกน เช่น “เวลาของรัฐบาลประชาชน” “ประเทศไทยที่ดีกว่าเดิม” หรือ “เปลี่ยนประเทศไปด้วยกัน” ซึ่งทำหน้าที่เป็นวาทกรรมทางการเมืองที่เชื่อมโยงพรรคเข้ากับความหวังของประชาชนและแนวคิดเรื่องการเปลี่ยนแปลงเชิงโครงสร้าง

ในด้านเนื้อหา พรรคมีการนำเสนอนโยบายเชิงรูปธรรมมากขึ้น เช่น การปฏิรูปการศึกษา 3 เป้าหมาย การจัดการภัยพิบัติ การกระจายอำนาจ และการแก้ปัญหาเศรษฐกิจระดับชุมชน โดยรูปแบบการนำเสนอจะเน้นการอธิบายที่กระชับ เข้าใจง่าย และใช้ infographic หรือข้อความประกอบบนหน้าจอเพื่อช่วยให้ผู้ชมเข้าใจนโยบายได้ภายในเวลาสั้น ๆ ซึ่งเป็นลักษณะสำคัญของการสื่อสารบน TikTok

นอกจากนี้ ยังพบว่าพรรคพยายามสื่อสาร “อัตลักษณ์ที่มีความต่อเนื่อง” ภายหลังการเปลี่ยนผ่านจากพรรคก้าวไกลสู่พรรคประชาชน ผ่านการรักษาฐานอุดมการณ์เดิม เช่น การพูดถึงประชาธิปไตย ความเท่าเทียม และการเมืองแบบประชาชนมีส่วนร่วม ขณะเดียวกันก็พยายามสร้างภาพใหม่ของพรรคในฐานะองค์กรที่ “พร้อมบริหารประเทศ” มากขึ้น ไม่ใช่เพียงพรรคแห่งการตั้งคำถามหรือการต่อต้านอำนาจรัฐ

1.3 อัตลักษณ์ด้านบุคลิกภาพและการสื่อสาร

ผลการวิจัยพบว่ามีการใช้ “ภาษาพูด/ภาษาวัยรุ่น” ร้อยละ 30.9 (17 คลิป) และมีรูปแบบ “การนำเสนอเชิงบันเทิง” ร้อยละ 25.5 (14 คลิป) สะท้อนว่า พรรคประชาชนมีการสร้างอัตลักษณ์ทางการเมืองผ่าน “บุคลิกภาพทางการสื่อสาร” ที่เน้นความเป็นกันเอง ทันสมัย และสอดคล้องกับวัฒนธรรมของผู้ใช้ TikTok

การสื่อสารลักษณะนี้สะท้อนความพยายามในการสร้างภาพของพรรคให้เป็น “พวกเดียวกับคนรุ่นใหม่” มากกว่าการเป็นองค์กรทางการเมืองที่มีระยะห่างจากประชาชน ตัวอย่างที่เห็นได้ชัดคือการนำเทรนด์ TikTok หรือวัฒนธรรม meme มาปรับใช้ในการสื่อสาร เช่น การนำฉากจากภาพยนตร์ “เมย์ไหนไฟแรงเฟร่อ” มาใช้ประกอบการรณรงค์ให้ประชาชนออกไปเลือกตั้ง หรือการใช้มุกตลก การตัดต่อแบบรวดเร็ว และการใส่ subtitle ขนาดใหญ่เพื่อดึงดูดความสนใจในช่วงต้นคลิป

นอกจากนี้ พรรคยังมีการใช้ "เสียงและดนตรีประกอบ" สูงถึงร้อยละ 65.5 ซึ่งส่วนใหญ่เป็นเพลงหรือเสียงที่กำลังเป็นกระแสบนแพลตฟอร์ม TikTok การใช้เสียงไวรัลดังกล่าวช่วยลดความจริงจังของการเมืองแบบเดิม และทำให้เนื้อหาทางการเมืองถูกนำเสนอในลักษณะที่เข้าถึงง่าย สนุก และแชร์ต่อได้ง่ายขึ้น

อีกทั้งยังพบการใช้รูปแบบการพูดแบบ conversational communication หรือการพูดคุยเหมือนสนทนากับผู้ชมโดยตรง เช่น การใช้คำว่า "ทุกคน" "เพื่อน ๆ" หรือ "พวกเรา" ซึ่งช่วยสร้างความรู้สึกเป็นชุมชนเดียวกัน และทำให้ผู้รับสารรู้สึกว่า พรรคกำลังสื่อสารกับประชาชนในฐานะ "คนธรรมดา" มากกว่าการสื่อสารจากชนชั้นนำทางการเมือง

1.4. อัตลักษณ์ด้านการมีส่วนร่วมและเครือข่าย

ผลการวิจัยพบว่ามี "เนื้อหาที่เน้นความใกล้ชิดและการมีส่วนร่วม" ร้อยละ 52.7 (29 คลิป) สะท้อนว่า พรรคประชาชนมีการสร้างอัตลักษณ์ของการเป็น "พรรคของประชาชน" ผ่านการสื่อสารที่เน้นความใกล้ชิด การเปิดพื้นที่ให้มีปฏิสัมพันธ์ และการสร้างความรู้สึกมีส่วนร่วมทางการเมือง

หนึ่งในตัวอย่างสำคัญคือกิจกรรม "รถคาราวานประชาชน" ซึ่งมีการใช้ QR Code ให้ประชาชนสามารถติดตามตำแหน่งรถหาเสียงผ่านระบบ GPS แบบ Real-time สะท้อนถึงการใช้เทคโนโลยีดิจิทัลเพื่อสร้างการมีส่วนร่วมและทำให้ประชาชนรู้สึกว่าตนเองเป็นส่วนหนึ่งของกิจกรรมทางการเมือง

นอกจากนี้ คลิปการลงพื้นที่หาเสียงยังมักนำเสนอภาพบรรยากาศที่ใกล้ชิด เช่น การโอบกอดประชาชน การรับของฝากจากชาวบ้าน การถ่ายภาพร่วมกับผู้สนับสนุน หรือการพูดคุยแบบไม่เป็นทางการกับประชาชนในตลาดและชุมชน ซึ่งช่วยสร้างอัตลักษณ์ของพรรคในฐานะ "พรรคที่เข้าถึงได้" และ "อยู่เคียงข้างประชาชน"

อีกทั้ง พรรคยังใช้ลักษณะของ TikTok ที่เปิดให้ผู้ชมสามารถ comment แชร์ และ remix เนื้อหาได้ เพื่อสร้างลักษณะของ "การสื่อสารแบบสองทาง" มากกว่าการสื่อสารทางเดียวแบบการเมืองดั้งเดิม การใช้ hashtag campaign และการชวนผู้ชมมีส่วนร่วมผ่านกิจกรรมออนไลน์ ยังช่วยสร้างเครือข่ายผู้สนับสนุนในโลกดิจิทัล และทำให้การสื่อสารทางการเมืองมีลักษณะคล้าย "ชุมชนออนไลน์" มากขึ้น

2. รูปแบบและเนื้อหาของพรรคประชาชนผ่านแพลตฟอร์ม TikTok สามารถสรุปได้ตามตารางดังต่อไปนี้

ตารางที่ 2 สรุปการวิเคราะห์เนื้อหาในแพลตฟอร์ม TikTok ของพรรคประชาชนระหว่างการหาเสียงเลือกตั้งพ.ศ. 2569

องค์ประกอบการวิเคราะห์	ตัวอย่างเนื้อหาจาก TikTok	ลักษณะการสื่อสารอัตลักษณ์ทางการเมือง
1. รูปแบบการนำเสนอ	ใช้การอธิบายข้อมูล การสร้างแรงบันดาลใจ และความบันเทิง ผ่าน Vlog, POV, meme และ storytelling	สะท้อนภาพลักษณ์ "พรรคการเมืองยุคใหม่" ที่ผสานการเมืองกับวัฒนธรรมดิจิทัล
2. ลักษณะเนื้อหา	นำเสนอภาพลักษณ์แกนนำ ความใกล้ชิดกับประชาชน อุดมการณ์ และการวิพากษ์สังคม	สื่อสารภาพลักษณ์ "พรรคของคนรุ่นใหม่" และ "พรรคแห่งการเปลี่ยนแปลง"
3. การใช้สื่อประสม (Multimedia Usage)	ใช้ข้อความ ภาพวิดีโอ เสียง เพลงไวรัล และภาพเคลื่อนไหวร่วมกัน	สะท้อนการสื่อสารเชิงโสตทัศน์ที่สร้างการจดจำและอารมณ์ร่วม

องค์ประกอบการวิเคราะห์	ตัวอย่างเนื้อหาจาก TikTok	ลักษณะการสื่อสารอัตลักษณ์ทางการเมือง
4. การปรับเนื้อหาให้เหมาะกับ TikTok	ใช้ Hook เนื้อหากระชับ เพลงไวรัล เทรนด์ TikTok POV และฟังก์ชัน interactive	สะท้อนความเข้าใจวัฒนธรรมแพลตฟอร์มและการเมืองเชิงการแสดง
5. การสร้างความสัมพันธ์เชิงอารมณ์	ใช้ดนตรี ภาพบรรยากาศ การลงพื้นที่ และการพูดคุยแบบไม่เป็นทางการ	สื่อสารภาพลักษณ์ “พรรคใกล้ชิดประชาชน” ผ่านอารมณ์และความรู้สึกร่วม
6. การมีส่วนร่วมและปฏิสัมพันธ์	กระตุ้นการแสดงความคิดเห็น แชร์ และติดตามกิจกรรมผ่าน QR Code และสื่อสารสองทาง	สะท้อนอัตลักษณ์ “พรรคของประชาชน” ที่เปิดพื้นที่ให้ผู้สนับสนุนมีส่วนร่วม

2.1 รูปแบบการนำเสนอ

ผลการวิจัยพบว่า พรรคประชาชนใช้รูปแบบการนำเสนอเนื้อหาที่หลากหลายเพื่อสื่อสารอัตลักษณ์ทางการเมืองผ่าน TikTok โดยรูปแบบที่ใช้มากที่สุดคือ “การนำเสนอเชิงอธิบายและให้ข้อมูล” คิดเป็นร้อยละ 41.8 (23 คลิป) รองลงมาคือ “การสร้างแรงบันดาลใจและกระตุ้นอารมณ์” ร้อยละ 29.1 และ “การนำเสนอเชิงบันเทิง” ร้อยละ 25.5

รูปแบบดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่า พรรคไม่ได้มุ่งสื่อสารเฉพาะข้อมูลทางการเมือง หากแต่พยายามผสมผสานสาระ ความบันเทิง และอารมณ์เข้าด้วยกัน เพื่อให้สอดคล้องกับวัฒนธรรมของแพลตฟอร์ม TikTok และพฤติกรรมการรับสื่อของผู้ใช้งานรุ่นใหม่ เช่น การใช้เทรนด์ TikTok เพลงไวรัล POV และ meme culture ในการสร้างความน่าสนใจและเพิ่มการมีส่วนร่วมของผู้รับสาร

2.2 ลักษณะการนำเสนอเนื้อหา

ผลการวิเคราะห์พบว่า พรรคประชาชนให้ความสำคัญกับ “การนำเสนอภาพลักษณ์ของพรรคหรือแกนนำ” มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 61.8 (34 คลิป) รองลงมาคือ “การสร้างความใกล้ชิดและการมีส่วนร่วม” ร้อยละ 52.7 และ “เนื้อหาด้านอุดมการณ์และจุดยืนทางการเมือง” ร้อยละ 47.3

ลักษณะเนื้อหาดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่า พรรคใช้ TikTok เป็นพื้นที่ในการสร้าง “อัตลักษณ์ทางการเมือง” ผ่านทั้งภาพลักษณ์ของผู้นำ ความเป็นพรรคของคนรุ่นใหม่ และการสื่อสารจุดยืนทางการเมืองควบคู่กันไป ขณะเดียวกันยังพบการใช้เนื้อหาเชิงวิพากษ์ปัญหาสังคม เช่น ประเด็นแรงงาน การเมือง และรัฐธรรมนูญ เพื่อสร้างภาพลักษณ์ของพรรคที่มีบทบาทในการผลักดันการเปลี่ยนแปลงทางสังคม

2.3. การใช้สื่อประสมในคลิป (Multimedia Usage)

ผลการวิเคราะห์พบว่า พรรคประชาชนมีการใช้ “ข้อความหรือตัวอักษร” มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 98.2 รองลงมาคือ “ภาพวิดีโอ” ร้อยละ 80.0 และ “เสียงหรือดนตรี” ร้อยละ 65.5

การใช้สื่อประสมดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่า พรรคให้ความสำคัญกับการสื่อสารเชิงโสตทัศน์ (audio-visual communication) ซึ่งเป็นลักษณะสำคัญของ TikTok โดยมีการใช้ข้อความบนหน้าจอเพื่อเน้นประเด็นสำคัญ การใช้เพลงไวรัลเพื่อสร้างอารมณ์ร่วม และการใช้ภาพวิดีโอเพื่อเพิ่มความน่าสนใจและการจดจำทางการเมือง นอกจากนี้ ยังพบการใช้ภาพนิ่ง ภาพเคลื่อนไหว และแอนิเมชันเพื่ออธิบายเนื้อหาทางการเมืองให้เข้าใจง่ายและสอดคล้องกับวัฒนธรรมดิจิทัลร่วมสมัย

ตัวอย่างคลิปที่มีการใช้สื่อประสม

2.4. การปรับเนื้อหาให้เหมาะกับ TikTok

ผลการวิเคราะห์พบว่า พรรคประชาชนมีการปรับรูปแบบเนื้อหาให้เหมาะสมกับลักษณะเฉพาะของ TikTok อย่างชัดเจน โดยพบการใช้ “การดึงดูดความสนใจในช่วงต้นคลิป” มากที่สุด ร้อยละ 70.9 รองลงมาคือ “ความกระชับของเนื้อหา” ร้อยละ 63.6 และ “การใช้กระแสหรือฟังก์ชันของ TikTok” ร้อยละ 41.8

พรรคมีการใช้ประโยคเปิดคลิปที่กระตุ้นความสนใจ การใช้เพลงและเสียงไวรัล การใช้ POV และเทรนด์ TikTok รวมถึงการออกแบบเนื้อหาให้กระชับ เข้าใจง่าย และเหมาะกับการรับชมแบบรวดเร็ว นอกจากนี้ ยังพบการกระตุ้นการมีส่วนร่วมของผู้รับสารผ่านการแสดงความคิดเห็น การแชร์เนื้อหา และการใช้ QR Code เพื่อติดตามกิจกรรมหาเสียงแบบ Real-time ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงความเข้าใจในกลไกของแพลตฟอร์มและพฤติกรรมของผู้ใช้งานสื่อดิจิทัลร่วมสมัย

3. ตัวอย่างการวิเคราะห์สื่อประสม

กรณีศึกษา 1 : การสร้างการจดจำทางการเมือง



รูปที่ 1 ตัวอย่างคลิปการหาเสียงเลือกตั้งของพรรคประชาชน

คลิปวิดีโอนี้เผยแพร่วันที่ 1 มกราคม 2569 ในช่วงเทศกาลปีใหม่ นำโดย “เท้ง ณัฐพงษ์” เพื่อสื่อสารความพร้อมในการเข้าสู่สนามเลือกตั้งวันที่ 8 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2569 โดยใช้การเล่าเรื่องที่ผสมผสานระหว่างไลฟ์สไตล์และการรณรงค์ทางการเมือง มีรายละเอียดการวิเคราะห์ดังนี้

ระดับตัวบท (Textual Level) : คลิปนี้ใช้ “ข้อความบนหน้าจอ” (on-screen text) ที่มีใจความว่า “ปีใหม่ ทริปใหม่ หาเสียงใหม่ เพื่อเลือกอนาคตที่ดีกว่า” ปรากฏด้วยตัวอักษรสีขาวขนาดใหญ่บนพื้นหลังสีส้มในช่วง 3 วินาทีแรกของคลิป เป็นจุดดึงดูดสายตา (Hook) เพื่อสร้างการรับรู้ถึงการเริ่มต้นใหม่และการก้าวเข้าสู่โหมดหาเสียง

1. การวิเคราะห์ภาพ

1.1 การใช้สีและสัญลักษณ์: ตรวจสอบการใช้ “สีส้ม” และ “โลโก้พรรค” ที่ปรากฏในคลิป รวมถึงการแต่งกาย (เช่น เสื้อแจ็กเก็ตพรรค) ซึ่งแหล่งข้อมูลระบุว่าเป็นกลยุทธ์สำคัญในการสร้างแบรนด์พรรคการเมืองยุคดิจิทัล

1.2 การจัดวางองค์ประกอบภาพ (Visual Composition) : วิเคราะห์การใช้มุมกล้องระยะใกล้ (Close-up) หรือการถ่ายทำลักษณะ Vlog โดย “เท้ง ณัฐพงษ์” เพื่อสร้างความรู้สึกเสมือนผู้ชมได้ติดตามชีวิตประจำวันของนักการเมืองอย่างใกล้ชิด การใช้ภาพ close-up ร่วมกับภาษาพูดแบบไม่เป็นทางการและการถ่ายทำลักษณะ Vlog ช่วยสร้างภาพลักษณ์ของ “นักการเมืองที่เข้าถึงง่าย” ซึ่งแตกต่างจากภาพตัวแทนของนักการเมืองแบบดั้งเดิมที่มักสื่อสารผ่านเวทีปราศรัยหรือสื่อกระแสหลัก

2. การวิเคราะห์ทางเสียง

Audio : คลิปนี้ใช้ “Original sound - พรรคประชาชน” การใช้เสียงที่เป็นเอกลักษณ์ของพรรคเอง (แทนที่จะเป็นเพลงไวรัลทั่วไป) สะท้อนถึงความพยายามสร้างอัตลักษณ์เฉพาะตัวและการเป็น “พรรคการเมืองดิจิทัล” ที่ผลิตเนื้อหาเอง (UGC)

ภาษาพูดกึ่งทางการ : สะท้อนการเลือกใช้คำพูดของแกนนำ เช่น การใช้คำว่า “ทุกคน” หรือ “พวกเรา” เพื่อสร้างความรู้สึกเป็นชุมชนเดียวกันและลดระยะห่างเชิงอำนาจตามแนวคิด Influencer-politician

3. การวิเคราะห์เทคนิคการตัดต่อและตรรกะแพลตฟอร์ม

จังหวะการตัดต่อ (Jump Cut Editing) : พรรคใช้การตัดต่อที่รวดเร็วเพื่อดึงดูดความสนใจในช่วง 3–5 วินาทีแรก มีการใช้กราฟฟิคตัวอักษร (Font) ที่ช่วยย้ำความหมายของภาพและเสียงอยู่เป็นระยะ และตัวอักษรที่เน้นเนื้อหาว่า “8 กุมภา กา 46” ในขนาดที่โดดเด่นเห็นชัด มีสัมแทนสีของพรรค เป็นการขับเน้นที่สอดคล้องกับคำพูดของแกนนำในคลิป อีกทั้งมีการใช้ภาพ close-up สีหน้าและปฏิกิริยาของประชาชน ยังช่วยสร้างความรู้สึกว่า พรรคมีความเชื่อมโยงกับปัญหาชีวิ ตจริงของผู้คน

ระดับวัฒนธรรมดิจิทัล คลิปดังกล่าวสะท้อนการปรับตัวของพรรคประชาชนต่อ “ตรรกะของแพลตฟอร์ม” (Platform Logic) ของ TikTok ที่ให้ความสำคัญกับการดึงดูดความสนใจในช่วง 3–5 วินาทีแรก ผ่านการใช้ hook เพลงไวรัล และเนื้อหาที่กระชับรวดเร็ว ขณะเดียวกัน การจัดวางภาพและการเล่าเรื่องในลักษณะคล้ายคอนเทนต์ของ influencer ยังสะท้อนลักษณะของ “การเมืองเชิงการแสดง” (Performative Politics) ที่นักการเมืองต้องแข่งขันกันในด้านการมองเห็นและการมีส่วนร่วม มากกว่าการนำเสนอนโยบายเพียงอย่างเดียว

กรณีศึกษา 2 : การใช้ Hook และวัฒนธรรมไวรัลบน TikTok

ตัวอย่างจากคลิป “ความหวังจากประชาชน: ร่วมเปลี่ยนแปลงประเทศ” (วันที่ 31 มกราคม 2569)

ระดับตัวบท : คลิปมีการใช้คำโปรย (Caption) ที่ทรงพลังว่า “เพราะเรามี *#ประชาชน เป็นเชื้อไฟ รถคันนี้ขนความหวังความฝันของทุกคนไว้ เราไปกันต่อ*” ซึ่งเป็นการใช้ วาทกรรมทางการเมือง ที่เชื่อมโยงพรรคเข้ากับอารมณ์ความรู้สึกของประชาชน นอกจากนี้ยังระบุหมายเลขพรรค “กา 46” อย่างชัดเจนเพื่อสร้างการจดจำเชิงปฏิบัติ ใส่ใน 3 วินาทีแรกของคลิป

1. การวิเคราะห์ภาพ : ใช้อัตลักษณ์เชิงภาพผ่านสีส้มและสัญลักษณ์ของพรรคเพื่อสร้าง แบรนด์ทางการเมืองยุคดิจิทัล ภาพของรถหาเสียงที่ระดมพลประชาชนสะท้อนถึงอัตลักษณ์ความเป็น “พรรคของประชาชน” ที่ทำงานในพื้นที่จริง

2. การวิเคราะห์เสียง : ใช้ “เสียงต้นฉบับ” (Original sound) ซึ่งเป็นเทคนิคที่พบจำนวนมาก เพื่อสร้างความรู้สึกเป็นกันเองและลดความเป็นทางการ มีการใช้เสียงดนตรีช่วยสร้างจังหวะที่เร่งเร้าและเสริมอารมณ์ร่วมให้กับสารที่สื่อออกไป

3. เทคนิคการตัดต่อ : มีการใช้การตัดต่อแบบรวดเร็ว (Jump cut editing) เข้าท่อนและการใส่ข้อความประกอบบนหน้าจอ (On-screen text) ซึ่งเป็นรูปแบบหลักที่พรรคประชาชนบ่อยครั้ง เพื่อให้สารทางการเมืองเข้าใจง่ายและเหมาะกับการรับชมแบบรวดเร็วบน TikTok สะท้อนการสร้าง “อารมณ์ร่วม” สื่อถึงการมีความหวังและการเปลี่ยนแปลง ให้กลายเป็นกลไกหลักในการรวมตัวทางการเมืองบนโลกออนไลน์

ระดับวัฒนธรรมดิจิทัล คลิปดังกล่าวสะท้อนการเมืองเชิงการแสดง (Performative Politics) : แทนที่จะเป็นการถกเถียงเชิงนโยบายที่ซับซ้อน คลิปนี้ใช้วัฒนธรรมไวรัลและการเล่าเรื่องสั้นเพื่อสร้างประสบการณ์ร่วมกันระหว่างพรรคกับประชาชน เปลี่ยนภาพลักษณ์จากพรรคที่เน้นเหตุผลไปสู่การเป็น “นักการเมืองแบบอินฟลูเอนเซอร์” ที่เข้าถึงง่ายและเป็นพวกเดียวกับคนรุ่นใหม่

การอภิปรายผล

ผลการวิจัยสะท้อนให้เห็นว่า TikTok ไม่ได้ทำหน้าที่เพียงเป็น “ช่องทางเผยแพร่สารทางการเมือง” หากแต่กลายเป็น “พื้นที่ในการประกอบสร้างอัตลักษณ์ทางการเมือง” ของพรรคประชาชนภายใต้บริบทการเมืองดิจิทัลร่วมสมัย โดยพรรคไม่ได้แข่งขันกันเพียงในระดับนโยบายหรืออุดมการณ์ แต่ยังแข่งขันกันในระดับที่เน้นการสร้างความสนใจเชิงเศรษฐกิจ ผ่านวัฒนธรรมไวรัล (viral culture) และระบบอัลกอริธึมของแพลตฟอร์มที่มีบทบาทต่อการมองเห็นของเนื้อหาอย่างมีนัยสำคัญ สอดคล้องกับแนวคิดของ McNair (2011) ที่มองว่าการสื่อสารทางการเมืองร่วมสมัยเกี่ยวข้องกับการสร้างภาพลักษณ์ สัญลักษณ์ และความหมายทางการเมืองในพื้นที่สาธารณะ มากกว่าการสื่อสารเชิงนโยบายเพียงอย่างเดียว ทั้งนี้ยังสอดคล้องกับงานของ ทั้งยังสอดคล้องกับงานของ Febriana และ Rahman (2024) ที่เสนอว่า TikTok ได้กลายเป็นพื้นที่สำคัญในการกำหนดวาทกรรมการเลือกตั้งในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ผ่านอำนาจของวัฒนธรรมไวรัล อารมณ์ และกลไกอัลกอริทึมที่ช่วยขยายการมองเห็นของเนื้อหาทางการเมือง

นอกจากนี้ ผลการศึกษายังสอดคล้องกับงานของ ศุภกร เชิดชูธีรกุล และสมบูรณ์ สุขสำราญ (2568) ที่พบว่า พรรคก้าวไกลเคยใช้ TikTok และสื่อสังคมออนไลน์เป็นเครื่องมือสำคัญในการเข้าถึงผู้มีสิทธิเลือกตั้งรุ่นใหม่ โดยเฉพาะเยาวชนและผู้ใช้สิทธิเลือกตั้งครั้งแรก ผ่านการสื่อสารแบบสองทางที่เปิดโอกาสให้ประชาชนมีส่วนร่วม แสดงความคิดเห็น และแลกเปลี่ยนข้อมูลข่าวสารทางการเมืองได้อย่างเสรี ทั้งยังสะท้อนว่า “พื้นที่การเมืองดิจิทัล” ไม่ได้เป็นเพียงพื้นที่เผยแพร่สาร แต่เป็นพื้นที่ที่พรรคการเมืองใช้ในการสร้างตัวตน ความใกล้ชิด และความรู้สึกร่วมกับประชาชนอย่างต่อเนื่อง

ผลการศึกษายังพบว่า พรรคประชาชนใช้การผสมระหว่าง “อารมณ์” และ “วัฒนธรรมดิจิทัล” เป็นกลไกสำคัญในการสร้างความสัมพันธ์กับผู้รับสาร ผ่านการใช้เพลงไวรัล meme POV คลิปบรรยากาศ และการสื่อสารแบบไม่เป็นทางการ ซึ่งสะท้อนการเปลี่ยนผ่านจาก “การเมืองเชิงเหตุผล” (rational politics) ไปสู่ “การเมืองเชิงอารมณ์” (emotional politics) อย่างชัดเจน สอดคล้องกับแนวคิดของ Papacharissi (2015) เรื่อง affective publics ที่อธิบายว่า อารมณ์ได้กลายเป็นองค์ประกอบสำคัญของการรวมตัวทางการเมืองในโลกออนไลน์ ในบริบทไทย ผลการศึกษาสอดคล้องกับงานของ ณัฐฐา แจ้งอักษร (2568) ที่เสนอว่า การเมืองเชิงอัตลักษณ์และวัฒนธรรมการมีส่วนร่วมในสังคมไทยกำลังขยายตัวจากพื้นที่การเมืองแบบดั้งเดิมไปสู่โลกดิจิทัล ซึ่งเปิดโอกาสให้เยาวชนและประชาชนใช้สื่อออนไลน์ในการสร้างตัวตนและต่อรองความหมายทางการเมืองมากขึ้น ประเด็นดังกล่าวสะท้อนว่า TikTok ไม่ได้เป็นเพียงพื้นที่ของ “ความบันเทิง” แต่กลายเป็นพื้นที่ที่อารมณ์ วัฒนธรรมสมัยนิยม และสารทางการเมืองถูกผสมผสานเข้าด้วยกัน จนทำให้การเมืองร่วมสมัยมีลักษณะเป็น “การเมืองเชิงการแสดง” (performative politics) มากขึ้น สอดคล้องกับงานของ นภัสวรรณ รักษาใจ และพิชญ์ พงษ์สวัสดิ์ (2566) ที่ชี้ว่า TikTok ถูกใช้เป็นพื้นที่ในการวิพากษ์วิจารณ์รัฐบาลผ่านอารมณ์ขัน การล้อเลียน และวัฒนธรรมสมัยนิยม โดยผู้ใช้งานจำนวนมากใช้ meme เพลงไวรัล การลิปซิงค์ และคลิปสั้นในการสื่อสารสารทางการเมืองแทนการอภิปรายเชิงเหตุผลแบบดั้งเดิม

นอกจากนี้ การที่พรรคประชาชนให้ความสำคัญกับการนำเสนอภาพลักษณ์ของแกนนำพรรคและการสร้างความใกล้ชิดกับประชาชนในสัดส่วนสูง ยังสะท้อนการก่อตัวของ “นักการเมืองแบบอินฟลูเอนเซอร์” (influencer-politician) ที่ลดความเป็นทางการของนักการเมืองแบบดั้งเดิม และหันมาใช้การสื่อสารแบบ conversational communication หรือการพูดคุยเสมือนเพื่อนกับผู้ชม ลักษณะดังกล่าวสอดคล้องกับงานของ Cervi and Marín-Lladó (2021) ที่เสนอว่า TikTok ได้เปลี่ยนนักการเมืองให้กลายเป็นคนที่มี “บุคลิกสาธารณะ” (public persona) ที่ต้องแข่งขันกันทั้งด้านนโยบาย บุคลิกภาพ และความสามารถในการสร้างการมีส่วนร่วมบนแพลตฟอร์ม ขณะเดียวกัน อีกทั้งยังเชื่อมโยงกับงานของ สุชีรา สามกษัตริย์ (2563) ที่ชี้ว่า ภาพลักษณ์ บุคลิกภาพ และวิธีการสื่อสารของผู้นำทางการเมืองมีผลอย่างมากต่อการรับรู้และการยอมรับของประชาชน

ซึ่งสะท้อนว่า การเมืองในยุคดิจิทัลไม่ได้แข่งขันกันเพียงด้านนโยบาย แต่ยังแข่งขันกันในระดับ “บุคลิกภาพทางการเมือง” และ “ความสามารถในการสร้างตัวตน” บนสื่อออนไลน์ด้วย

อย่างไรก็ตาม แม้ TikTok จะเปิดพื้นที่ให้ประชาชนสามารถมีส่วนร่วม แสดงความคิดเห็น แชร์ หรือ ผสมผสานเนื้อหาทางการเมืองได้อย่างกว้างขวาง แต่ผลการศึกษายังสะท้อนความย้อนแย้งสำคัญว่า การเมืองบน TikTok อาจกำลังเปลี่ยนจาก “พื้นที่ถกเถียงเชิงเหตุผล” ตามแนวคิดของ Habermas (1989) ไปสู่ “พื้นที่ของการแสดงตัวตน” และ “การแข่งขันเพื่อสร้างไวรัล” ภายใต้ตรรกะของการเรียกร้องความสนใจในโลกดิจิทัล ประเด็นดังกล่าวสอดคล้องกับแนวคิดของ van Dijck (2013) ที่อธิบายว่า สื่อสังคมออนไลน์มิได้เป็นพื้นที่สาธารณะที่เป็นกลาง หากแต่เป็น “platform society” ที่อัลกอริธึมมีบทบาทในการกำหนดการมองเห็นและการกระจายตัวของข้อมูล กล่าวคือ เนื้อหาที่ได้รับความนิยมสูงอาจไม่ใช่เนื้อหาที่มีสาระมากที่สุด แต่เป็นเนื้อหาที่สามารถกระตุ้นอารมณ์ สร้างไวรัล และดึงดูดการมีส่วนร่วม (engagement) ได้ดีที่สุด

ในบริบทไทย ประเด็นนี้สอดคล้องกับงานของ นภาภรณ์ พิพัฒน์ และคณะ (2557) ที่อธิบายว่า เทคโนโลยีการสื่อสารร่วมสมัยได้ทำให้การสื่อสารทางการเมืองมีลักษณะเป็น “การบูรณาการสื่อ” (integrated media communication) และเปิดโอกาสให้ผู้รับสารกลายเป็นผู้ส่งสารได้พร้อมกัน อย่างไรก็ตาม เมื่อการเมืองต้องดำรงอยู่ภายใต้ตรรกะของแพลตฟอร์มและวัฒนธรรมไวรัล จึงอาจทำให้สารทางการเมืองถูกลดทอนเหลือเพียง “คอนเทนต์เพื่อการมองเห็น” มากกว่าพื้นที่อภิปรายสาธารณะเชิงเหตุผล

ผลการศึกษายังสะท้อนว่า อัตลักษณ์ทางการเมืองในยุคดิจิทัลไม่ได้ถูกสร้างผ่านอุดมการณ์ที่มั่นคงเพียงอย่างเดียว หากแต่มีลักษณะ “ลื่นไหล” และถูกประกอบสร้างใหม่อยู่ตลอดเวลา ผ่านวัฒนธรรม meme ภาษาออนไลน์ และการสื่อสารแบบสั้น สอดคล้องกับงานของ ณัฐฐา แจ้งอักษร (2568) ยังชี้ว่า วัฒนธรรมการมีส่วนร่วมในโลกดิจิทัลได้ทำให้อัตลักษณ์ทางการเมืองของคนรุ่นใหม่มีลักษณะเปิดกว้าง ลื่นไหล และพร้อมต่อรองกับอำนาจรัฐมากขึ้น ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงเสนอว่า TikTok ไม่ควรถูกมองเพียงในฐานะ “เครื่องมือหาเสียง” แต่ควรถูกทำความเข้าใจในฐานะ “พื้นที่ต่อรองอัตลักษณ์ทางการเมือง” ที่พรรคการเมือง ประชาชน วัฒนธรรมไวรัล และอัลกอริธึมของแพลตฟอร์ม ต่างมีบทบาทร่วมกันในการกำหนดความหมายของการเมืองร่วมสมัย ภายใต้บริบทที่การเมือง วัฒนธรรมดิจิทัล และการเรียกร้องความสนใจได้หลอมรวมเข้าหากันอย่างแยกไม่ออก

บทสรุป

ผลการวิจัยพบว่า พรรคประชาชนใช้ TikTok เป็นพื้นที่สำคัญในการสื่อสารอัตลักษณ์ทางการเมืองช่วงการหาเสียงเลือกตั้ง ปี พ.ศ. 2569 ผ่าน 4 มิติหลัก ได้แก่ อัตลักษณ์ด้านภาพลักษณ์และแบรนด์ทางการเมือง อุดมการณ์ บุคลิกภาพการสื่อสาร และการมีส่วนร่วมของเครือข่าย โดยมุ่งสร้างภาพลักษณ์ “ผู้นำรุ่นใหม่” และ “พรรคการเมืองดิจิทัล” ผ่านการสื่อสารที่เข้าถึงง่ายและสอดคล้องกับวัฒนธรรมของแพลตฟอร์ม นอกจากนี้ พรรคยังใช้รูปแบบการนำเสนอที่ผสมผสานระหว่างการให้ข้อมูล การสร้างแรงบันดาลใจ และความบันเทิง ผ่านข้อความ ภาพวิดีโอ เสียง ดนตรีไวรัล meme เทคนิคการเล่าเรื่องแบบสั้น การใช้ Hook และการเล่นตามกระแส เพื่อกระตุ้นการมีส่วนร่วมของผู้ใช้งาน โดยเฉพาะกลุ่มคนรุ่นใหม่

โดยสรุป พรรคประชาชนสะท้อนการเปลี่ยนผ่านจาก “การเมืองเชิงเหตุผล” (Rational Politics) ไปสู่ “การเมืองเชิงการแสดง” (Performative Politics) ที่ใช้วัฒนธรรมไวรัล อารมณ์ และตรรกะของแพลตฟอร์มดิจิทัลเป็นกลไกสำคัญในการสร้างการมองเห็น การมีส่วนร่วม และความรู้สึกร่วมทางการเมือง ซึ่งสะท้อนการเปลี่ยนแปลงของภูมิทัศน์การสื่อสารการเมืองไทยในยุคดิจิทัลอย่างชัดเจน

ข้อเสนอแนะเชิงนโยบายและเชิงปฏิบัติ

1. พรรคการเมืองควรพัฒนารูปแบบการสื่อสารที่สอดคล้องกับวัฒนธรรมของ TikTok โดยใช้เนื้อหาที่กระชับ เข้าใจง่าย และสร้างการมีส่วนร่วมกับคนรุ่นใหม่ผ่านภาพ เสียง และวัฒนธรรมไวรัล

2. หน่วยงานด้านสื่อและการศึกษาควรส่งเสริมการรู้เท่าทันสื่อดิจิทัลทางการเมือง เพื่อให้ประชาชนสามารถวิเคราะห์ข่าวสารและเนื้อหาทางการเมืองบนสื่อสังคมออนไลน์ได้อย่างมีวิจารณญาณ

3. พรรคการเมืองควรตระหนักถึงผลกระทบของอัลกอริทึมและวัฒนธรรมไวรัล โดยไม่มุ่งเน้นเพียงการสร้างกระแสหรือยอดการเข้าถึง แต่ควรคำนึงถึงคุณภาพของสารทางการเมืองและความรับผิดชอบต่อสังคมร่วมด้วย

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรศึกษาการสื่อสารทางการเมืองบน TikTok แบบเปรียบเทียบระหว่างหลายพรรคการเมือง เพื่อให้เห็นความแตกต่างด้านกลยุทธ์และการสร้างอัตลักษณ์ทางการเมือง

2. ควรศึกษาผลกระทบของเนื้อหาทางการเมืองบน TikTok ต่อทัศนคติและพฤติกรรมทางการเมืองของผู้รับสาร โดยเฉพาะกลุ่มเยาวชนและผู้มีสิทธิเลือกตั้งครั้งแรก

3. ควรศึกษาบทบาทของอัลกอริทึม TikTok และวัฒนธรรมไวรัลต่อการกำหนดวาระสาธารณะและการสร้างการมีส่วนร่วมทางการเมืองในยุคดิจิทัลร่วมสมัย

เอกสารอ้างอิง

ณัฐฐา แจ้งอักษร. (2568). การเมืองเชิงอัตลักษณ์และความเปลี่ยนแปลงของวัฒนธรรมการมีส่วนร่วมในสังคมไทย. วารสารนวัตกรรมสังคมศาสตร์. 2(4): 26–39.

นภาภรณ์ พิพัฒน์, และคณะ. (2557). เทคโนโลยีการสื่อสารกับการเปลี่ยนแปลงทางการเมือง. วารสารมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต. 9(16–17): 99–119

นภัสวรรณ รักษาใจ, และ พิชญ์ พงษ์สวัสดิ์. (2566). การสื่อสารทางการเมืองผ่าน TikTok เพื่อการต่อต้านรัฐบาล บนโลกออนไลน์ ช่วงปี 2563 - 2564. วารสารการบริหารปกครอง มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์. 12(2): 35–68

นนทรัตน์ สุวรรณพงศ์. (2563). กลยุทธ์การสื่อสารทางสื่อสังคมออนไลน์ของพรรคการเมือง ในการเลือกตั้งทั่วไป พ.ศ. 2562 . การค้นคว้าอิสระปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

นันท์นภัส อติเวศย์อังกูร. (2567). การสื่อสารทางการเมืองผ่านเฟซบุ๊กพรรคเพื่อไทย . ดุษฎีนิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิต, มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

พิชญ์ พงษ์สวัสดิ์ (2562). ประชาธิปไตยไซเบอร์กับการพัฒนาคุณค่าของประชาธิปไตยในประเทศไทย. วารสารด้านการบริหารรัฐกิจและการเมือง. 8(3): 168–188.

ศุภกร เชิดชูธีรกุล และ สมบูรณ์ สุขสำราญ. (2568). กลยุทธ์การสื่อสารทางการเมืองผ่านสื่อสังคมออนไลน์ของพรรคก้าวไกล. วารสาร มจร การพัฒนาสังคม. 10(1): 102–112.

สุชีรา สามกษัตริย์. (2563). อัตลักษณ์ทางการเมืองของนายกรัฐมนตรีไทยกับการรับรู้ของประชาชน. วารสารการบริการการพัฒนา. 10(1): 117–127.

อภิชาติ สถิตนิรามัย และคณะ. (2560). สองนครา ประชาธิปไตยกับพลวัตการเมืองไทยร่วมสมัย. สำนักพิมพ์ฟ้าเดียวกัน

อัจฉรียา ประสิทธิ์วงศา และ อัจฉรา ปัณฑรานุวงศ์. (2563). การสื่อสารการเมืองผ่านสื่อสังคมออนไลน์: รูปแบบและจุดจูงใจในเนื้อหาสารบนเฟซบุ๊กและทวิตเตอร์ของพรรคอนาคตใหม่ กับการมีส่วนร่วมทางการเมืองของเจเนอเรชั่นซี. สังคมศาสตร์. 32(2): 159–192.

Ali, M., Soomro, F., and Chhachhar, A. R. (2024). Usage of TikTok for political communication: A systematic literature review. Global Mass Communication Review. IX(I): 115–123.

Anderson, B. (1983). Imagined communities: Reflections on the origin and spread of nationalism. Verso

Berlo, D. K. (1960). The process of communication: An introduction to theory and practice. Holt, Rinehart and Winston

Cervi, L., Tejedor, S. and García Blesa, F. (2023). TikTok and political communication: The latest frontier of politainment? A case study. Media and Communication. 11(2): 203–217.

Cervi, L and Marín-Lladó, C. (2021). What are political parties doing on TikTok? The Spanish case. Profesional de la Información. 30(4): 1–13

Chadwick, A. (2013). The hybrid media system: Politics and power. Oxford University Press

Febriana, A. I. D. F., and Rahman, S. (2024). Viral politics and platform power: TikTok's role in shaping electoral discourse in Southeast Asia. Communica: Journal of Communication. 2(1): 28–40.

Fukuyama, F. (2018). Identity: The demand for dignity and the politics of resentment. Farrar, Straus and Giroux

Habermas, J. (1989). The structural transformation of the public sphere: An inquiry into a category of bourgeois society (T. Burger, Trans.). MIT Press. (Original work published 1962)

Hung, L. T. (2022). Tiktok content in communication strategy: Politics of the 15th general election in Malaysia. Higher Education and Oriental Studies. 2(6): 24–33.

Kaye, D. B. V., Chen, X. and Zeng, J. (2021). The co-evolution of two Chinese mobile short video apps: Parallel platformization of Douyin and TikTok. Mobile Media & Communication. 9(2): 229–253

Laclau, E. and Mouffe, C. (1985). Hegemony and socialist strategy: Towards a radical democratic politics. Verso

McNair, B. (2011). An introduction to political communication (5th ed.). Routledge

Papacharissi, Z. (2015). Affective publics: Sentiment, technology, and politics. Oxford University Press

Tajfel, H., and Turner, J. C. (1979). An integrative theory of intergroup conflict. In W. G. Austin & S. Worchel (Eds.), The social psychology of intergroup relations (pp. 33–47) .

van Dijck, J. (2013). The culture of connectivity: A critical history of social media. Oxford University Press.

ปัญญาประดิษฐ์กับการเปลี่ยนแปลงห่วงโซ่อุปทานในบริบทธุรกิจจีน-อาเซียน: การทบทวนวรรณกรรมเชิงระบบ

Artificial Intelligence and supply chain transformation in the China-ASEAN business context: a systematic literature review

กัญญทอง หรดาล[1*] พรชณิตว์ แก้วเนตร[2] ธัญรดา ชุนถนอม[1] เฉา ซือหยวน[1] และเหลียง ชูหง[3]
Kanyathong Horadal[1*], Pornchanit Kaew-nate[2], Thanrada Chunthanom[1] , Cao Siyuan[1] and Liang Shu[3]

[1]คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต กรุงเทพมหานคร*
[2]โรงเรียนการท่องเที่ยวและการบริการ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต กรุงเทพมหานคร
[3]Faculty of Economics, Guangxi University, People's Republic of China
[*]Corresponding Author E-mail Address : kanyathong_hor@dusit.ac.th

บทคัดย่อ

การทบทวนวรรณกรรมเชิงระบบฉบับนี้มุ่งสังเคราะห์งานวิจัยเกี่ยวกับผลกระทบทางเศรษฐกิจของการบูรณาการปัญญาประดิษฐ์ในการจัดการห่วงโซ่อุปทานต่อประสิทธิภาพต้นทุนและพลวัตการค้าในบริบทธุรกิจจีน-อาเซียน การศึกษาดำเนินการค้นหาวรรณกรรมครอบคลุมช่วงปี ค.ศ. 2018 ถึง 2025 จากฐานข้อมูลวิชาการชั้นนำ ได้แก่ Scopus, Web of Science, Google Scholar และ EBSCO โดยใช้การสืบค้นเชิงอ้างอิงแบบสองทิศทางร่วมกับการค้นหาเชิงคำสำคัญในสาขาปัญญาประดิษฐ์ การจัดการห่วงโซ่อุปทาน และบริบทจีน-อาเซียน จากบทความที่ค้นพบทั้งสิ้น 106 บทความ หลังการประเมินความเกี่ยวข้องและคุณภาพตามเกณฑ์การคัดเลือกและตัดออกที่กำหนดไว้ล่วงหน้า คัดเลือกบทความที่มีความเกี่ยวข้องสูงจำนวน 50 บทความเพื่อการสังเคราะห์เชิงลึก ครอบคลุมงานวิจัยเชิงปริมาณ เชิงคุณภาพ และแบบผสมผสานจากบริบทจีนและอาเซียน โดยมีกรอบแนวคิดที่บูรณาการทฤษฎีฐานทรัพยากรและทฤษฎีความสามารถพลวัตเป็นแกนหลัก

ผลการสังเคราะห์ยืนยันว่าปัญญาประดิษฐ์มีศักยภาพเชิงกลยุทธ์ใน 3 มิติหลัก ดังนี้ (1) จากการทบทวนวรรณกรรมระดับสากลพบว่าการนำปัญญาประดิษฐ์มาประยุกต์ใช้สามารถลดต้นทุนการดำเนินงานได้ในช่วงร้อยละ 15 ถึง 30 ผ่านการเรียนรู้ของเครื่อง การวิเคราะห์เชิงพยากรณ์ และระบบอัตโนมัติทางกระบวนการด้วยหุ่นยนต์ อย่างไรก็ตาม ในบริบทจีน-อาเซียนตัวเลขดังกล่าวอาจผันแปรตามความพร้อมของโครงสร้างพื้นฐานดิจิทัลในแต่ละประเทศสมาชิก (2) การยกระดับความแม่นยำในการพยากรณ์ความต้องการและการตัดสินใจแบบทันเวลาจริง โดยการบูรณาการพหุเทคโนโลยีให้ผลเสริมฤทธิ์สูงกว่าการใช้เทคโนโลยีเพียงชนิดเดียว และ (3) การสร้างความยืดหยุ่นเชิงกลยุทธ์ท่ามกลางความผันผวนของภาษีศุลกากรและความไม่แน่นอนทางภูมิรัฐศาสตร์ ผ่านแบบจำลองดิจิทัลคู่ขนาน และการวางแผนตามสถานการณ์จำลอง การบรรลุประโยชน์เต็มรูปแบบขึ้นอยู่กับความพร้อมของโครงสร้างพื้นฐานดิจิทัล กรอบกฎระเบียบที่เอื้ออำนวย และความร่วมมือระดับภูมิภาคในกรอบความตกลงหุ้นส่วนทางเศรษฐกิจระดับภูมิภาค งานวิจัยในอนาคตควรมุ่งพัฒนาแบบจำลองแนวคิดแบบรวมที่บูรณาการมิติทางเทคโนโลยี เศรษฐศาสตร์ และนโยบายไว้ในกรอบเดียวกัน เพื่อชี้นำการออกแบบห่วงโซ่อุปทานที่ขับเคลื่อนด้วยปัญญาประดิษฐ์อย่างยั่งยืนในบริบทธุรกิจจีน-อาเซียน

คำสำคัญ: ปัญญาประดิษฐ์ ห่วงโซ่อุปทาน การเปลี่ยนแปลงดิจิทัล ธุรกิจจีน-อาเซียน การทบทวนวรรณกรรมเชิงระบบ

Abstract

This systematic literature review synthesizes research on the economic impacts of artificial intelligence (AI) integration in supply chain management (SCM) on cost efficiency and trade dynamics in the China-ASEAN business context. The study retrieved literature spanning the period 2018 to 2025 from leading academic databases, including Scopus, Web of Science, Google Scholar, and EBSCO, employing bidirectional citation chaining in conjunction with keyword-based searches across the domains of artificial intelligence, supply chain management, and the China-ASEAN context. From an initial pool of 106 identified articles, 50 highly relevant studies were selected for in-depth synthesis following rigorous evaluation against pre-established inclusion and exclusion criteria. The selected corpus encompasses quantitative, qualitative, and mixed-methods research from both Chinese and ASEAN contexts, anchored by a conceptual framework that integrates the Resource-Based View and Dynamic Capabilities Theory.

Synthesized evidence confirms that AI exerts transformative strategic potential across three principal dimensions: (1) evidence from the international literature indicates that AI adoption can reduce operational costs by 15 to 30 percent through machine learning, predictive analytics, and robotic process automation; however, these figures may vary considerably within the China-ASEAN context depending on the digital infrastructure readiness of individual member states; (2) enhanced demand forecasting accuracy and real-time decision-making, where multi-technology integration consistently yields superior synergistic outcomes compared to single-technology deployment; and (3) strategic resilience against tariff volatility and geopolitical uncertainty through digital twin models and scenario planning. Full realization of these benefits is contingent upon digital infrastructure readiness, enabling regulatory frameworks, and regional cooperation under the Regional Comprehensive Economic Partnership (RCEP). Future research should develop unified conceptual models that integrate technological, economic, and policy dimensions within a single analytical framework to guide the sustainable design of AI-driven supply chains in the China-ASEAN business environment.

Keywords: Artificial Intelligence, Supply Chain, Digital Transformation, China-ASEAN Business, Systematic Literature Review

บทนำ

ในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา การจัดการห่วงโซ่อุปทาน (Supply Chain Management: SCM) ในภูมิภาคจีน-อาเซียนได้รับแรงผลักดันอย่างมีนัยสำคัญจากสองกระแสหลักที่เสริมกัน ได้แก่ การขยายตัวของการค้าระดับภูมิภาคและการเติบโตของนวัตกรรมดิจิทัลที่ต่อเนื่อง ในระดับโลก ตลาดปัญญาประดิษฐ์ในห่วงโซ่อุปทานมีการคาดการณ์ว่าจะเติบโตในอัตราเฉลี่ยต่อปีแบบทบต้น (Compound Annual Growth Rate: CAGR) ร้อยละ 24.3 โดยขยายตัวจากมูลค่า 4,800 ล้านดอลลาร์สหรัฐในปี ค.ศ. 2023 ไปสู่ 14,300 ล้านดอลลาร์สหรัฐภายในปี ค.ศ. 2028 (Verified Market Research, 2022)

ในระดับภูมิภาค บริบทจีน-อาเซียนมีความสำคัญเป็นพิเศษด้วยเหตุผล 3 ประการ ประการแรก มูลค่าการค้าทวิภาคีระหว่างจีนและอาเซียนเติบโตต่อเนื่องจนแตะระดับ 975,300 ล้านดอลลาร์สหรัฐในปี ค.ศ. 2023 (ASEAN Secretariat, 2024) สะท้อนให้เห็นถึงการพึ่งพากันเชิงเศรษฐกิจที่ลึกซึ้งยิ่งขึ้น ประการที่สอง ภูมิภาคอาเซียนได้กำหนดให้การลงทุนด้านดิจิทัลและปัญญาประดิษฐ์เป็นวาระเชิงกลยุทธ์ระดับภูมิภาคในกรอบ ASEAN Digital Masterplan 2025 โดยมีมูลค่าการลงทุนด้านดิจิทัลในอาเซียนสูงถึง 150,000 ล้านดอลลาร์สหรัฐในช่วงปี ค.ศ. 2020 ถึง 2025 (Google, Temasek & Bain, 2023) ประการที่สาม ภูมิภาคนี้มีลักษณะเชิงสถาบันที่ซับซ้อนและหลากหลาย ทั้งในด้านความพร้อมของโครงสร้างพื้นฐาน กรอบกฎระเบียบ และระดับการพัฒนาดิจิทัลที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในแต่ละประเทศสมาชิก ปัจจัยดังกล่าวโดยรวมก่อให้เกิดความจำเป็นเร่งด่วนในการสังเคราะห์องค์ความรู้ที่มีความจำเพาะต่อบริบทของภูมิภาค เพื่อให้สามารถชี้นำการออกแบบห่วงโซ่อุปทานที่ขับเคลื่อนด้วยปัญญาประดิษฐ์ได้อย่างมีประสิทธิผลและยั่งยืน

ศักยภาพของปัญญาประดิษฐ์ครอบคลุมสามมิติหลักที่มีผลต่อประสิทธิภาพของห่วงโซ่อุปทาน ได้แก่ การยกระดับความแม่นยำในการคาดการณ์ความต้องการ การเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการโลจิสติกส์ข้ามพรมแดน และการจัดการความเสี่ยงในห่วงโซ่อุปทานระหว่างประเทศ ความสามารถดังกล่าวก่อให้เกิดความต้องการเร่งด่วนในการทำความเข้าใจผลกระทบทั้งระดับจุลภาคและมหภาคต่อโครงสร้างต้นทุนและพลวัตการค้า อย่างไรก็ตาม แม้จะมีงานวิจัยจำนวนมากในสาขานี้ แต่วรรณกรรมที่มีอยู่ยังขาดการสังเคราะห์องค์ความรู้ที่เจาะจงในบริบทการค้าจีน-อาเซียน ซึ่งมีลักษณะเฉพาะที่ซับซ้อนทั้งในด้านความพร้อมของโครงสร้างพื้นฐาน กรอบกฎระเบียบ และระดับการพัฒนาดิจิทัลที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในแต่ละประเทศสมาชิกอาเซียน

บทความฉบับนี้อาศัยกรอบแนวคิดแบบบูรณาการที่ผสานทฤษฎีสองชุดหลัก ได้แก่ ทฤษฎีฐานทรัพยากร (Resource-Based View: RBV) (Barney, 1991) และทฤษฎีความสามารถพลวัต (Dynamic Capabilities Theory) (Teece et al., 1997) ทฤษฎีฐานทรัพยากรกำหนดว่าทรัพยากรขององค์กรที่มีความหายาก มีคุณค่า ไม่สามารถเลียนแบบได้ และไม่สามารถทดแทนได้ เป็นแหล่งกำเนิดของความได้เปรียบในการแข่งขันที่ยั่งยืน ขณะที่ทฤษฎีความสามารถพลวัตเน้นความสามารถขององค์กรในการบูรณาการ สร้างใหม่ และปรับปรุงทรัพยากรภายในเพื่อตอบสนองต่อสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว กรอบดังกล่าวกำหนดว่าความสามารถด้านปัญญาประดิษฐ์ขององค์กรทำหน้าที่เป็นตัวกลางระหว่างการนำเทคโนโลยีมาใช้กับผลลัพธ์ทางเศรษฐกิจในพลวัตการค้าระดับภูมิภาค ซึ่งยังเป็นประเด็นที่วรรณกรรมในบริบทจีน-อาเซียนยังขาดการสำรวจอย่างเป็นระบบ

แม้ว่าวรรณกรรมในสาขาปัญญาประดิษฐ์และการจัดการห่วงโซ่อุปทานจะมีปริมาณสะสมอย่างต่อเนื่อง แต่การทบทวนอย่างเป็นระบบพบช่องว่างเชิงองค์ความรู้ที่มีนัยสำคัญ 3 ประการในบริบทจีน-อาเซียนโดยเฉพาะ ประการแรก งานวิจัยส่วนใหญ่เป็นการทบทวนวรรณกรรมในระดับสากลหรือภายใต้กรอบอุตสาหกรรม 4.0 ทั่วไป ซึ่งขาดความจำเพาะต่อลักษณะเชิงสถาบันของภูมิภาคที่มีความเหลื่อมล้ำด้านโครงสร้างพื้นฐานดิจิทัลสูงระหว่างประเทศสมาชิก (Khan et al., 2024; Culot et al., 2024) ประการที่สอง วรรณกรรมยังขาดการสังเคราะห์ที่เชื่อมโยงตัวแปรเชิงนโยบาย ได้แก่ ระบอบภาษีศุลกากรและกรอบความตกลงหุ้นส่วนทางเศรษฐกิจระดับภูมิภาค (Regional Comprehensive Economic Partnership: RCEP) เข้ากับประสิทธิผลของการนำ

ปัญญาประดิษฐ์มาใช้อย่างเป็นระบบ (Bian et al., 2025; Cui, 2025) ประการที่สาม ยังคงขาดแบบจำลองแนวคิดแบบรวม (unified conceptual model) ที่บูรณาการมิติทางเทคโนโลยี เศรษฐศาสตร์ และนโยบายไว้ในกรอบวิเคราะห์เดียวกันสำหรับห่วงโซ่อุปทานในบริบทจีน-อาเซียนโดยเฉพาะ ช่องว่างทั้งสามประการที่กล่าวข้างต้นสะท้อนให้เห็นถึงความจำเป็นในการพัฒนาองค์ความรู้ที่มีความจำเพาะต่อภูมิภาค และเป็นเหตุผลสำคัญที่นำไปสู่การดำเนินการทบทวนวรรณกรรมเชิงระบบในครั้งนี้

วัตถุประสงค์และระเบียบวิธีการวิจัย

การทบทวนวรรณกรรมครั้งนี้กำหนดวัตถุประสงค์การวิจัยไว้ 3 ประการ ดังนี้

1. มุ่งวิเคราะห์ผลกระทบทางเศรษฐกิจและเทคโนโลยีของปัญญาประดิษฐ์ต่อการจัดการห่วงโซ่อุปทานในบริบทการค้าจีน-อาเซียน โดยประเมินว่าเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ที่นำมาประยุกต์ใช้ อาทิ การเรียนรู้ของเครื่อง การวิเคราะห์เชิงพยากรณ์ และระบบอัตโนมัติทางกระบวนการ ส่งผลต่อโครงสร้างต้นทุน ระยะเวลาส่งมอบสินค้า ปริมาณการค้า และประสิทธิภาพโลจิสติกส์ข้ามพรมแดนอย่างไร

2. มุ่งระบุและวิเคราะห์ปัจจัยกำกับ (moderating factors) เชิงนโยบาย กฎระเบียบ และโครงสร้างพื้นฐานที่มีอิทธิพลต่อความยืดหยุ่นของการจัดการห่วงโซ่อุปทาน โดยสังเคราะห์หลักฐานเชิงประจักษ์เกี่ยวกับบทบาทของระบอบภาษีศุลกากร ความตกลงหุ้นส่วนทางเศรษฐกิจระดับภูมิภาค (Regional Comprehensive Economic Partnership: RCEP) และความพร้อมของโครงสร้างพื้นฐานดิจิทัลที่ส่งผลต่อประสิทธิผลของการนำปัญญาประดิษฐ์มาใช้ในแต่ละประเทศสมาชิกอาเซียน

3. มุ่งพัฒนาข้อเสนอแนะเชิงทฤษฎีและเชิงปฏิบัติสำหรับการสร้างกรอบแนวคิดแบบรวมที่บูรณาการมิติทางเทคโนโลยี เศรษฐศาสตร์ และนโยบายไว้ในกรอบวิเคราะห์เดียวกัน เพื่อชี้นำการออกแบบและพัฒนาห่วงโซ่อุปทานที่ขับเคลื่อนด้วยปัญญาประดิษฐ์อย่างยั่งยืนในบริบทธุรกิจจีน-อาเซียน

ในด้านระเบียบวิธีการวิจัย การศึกษาครั้งนี้ใช้แนวทางการทบทวนวรรณกรรมเชิงระบบ (Systematic Literature Review: SLR) โดยกำหนดคำถามการวิจัยครอบคลุม 3 ประเด็นหลัก ได้แก่ (1) ผลกระทบทางเศรษฐกิจของการบูรณาการปัญญาประดิษฐ์ในการจัดการห่วงโซ่อุปทานต่อประสิทธิภาพต้นทุนในบริบทการค้าจีน-อาเซียน (2) ผลกระทบทางเศรษฐกิจและเชิงนโยบายของการบูรณาการการจัดการห่วงโซ่อุปทานที่ขับเคลื่อนด้วยปัญญาประดิษฐ์ต่อประสิทธิภาพต้นทุนและความยืดหยุ่น รวมถึงพลวัตภาษีศุลกากรและโครงสร้างพื้นฐานระดับภูมิภาค และ (3) ความยืดหยุ่นห่วงโซ่อุปทานที่ขับเคลื่อนด้วยปัญญาประดิษฐ์ในบริบทการค้าจีน-อาเซียน ซึ่งครอบคลุมผลกระทบจากความผันผวนของภาษีศุลกากรและการกระจายผู้จัดหาวัตถุดิบ

กระบวนการค้นหาวรรณกรรมดำเนินการโดยใช้เทคนิคการสืบค้นเชิงอ้างอิงแบบสองทิศทาง (Citation chaining) ทั้งในแบบสืบค้นย้อนหลังเพื่อติดตามแหล่งอ้างอิงต้นน้ำ และการสืบค้นก้าวหน้าเพื่อค้นหางานวิจัยที่อ้างถึงบทความสำคัญในเวลาต่อมา เทคนิคดังกล่าวช่วยให้การค้นพบวรรณกรรมมีความครอบคลุมและลดอคติในการคัดเลือก จากการค้นหาในฐานข้อมูลเพียงอย่างเดียว จากกระบวนการดังกล่าว พบบทความทั้งสิ้น 106 บทความ หลังการประเมินความเกี่ยวข้องตามเกณฑ์การคัดเลือกและตัดออกที่กำหนดไว้ล่วงหน้า คัดเลือกบทความที่มีความเกี่ยวข้องสูงเพื่อการสังเคราะห์เชิงลึก

บทความที่คัดเลือกครอบคลุมการศึกษาในรูปแบบที่หลากหลาย ได้แก่ การวิจัยเชิงปริมาณ การวิจัยเชิงคุณภาพ และการวิจัยแบบผสมผสาน ซึ่งมาจากบริบทการวิจัยทั้งในประเทศจีนและกลุ่มประเทศอาเซียน ความหลากหลายของระเบียบวิธีดังกล่าวช่วยให้การสังเคราะห์วรรณกรรมได้รับมุมมองที่ครอบคลุมทั้งมิติเชิงปริมาณที่วัดผลกระทบได้และมิติเชิงคุณภาพที่อธิบายกลไกและบริบทเชิงสถาบัน อันเป็นพื้นฐานสำคัญสำหรับการวิเคราะห์และสังเคราะห์ที่มีความน่าเชื่อถือทั้งในเชิงความกว้างและความลึก

เพื่อยกระดับความโปร่งใสและความน่าเชื่อถือของกระบวนการสังเคราะห์วรรณกรรมเชิงระบบ ตารางที่ 1 แสดงการกระจายตัวของบทความที่คัดเลือก 50 บทความจากทั้งหมด 106 บทความที่ค้นพบ โดยจำแนกตามธีมการวิจัย 10 ประการและบริบทภูมิศาสตร์ของการศึกษา ได้แก่ จีน อาเซียน และระดับสากลหรืออื่น ๆ ทั้งนี้ บทความหนึ่งชิ้นอาจถูกจัดเข้าได้มากกว่าหนึ่งธีมขึ้นอยู่กับขอบเขตเนื้อหาของการศึกษานั้น ๆ

จากตารางที่ 1 พบว่าธีมที่ 1 เรื่องประสิทธิภาพห่วงโซ่อุปทานและการลดต้นทุนมีบทความรองรับมากที่สุด จำนวน 38 บทความ คิดเป็นร้อยละ 60.3 จากบริบทจีน สะท้อนให้เห็นถึงความสนใจของนักวิจัยในการวัดผลกระทบเชิงปริมาณของปัญญาประดิษฐ์ต่อต้นทุนการดำเนินงาน ขณะที่ธีมที่ 3 เรื่องนโยบายการค้าและความร่วมมือระดับภูมิภาคมีสัดส่วนบทความจากบริบทอาเซียนสูงที่สุดที่ร้อยละ 34.8 สะท้อนให้เห็นถึงความสำคัญของตัวแปรเชิงนโยบายในการกำหนดประสิทธิผลของการนำปัญญาประดิษฐ์มาใช้ในบริบทภูมิภาค ธีมที่มีบทความรองรับน้อยที่สุด ได้แก่ ธีมที่ 10 จำนวน 11 บทความ ชี้ให้เห็นถึงช่องว่างการวิจัยที่ยังต้องการการสำรวจเพิ่มเติมในประเด็นการจัดการสินค้าคงคลังด้วยปัญญาประดิษฐ์เฉพาะบริบทจีน-อาเซียน

ตารางที่ 1 การกระจายตัวของบทความตามธีมการวิจัยและบริบทภูมิศาสตร์

ธีมการวิจัย	จำนวนบทความรวม	บริบทภูมิศาสตร์ (จำนวนบทความ)		สัดส่วนร้อยละตามบริบทภูมิศาสตร์		
		จีน	อาเซียน	ร้อยละจีน	ร้อยละอาเซียน	สากล / อื่นๆ
ธีมที่ 1 ประสิทธิภาพห่วงโซ่อุปทานและการลดต้นทุน	38	22	16	60.3%	25.4%	14.3%
ธีมที่ 2 AI กับความยืดหยุ่นในสภาวะการค้าผันผวน	31	17	14	54.8%	25.8%	19.4%
ธีมที่ 3 นโยบาย ภาษี และความร่วมมือระดับภูมิภาค	23	10	13	43.5	34.8%	21.7%
ธีมที่ 4 นวัตกรรมเทคโนโลยีและการประยุกต์ใช้ AI	22	14	8	63.6%	22.7%	13.6%
ธีมที่ 5 ผลกระทบทางเศรษฐกิจและธุรกิจในวงกว้าง	20	11	9	55.0%	25.0%	20.0%
ธีมที่ 6 ความหลากหลายทางระเบียบวิธีวิจัย	19	13	6	68.4%	15.8%	15.8%
ธีมที่ 7 ความท้าทายการบูรณาการและอุปสรรค	17	9	8	52.9%	29.4%	17.6%
ธีมที่ 8 AI-Enabled Automation และการตัดสินใจ	15	10	5	66.7%	20.0%	13.3%
ธีมที่ 9 การเปลี่ยนแปลงดิจิทัลและนวัตกรรม SCM	12	8	4	66.7%	16.7%	16.7%
ธีมที่ 10 AI ในการจัดการสินค้าคงคลัง	11	7	4	63.6%	18.2%	18.2%

ผลการทบทวนวรรณกรรม

1. สรุปเชิงพรรณนาของการศึกษาสำคัญ

ตารางที่ 2 สรุปการศึกษาสำคัญจำนวน 8 ชิ้นที่เป็นตัวแทนของวรรณกรรมในสาขา โดยครอบคลุมระเบียบวิธีที่หลากหลาย ตั้งแต่วิธีการผสมผสาน กรณีศึกษา การสังเคราะห์เชิงอภิวิเคราะห์ (Meta-analytic synthesis) ไปจนถึงการจำลองสถานการณ์ แม้จะมีความแตกต่างในขนาดของผลกระทบและบริบทที่ศึกษา แต่การศึกษาทุกชิ้นรายงานผลในทิศทางที่สอดคล้องกันว่าปัญญาประดิษฐ์มีบทบาทเชิงบวกต่อประสิทธิภาพการจัดการห่วงโซ่อุปทาน สะท้อนให้เห็นถึงฉันทามติ (Consensus) ทางวิชาการที่มีความเห็นพ้องไปในทางเดียวกัน

ตารางที่ 2 สรุปการศึกษาสำคัญเกี่ยวกับ AI และห่วงโซ่อุปทานในบริบทจีน-อาเซียน

การศึกษา	ระเบียบวิธี	เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์	ผลลัพธ์หลัก	นโยบาย / บริบท
Khan และคณะ (2024)	ทบทวนวรรณกรรมอย่างเป็นระบบ	เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ การเรียนรู้ของเครื่อง อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง บิ๊กดาต้า คลาวด์คอมพิวติ้ง และระบบอัตโนมัติอัจฉริยะในห่วงโซ่อุปทานดิจิทัล	เทคโนโลยี Industry 4.0 และ AI ช่วยเพิ่มการมองเห็นข้อมูลแบบเรียลไทม์ ลดต้นทุนการดำเนินงาน และยกระดับประสิทธิภาพของห่วงโซ่อุปทาน	บริบทของการเปลี่ยนผ่านสู่ Industry 4.0 และการปรับตัวขององค์กรต่อเศรษฐกิจดิจิทัลผ่านการลงทุนในโครงสร้างพื้นฐานเทคโนโลยีและระบบอัตโนมัติอัจฉริยะ
Douaioui และคณะ (2024)	ทบทวนวรรณกรรมเชิงวิพากษ์เพื่อวิเคราะห์และเปรียบเทียบแบบจำลอง Machine Learning และ Deep Learning	เทคโนโลยีการเรียนรู้ของเครื่องและการเรียนรู้เชิงลึก เช่น Artificial Neural Network, Recurrent Neural Network, Long Short-Term Memory และเทคนิคการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพยากรณ์	แบบจำลอง Deep Learning สามารถพยากรณ์อุปสงค์ได้แม่นยำกว่าวิธีการแบบดั้งเดิม โดยเฉพาะในสภาพแวดล้อมที่มีข้อมูลซับซ้อนและเปลี่ยนแปลงรวดเร็ว	การเปลี่ยนผ่านสู่ห่วงโซ่อุปทานดิจิทัลและ Industry 4.0 ซึ่งองค์กรต้องใช้เทคโนโลยี AI เพื่อเพิ่มความแม่นยำในการวางแผนและประสิทธิภาพการดำเนินงานด้านโลจิสติกส์และสินค้าคงคลัง
Culot และคณะ (2024)	ทบทวนวรรณกรรมอย่างเป็นระบบ (Systematic Literature Review: SLR)	การเรียนรู้ของเครื่อง การเรียนรู้เชิงลึก การประมวลผลภาษาธรรมชาติ การเรียนรู้แบบเสริมแรง และการบูรณาการปัญญาประดิษฐ์ร่วมกับอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งและบล็อกเชนในระบบห่วงโซ่อุปทานอัจฉริยะ	เพิ่มประสิทธิภาพ ความยืดหยุ่น และความสามารถในการตัดสินใจของห่วงโซ่อุปทานผ่านการลดต้นทุน เพิ่มความแม่นยำในการพยากรณ์ และการตอบสนองต่อความไม่แน่นอนได้แบบเรียลไทม์	การใช้ AI กับบริบทของ Industry 4.0 การเปลี่ยนผ่านสู่ดิจิทัล ความยั่งยืนของห่วงโซ่อุปทาน และการเสริมสร้างความยืดหยุ่นของระบบโลจิสติกส์หลังวิกฤต COVID-19

การศึกษา	ระเบียบวิธี	เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์	ผลลัพธ์หลัก	นโยบาย / บริบท
Shahzadi และคณะ (2024)	การทบทวนวรรณกรรมอย่างเป็นระบบ	การเรียนรู้ของเครื่อง การเรียนรู้เชิงลึก การวิเคราะห์ข้อมูลขนาดใหญ่ ระบบอัตโนมัติอัจฉริยะ และการประยุกต์ AI ร่วมกับ IoT	เพิ่มประสิทธิภาพการตัดสินใจ การพยากรณ์ความต้องการ ความยืดหยุ่น และประสิทธิภาพการดำเนินงานของห่วงโซ่อุปทาน	เชื่อมโยงการใช้ AI กับบริบทของ Industry 4.0 การเปลี่ยนผ่านสู่ดิจิทัล และความจำเป็นในการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานข้อมูล ทักษะบุคลากร
Bian et al. (2025)	การวิเคราะห์เครือข่ายห่วงโซ่อุปทานและแบบจำลอง R-Vine Copula ร่วมกับข้อมูลปัจจัยการผลิตระหว่างประเทศ	การวิเคราะห์ข้อมูลอัจฉริยะและเทคนิคการวิเคราะห์เชิงคาดการณ์	การย้ายฐานการผลิตและความเชื่อมโยงทางอุตสาหกรรมระหว่างจีนและอาเซียนส่งผลให้ความเสี่ยงสามารถแพร่กระจายข้ามอุตสาหกรรมและประเทศได้อย่างมีนัยสำคัญ	การปรับโครงสร้างห่วงโซ่อุปทานโลก การย้ายฐานการผลิตจากจีนสู่อาเซียน และความจำเป็นในการเสริมสร้างความยืดหยุ่นของห่วงโซ่อุปทานภายใต้ความไม่แน่นอนทางเศรษฐกิจและภูมิรัฐศาสตร์
Yessef และคณะ (2025)	การทบทวนวรรณกรรมและการวิเคราะห์เชิงแนวคิด	การบูรณาการปัญญาประดิษฐ์ อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง บิ๊กดาต้า คลาวด์คอมพิวติ้ง และ Digital Twin	เพิ่มประสิทธิภาพการบริหารจัดการโครงสร้างพื้นฐาน การวิเคราะห์ข้อมูลและการตอบสนองต่อสถานการณ์ต่าง ๆ ได้อย่างแม่นยำและรวดเร็ว	การพัฒนาเมืองอัจฉริยะ ความยั่งยืนทางพลังงาน และการเปลี่ยนผ่านสู่ระบบดิจิทัลผ่านการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอัจฉริยะในการบริหารเมืองและโครงสร้างพื้นฐานสมัยใหม่
Cui (2025)	การวิเคราะห์อภิมาน (Meta-analysis)	การประยุกต์ใช้ปัญญาประดิษฐ์ การเรียนรู้ของเครื่อง การวิเคราะห์ข้อมูลขนาด	AI ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการค้าข้ามพรมแดน ลดต้นทุนการดำเนินงาน	การเปลี่ยนผ่านสู่เศรษฐกิจดิจิทัล การพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานดิจิทัล และ

การศึกษา	ระเบียบวิธี	เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์	ผลลัพธ์หลัก	นโยบาย / บริบท
		ใหญ่ และระบบอัตโนมัติอัจฉริยะในระบบการค้าและโลจิสติกส์ระหว่างประเทศ	และเสริมความสามารถในการแข่งขันของประเทศในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้	ความร่วมมือทางเศรษฐกิจระดับภูมิภาคในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้
Jomthanachai และคณะ (2024)	ใช้แบบจำลองการเรียนรู้ของเครื่องร่วมกับการวิเคราะห์ข้อมูลเศรษฐกิจเพื่อพยากรณ์ประสิทธิภาพโลจิสติกส์ผ่านการวิเคราะห์ข้อมูลแบบ collective instance	การประยุกต์ใช้ Machine Learning โดยเฉพาะ Artificial Neural Network และเทคนิคการวิเคราะห์เชิงพยากรณ์ในการประเมินประสิทธิภาพโลจิสติกส์	แบบจำลอง Machine Learning สามารถพยากรณ์ประสิทธิภาพโลจิสติกส์ได้แม่นยำกว่าวิธีการทางสถิติแบบดั้งเดิม และช่วยสนับสนุนการตัดสินใจเชิงนโยบายและเศรษฐกิจได้อย่างมีประสิทธิภาพ	การพัฒนาเศรษฐกิจและระบบโลจิสติกส์ของประเทศกำลังพัฒนา โดยเน้นความสำคัญของข้อมูลดิจิทัลและเทคโนโลยี AI ต่อการยกระดับขีดความสามารถในการแข่งขันของภูมิภาคอาเซียน

2. ผลกระทบทางเศรษฐกิจและประสิทธิภาพต้นทุน

หลักฐานเชิงประจักษ์จากการศึกษาที่ทบทวนยืนยันอย่างชัดเจนว่าปัญญาประดิษฐ์มีบทบาทสำคัญในการลดต้นทุนการดำเนินงานและยกระดับประสิทธิภาพโลจิสติกส์ในบริบทการค้าจีน-อาเซียน โดยการศึกษาของ Khan และคณะ (2024) พบว่าเทคโนโลยี Industry 4.0 และ AI ช่วยลดต้นทุนการดำเนินงาน เพิ่มประสิทธิภาพการใช้ทรัพยากร และเสริมความสามารถในการแข่งขันทางเศรษฐกิจของห่วงโซ่อุปทานผ่านการจัดการข้อมูลและกระบวนการแบบเรียลไทม์ ผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับ Douaioui และคณะ (2024) พบว่าการใช้การเรียนรู้ของเครื่องและการเรียนรู้เชิงลึกในการพยากรณ์อุปสงค์ช่วยลดต้นทุนสินค้าคงคลัง เพิ่มประสิทธิภาพการวางแผนทรัพยากร และยกระดับประสิทธิภาพทางเศรษฐกิจของห่วงโซ่อุปทาน ในทำนองเดียวกัน Shahzadi และคณะ (2024) พบว่าการนำปัญญาประดิษฐ์มาใช้ในห่วงโซ่อุปทานช่วยลดต้นทุนการดำเนินงาน เพิ่มประสิทธิภาพการใช้ทรัพยากร และเสริมความสามารถในการแข่งขันทางเศรษฐกิจขององค์กรผ่านการตัดสินใจที่แม่นยำและรวดเร็วยิ่งขึ้น

ยิ่งไปกว่านั้น การบูรณาการเทคโนโลยีหลายชนิดพร้อมกัน (Multi-technology integration) ให้ผลเสริมฤทธิ์ (Synergistic effects) ที่สูงกว่าการใช้เทคโนโลยีเพียงชนิดเดียว ซึ่ง Culot และคณะ (2024) พบว่าการบูรณาการเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์หลายรูปแบบ เช่น การเรียนรู้ของเครื่อง การเรียนรู้เชิงลึก การประมวลผลภาษาธรรมชาติ และการเรียนรู้แบบเสริมแรง ร่วมกับเทคโนโลยีดิจิทัลอย่าง IoT และ Blockchain สามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพ ความยืดหยุ่น และความสามารถในการตัดสินใจของระบบห่วงโซ่อุปทานอัจฉริยะได้อย่างมีนัยสำคัญ โดยการศึกษาของ Cui (2025) พบว่าการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ในการค้าข้ามพรมแดนช่วยลดต้นทุนการดำเนินงาน เพิ่มประสิทธิภาพโลจิสติกส์ และเสริมความสามารถในการแข่งขันทางเศรษฐกิจของประเทศในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ขณะที่ Jomthanachai และคณะ (2024) พบว่าการประยุกต์ใช้การเรียนรู้ของเครื่องใน

การพยากรณ์ประสิทธิภาพโลจิสติกส์ช่วยสนับสนุนการวางแผนเศรษฐกิจ ลดต้นทุนการดำเนินงาน และเพิ่มประสิทธิภาพการจัดสรรทรัพยากรด้านโลจิสติกส์ได้อย่างมีประสิทธิผล

3. ธีมสำคัญ 10 ประการในวรรณกรรม

การวิเคราะห์เนื้อหาจากบทความที่ทบทวนทั้งหมดเผยให้เห็นธีมการวิจัย (Research themes) หลัก 10 ประการที่สะท้อนทิศทางและจุดเน้นของสาขาวิชา การจัดเรียงธีมตามความถี่ที่ปรากฏในวรรณกรรมชี้ให้เห็นว่างานวิจัยส่วนใหญ่มุ่งเน้นที่ประสิทธิภาพการดำเนินงานและผลกระทบทางเศรษฐกิจ ขณะที่ธีมด้านนโยบายและกฎระเบียบยังได้รับความสนใจน้อยกว่าที่ควร ซึ่งถือเป็นช่องว่างสำคัญในวรรณกรรมปัจจุบัน การอภิปรายธีมทั้ง 10 ประการโดยละเอียดมีดังต่อไปนี้

- ธีมที่ 1 ประสิทธิภาพห่วงโซ่อุปทานและการลดต้นทุน

ธีมนี้มีความถี่ปรากฏสูงสุดในวรรณกรรมที่ทบทวน การศึกษาในธีมนี้ยืนยันว่าปัญญาประดิษฐ์ยกระดับประสิทธิภาพของห่วงโซ่อุปทานผ่าน 3 กลไกหลัก ได้แก่ การคาดการณ์ความต้องการ การบริหารสินค้าคงคลัง และการเพิ่มประสิทธิภาพโลจิสติกส์ จากการทบทวนวรรณกรรมระดับสากลพบว่า การนำปัญญาประดิษฐ์มาประยุกต์ใช้ในกระบวนการห่วงโซ่อุปทานสามารถลดต้นทุนการดำเนินงานได้ในช่วงร้อยละ 15 ถึง 30 (Khan et al., 2024; Douaioui et al., 2024; Shahzadi et al., 2024) อย่างไรก็ตาม เมื่อนำมาพิจารณาในบริบทจีน-อาเซียน ตัวเลขดังกล่าวอาจผันแปรอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากความเหลื่อมล้ำด้านโครงสร้างพื้นฐานดิจิทัลระหว่างประเทศสมาชิกอาเซียนที่ยังคงมีอยู่ในระดับสูง ภายใต้กรอบทฤษฎีความสามารถพลวัต (Dynamic Capabilities Theory; Teece et al., 1997) ผลลัพธ์จากการนำปัญญาประดิษฐ์มาใช้ขึ้นอยู่กับความสามารถขององค์กรในการดูดซับและบูรณาการเทคโนโลยี ซึ่งแตกต่างกันตามบริบทเชิงสถาบันและระดับความพร้อมของโครงสร้างพื้นฐานในแต่ละประเทศ

- ธีมที่ 2 ปัญญาประดิษฐ์กับความยืดหยุ่นของห่วงโซ่อุปทาน

การวิจัยในธีมนี้แสดงให้เห็นว่าแบบจำลองดิจิทัลคู่ขนาน การวางแผนตามสถานการณ์จำลอง และการจัดหาวัตถุดิบจากหลายแหล่ง ช่วยให้องค์กรสามารถรับมือกับความผันผวนของภาษีศุลกากรและความตึงเครียดทางภูมิรัฐศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิผล ในส่วนของ Yessef et al. (2025) ซึ่งศึกษาการประยุกต์ใช้แบบจำลองดิจิทัลคู่ขนานในบริบทเมืองอัจฉริยะด้านพลังงานและโครงสร้างพื้นฐาน งานวิจัยดังกล่าวนำเสนอในฐานะการถอดบทเรียนข้ามศาสตร์ที่แสดงให้เห็นว่าสถาปัตยกรรมแบบจำลองดิจิทัลคู่ขนานซึ่งออกแบบมาเพื่อรองรับระบบที่มีความซับซ้อนสูงและการตัดสินใจแบบทันเวลาจริงในบริบทเมืองอัจฉริยะนั้น มีหลักการทางวิศวกรรมระบบและการจัดการข้อมูลที่สามารถถ่ายโอนมาประยุกต์ใช้ในการออกแบบห่วงโซ่อุปทานที่มีความยืดหยุ่นได้ อย่างไรก็ตาม หลักฐานเชิงประจักษ์โดยตรงในบริบทการจัดการห่วงโซ่อุปทานจีน-อาเซียนยังคงต้องการการวิจัยเพิ่มเติมเพื่อยืนยันความสามารถในการถ่ายโอนดังกล่าว

- ธีมที่ 3 นโยบายการค้า ภาษีศุลกากร และความร่วมมือระดับภูมิภาค

ธีมที่สาม คือ นโยบายการค้า ภาษีศุลกากร และความร่วมมือทางเศรษฐกิจระดับภูมิภาค การศึกษาในธีมนี้ชี้ให้เห็นว่าความตกลงหุ้นส่วนทางเศรษฐกิจระดับภูมิภาค (RCEP) และกรอบกฎระเบียบที่เอื้ออำนวยทำหน้าที่เป็นปัจจัยกำกับสำคัญต่อประสิทธิผลของการนำปัญญาประดิษฐ์มาใช้ในห่วงโซ่อุปทานข้ามพรมแดน โดยการศึกษาของ Bian และคณะ (2025) ชี้ว่านโยบายการค้า ภาษีศุลกากร และความร่วมมือทางเศรษฐกิจระดับภูมิภาคระหว่างจีนและอาเซียนมีบทบาทสำคัญต่อการย้ายฐานการผลิต การเชื่อมโยงอุตสาหกรรม และความยืดหยุ่นของห่วงโซ่อุปทานในภูมิภาค ในขณะที่ Cui (2025) ชี้ว่านโยบายการค้า การอำนวยความสะดวกด้านศุลกากร และความร่วมมือทางเศรษฐกิจระดับภูมิภาคมีบทบาทสำคัญต่อประสิทธิภาพของการประยุกต์ใช้ปัญญาประดิษฐ์ในการค้าข้ามพรมแดนของเอเชียตะวันออกเฉียงใต้

- ธีมที่ 4 นวัตกรรมเทคโนโลยีและการประยุกต์ใช้ปัญญาประดิษฐ์

ธีมที่สี่ คือ นวัตกรรมเทคโนโลยีและการประยุกต์ใช้ปัญญาประดิษฐ์ในการจัดการห่วงโซ่อุปทาน การศึกษาในธีมนี้บันทึกการบูรณาการเทคโนโลยีหลายชนิดพร้อมกัน ได้แก่ การเรียนรู้ของเครื่อง การวิเคราะห์เชิงพยากรณ์ ระบบหุ่นยนต์ และเทคโนโลยีบล็อกเชน ในลักษณะพหุเทคโนโลยีเพื่อยกระดับประสิทธิภาพห่วงโซ่อุปทานในหลายมิติพร้อมกัน ในการศึกษาของ Culot และคณะ (2024) ชี้ว่าการผสาน AI หลายรูปแบบร่วมกับอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งและเทคโนโลยีบล็อกเชน ทำให้ประสิทธิภาพของห่วงโซ่อุปทานสูงกว่าการใช้เทคโนโลยีเพียงอย่างเดียว

- ธีมที่ 5 ผลกระทบทางเศรษฐกิจและธุรกิจในวงกว้าง

ธีมที่ห้า คือ ผลกระทบทางเศรษฐกิจและธุรกิจในวงกว้างของปัญญาประดิษฐ์ การศึกษาในธีมนี้ขยายขอบเขตการวิเคราะห์เกินกว่าการประหยัดต้นทุนโดยตรง เพื่อครอบคลุมการเปลี่ยนแปลงเชิงโครงสร้างในห่วงโซ่อุปทาน ซึ่งรวมถึงการปรับเปลี่ยนโครงสร้างต้นทุน การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบกำลังแรงงาน และการพัฒนารูปแบบธุรกิจที่สะท้อนผลกระทบเชิงระบบในระยะยาว การศึกษาของ Cui (2025) พบว่าการนำเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์มาใช้ในการค้าข้ามพรมแดนช่วยกระตุ้นการเติบโตทางเศรษฐกิจ ยกระดับขีดความสามารถในการแข่งขันของธุรกิจ และส่งเสริมการพัฒนาระบบการค้าและโลจิสติกส์ของภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ในระยะยาว ขณะที่ Jomthanachai และคณะ (2024) ชี้ว่าการใช้การเรียนรู้ของเครื่องจักรเพื่อพยากรณ์ประสิทธิภาพโลจิสติกส์สามารถยกระดับความสามารถในการแข่งขันทางเศรษฐกิจ สนับสนุนการตัดสินใจเชิงธุรกิจ และส่งเสริมการพัฒนาระบบโลจิสติกส์ของภูมิภาคในระยะยาว

- ธีมที่ 6 ความหลากหลายทางระเบียบวิธีวิจัย

ธีมที่หก คือ ความหลากหลายทางระเบียบวิธีวิจัยในการประเมินผลกระทบของปัญญาประดิษฐ์ วรรณกรรมใช้ระเบียบวิธีที่หลากหลาย ได้แก่ แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมแบบหน่วยความจำระยะสั้นยาว (Long Short-Term Memory: LSTM) แบบจำลองการส่งเสริมต้นกำเนิด (XGBoost) การวิเคราะห์เชิงเศรษฐมิติ (Econometric analysis) และการทบทวนเชิงคุณภาพ (Qualitative review) ซึ่งให้มุมมองที่ครอบคลุมหลายระดับ ความหลากหลายดังกล่าวเป็นจุดแข็งที่สำคัญเพราะช่วยให้เข้าใจปรากฏการณ์ได้รอบด้าน แต่ในขณะเดียวกันก็เป็นอุปสรรคต่อการเปรียบเทียบผลลัพธ์และการสังเคราะห์เชิงอภิวิเคราะห์อย่างเป็นระบบ

- ธีมที่ 7 ความท้าทายการบูรณาการและอุปสรรคการนำไปใช้จริง

ธีมที่เจ็ด คือ ความท้าทายในการบูรณาการระบบและอุปสรรคการนำปัญญาประดิษฐ์ไปใช้จริง โดยหลายวรรณกรรมแสดงผลอย่างสอดคล้องกันว่าอุปสรรคสำคัญในการนำปัญญาประดิษฐ์ไปใช้จริงประกอบด้วย 4 ประการหลัก ได้แก่ (1) ต้นทุนการดำเนินการที่สูงซึ่งมักถูกประเมินต่ำกว่าความเป็นจริง (2) ปัญหาการบูรณาการข้อมูลระหว่างระบบเดิมและระบบปัญญาประดิษฐ์ใหม่ (3) ช่องว่างทักษะแรงงานที่เกิดจากการขาดบุคลากรที่มีความสามารถด้านปัญญาประดิษฐ์ และ (4) ข้อพิจารณาทางจริยธรรมในการตัดสินใจด้วยระบบอัตโนมัติ จากการศึกษาของ Culot และคณะ (2024) ระบุว่าความท้าทายสำคัญของการบูรณาการ AI ในห่วงโซ่อุปทาน ได้แก่ การขาดบุคลากรที่มีทักษะด้าน AI คุณภาพและการเชื่อมโยงข้อมูลที่ไม่สมบูรณ์ ต้นทุนการลงทุนและการปรับระบบเดิมที่สูง รวมถึงความยากในการบูรณาการ AI ร่วมกับเทคโนโลยีดิจิทัลอื่นในสภาพแวดล้อมการดำเนินงานจริง

- ธีมที่ 8 ระบบอัตโนมัติและการตัดสินใจแบบทันเวลาจริง

ธีมที่แปด คือ ระบบอัตโนมัติที่เปิดใช้งานด้วยปัญญาประดิษฐ์และการตัดสินใจแบบทันเวลาจริง การทำงานอัตโนมัติของกระบวนการด้วยหุ่นยนต์ (Robotic Process Automation: RPA) และการวิเคราะห์ข้อมูลแบบทันเวลาจริง ช่วยเพิ่มความตอบสนองในการดำเนินงาน ลดข้อผิดพลาดของมนุษย์ และยกระดับความโปร่งใสในห่วงโซ่อุปทาน โดยการศึกษาของ Shahzadi และคณะ (2024) ชี้ว่าการนำปัญญาประดิษฐ์และระบบอัตโนมัติมาใช้ในห่วงโซ่อุปทานช่วยสนับสนุนการตัดสินใจแบบทันเวลาจริง

เพิ่มความรวดเร็วในการตอบสนอง และยกระดับความแม่นยำของกระบวนการดำเนินงาน สอดคล้องกับ Douaioui และคณะ (2024) ระบุว่าเทคโนโลยีการเรียนรู้ของเครื่องและการเรียนรู้เชิงลึกสนับสนุนระบบอัตโนมัติและการตัดสินใจแบบทันเวลาจริงผ่านการวิเคราะห์ข้อมูลและการพยากรณ์อุปสงค์ที่รวดเร็วและแม่นยำในห่วงโซ่อุปทาน

- ธีมที่ 9 การเปลี่ยนแปลงดิจิทัลและนวัตกรรมห่วงโซ่อุปทาน

ปัญญาประดิษฐ์ทำหน้าที่เป็นตัวเร่งการเปลี่ยนแปลงดิจิทัลที่เปิดทางให้กับนวัตกรรมในหลายมิติพร้อมกัน ได้แก่ ระบบโลจิสติกส์อัจฉริยะ การกำหนดราคาแบบพลวัต และการประสานงานข้ามผู้มีส่วนได้เสียที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้น งานวิจัยของ Yessef et al. (2025) เกี่ยวกับแบบจำลองดิจิทัลคู่ขนานในบริบทเมืองอัจฉริยะ แม้จะไม่ใช่งานวิจัยในสาขาการจัดการห่วงโซ่อุปทานโดยตรง ทว่าให้บทเรียนข้ามศาสตร์ที่มีคุณค่าเกี่ยวกับแนวทางการบูรณาการปัญญาประดิษฐ์เข้ากับอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งและข้อมูลขนาดใหญ่ เพื่อบริหารจัดการระบบที่มีความซับซ้อนสูง บทเรียนดังกล่าวมีความเชื่อมโยงกับการพัฒนาระบบโลจิสติกส์อัจฉริยะและการยกระดับการมองเห็นตลอดห่วงโซ่อุปทานในบริบทการค้าข้ามพรมแดนจีน-อาเซียน

- ธีมที่ 10 การเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการสินค้าคงคลัง

ธีมที่สิบ คือ ปัญญาประดิษฐ์กับการเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการสินค้าคงคลัง การศึกษาในธีมนี้ตรวจสอบกลยุทธ์สินค้าคงคลังแบบพลวัตที่ขับเคลื่อนด้วยปัญญาประดิษฐ์ในสามมิติหลัก ได้แก่ (1) การปรับปรุงความแม่นยำในการพยากรณ์ความต้องการ ซึ่งช่วยลดการถือครองสินค้าคงคลังส่วนเกิน (2) การสมดุลต้นทุนการเติมสินค้าเพื่อลดต้นทุนการถือครองและต้นทุนการขาดแคลน และ (3) การบรรเทาปัญหาสินค้าขาดสต็อก ที่ส่งผลต่อความพึงพอใจของลูกค้า การศึกษาของ Culot และคณะ (2024) พบว่าเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการสินค้าคงคลังผ่านการพยากรณ์ความต้องการที่แม่นยำ การวิเคราะห์ข้อมูลแบบเรียลไทม์ และการปรับระดับสินค้าคงคลังให้เหมาะสมเพื่อลดต้นทุนและปัญหาสินค้าขาดหรือเกินสต็อก

4. นวัตกรรมเทคโนโลยีและความยืดหยุ่นเชิงกลยุทธ์

ความหลากหลายของเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ที่ถูกนำมาประยุกต์ใช้ในการจัดการห่วงโซ่อุปทานครอบคลุมหลายระดับ ตั้งแต่การเรียนรู้ของเครื่อง การเรียนรู้เชิงลึก การประมวลผลภาษาธรรมชาติ (Natural Language Processing: NLP) ไปจนถึงระบบอัตโนมัติทางกระบวนการด้วยหุ่นยนต์ อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง และเทคโนโลยีบล็อกเชน องค์กรที่ประสบความสำเร็จในการนำเทคโนโลยีเหล่านี้ไปใช้มักเลือกผสมผสานหลายเทคโนโลยีเข้าด้วยกันตามความต้องการเฉพาะขององค์กรและบริบทห่วงโซ่อุปทาน โดยมีแนวโน้มที่ชัดเจนในการบูรณาการปัญญาประดิษฐ์เข้ากับแบบจำลองคู่เสมือนดิจิทัลและอินเทอร์เน็ตของทุกสิ่ง (Internet of Everything: IoE) เพื่อสร้างระบบห่วงโซ่อุปทานที่มีความโปร่งใสและสามารถติดตามสถานการณ์ได้ตลอดทั้งห่วงโซ่แบบทันเวลาจริง

Yessef และคณะ (2025) ชี้ว่านวัตกรรมเทคโนโลยีอย่างคู่เสมือนดิจิทัลและปัญญาประดิษฐ์ช่วยเสริมความยืดหยุ่นเชิงกลยุทธ์ขององค์กรผ่านการคาดการณ์ความเสี่ยง การจำลองสถานการณ์ และการตัดสินใจแบบเรียลไทม์ ผลลัพธ์ด้านความยืดหยุ่นที่รายงานในวรรณกรรมได้แก่ การปรับปรุงประสิทธิภาพการดำเนินงานเกินกว่าร้อยละ 20 และการลดการหยุดชะงักของห่วงโซ่อุปทาน ได้สูงสุดร้อยละ 40 โดยตัวขับเคลื่อนหลักสามประการของความยืดหยุ่นดังกล่าว ได้แก่ ระบบติดตามแบบทันเวลาจริงที่ขับเคลื่อนด้วยปัญญาประดิษฐ์ (AI-driven real-time monitoring) การบำรุงรักษาเชิงพยากรณ์ (Predictive maintenance) และการวางแผนตามสถานการณ์จำลอง (Scenario planning)

5. อิทธิพลของนโยบายและกฎระเบียบ

การวิเคราะห์บทความที่ครอบคลุมมิติด้านนโยบายพบว่าระบอบภาษีศุลกากร ความไม่แน่นอนของนโยบายการค้า และโครงสร้างพื้นฐานดิจิทัลทำหน้าที่เป็นปัจจัยกำกับสำคัญที่ส่งผลต่อระดับและประสิทธิผลของการนำปัญญาประดิษฐ์มาใช้ในห่วงโซ่

อุปทาน Bian และคณะ (2025) พบว่านโยบายและกฎระเบียบด้านการค้า การลงทุน และอุตสาหกรรมของจีนและอาเซียนมีอิทธิพลโดยตรงต่อการกระจายความเสี่ยง การตัดสินใจย้ายฐานการผลิต และเสถียรภาพของห่วงโซ่อุปทานระดับภูมิภาค

ในด้านกรอบความร่วมมือระดับภูมิภาค Cui (2025) ระบุว่ากรอบความร่วมมือระดับภูมิภาคและกฎระเบียบด้านการค้าในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้มีอิทธิพลสำคัญต่อการประยุกต์ใช้ปัญญาประดิษฐ์ การอำนวยความสะดวกทางการค้า และการเชื่อมโยงห่วงโซ่อุปทานข้ามพรมแดนอย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากกรอบดังกล่าวช่วยลดความซับซ้อนทางกฎระเบียบและส่งเสริมการไหลเวียนของข้อมูลระหว่างประเทศสมาชิก นัยสำคัญประการนี้ชี้ว่าความร่วมมือระหว่างภาครัฐและภาคเอกชนในการพัฒนามาตรฐานข้อมูลร่วมและกรอบการกำกับดูแลดิจิทัลระดับภูมิภาคมีความจำเป็นอย่างยิ่งในการสร้างสภาพแวดล้อมที่เอื้อต่อการนำปัญญาประดิษฐ์ไปใช้อย่างมีประสิทธิผลในห่วงโซ่อุปทานข้ามพรมแดน

การวิเคราะห์วิจารณ์วรรณกรรม

1. ระเบียบวิธีวิจัย

ในด้านระเบียบวิธีวิจัย วรรณกรรมแสดงให้เห็นถึงความก้าวหน้าในการนำเครื่องมือขั้นสูงมาใช้อย่างหลากหลาย อาทิ การอนุมานเชิงสาเหตุ การพยากรณ์ด้วยการเรียนรู้ของเครื่อง และวิธีการผสมผสาน โดยกรณีศึกษาจากองค์กรจริงช่วยเสริมความน่าเชื่อถือเชิงประจักษ์ อย่างไรก็ตาม การพึ่งพาชุดข้อมูลเฉพาะประเทศและการขาดข้อมูลระยะยาวจำกัดความสามารถในการสรุปทั่วไปทั่วภูมิภาค อีกทั้งความหลากหลายของระเบียบวิธียังเป็นอุปสรรคต่อการสังเคราะห์เชิงอภิวิเคราะห์ในภาพรวม

2. ผลกระทบทางเศรษฐกิจ

ในด้านผลกระทบทางเศรษฐกิจ แม้วรรณกรรมจะมีหลักฐานเชิงปริมาณที่ชัดเจนเกี่ยวกับลดต้นทุนการดำเนินงาน และเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ทรัพยากรขององค์กร (Khan et al., 2024; Shahzadi et al., 2024) มักไม่รวมต้นทุนการลงทุนเบื้องต้น (Capital Expenditure: CAPEX) ค่าฝึกอบรมบุคลากร และค่าบำรุงรักษาระบบ ทำให้การประเมินผลตอบแทนที่แท้จริงไม่ครบถ้วน นอกจากนี้ ยังขาดการศึกษาเกี่ยวกับการแลกเปลี่ยนระหว่างต้นทุนและผลประโยชน์ (Trade-off) ในสภาวะที่ภาษีศุลกากรมีความผันผวน ซึ่งเป็นบริบทที่มีความเกี่ยวข้องสูงในการค้าจีน-อาเซียน

3. นโยบายและกฎระเบียบ

ในด้านนโยบายและกฎระเบียบ วรรณกรรมระบุบทบาทของความตกลงหุ้นส่วนทางเศรษฐกิจระดับภูมิภาค (RCEP) การกำกับดูแลดิจิทัล และกรอบจริยธรรมปัญญาประดิษฐ์ไว้ดีในระดับหนึ่ง อย่างไรก็ตาม นโยบายมักถูกจัดเป็นเพียงปัจจัยรองหรือตัวแปรควบคุม แทนที่จะได้รับการปฏิบัติในฐานะตัวแปรอิสระหลักที่ต้องการการวิเคราะห์เชิงลึก ช่องว่างนี้มีนัยสำคัญต่อการออกแบบนโยบายส่งเสริมการนำระบบปัญญาประดิษฐ์มาใช้ในระดับภูมิภาค

4. เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์และขอบเขตการประยุกต์ใช้

ในด้านเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์และขอบเขตการประยุกต์ใช้ แม้วรรณกรรมจะครอบคลุมเทคโนโลยีอย่างกว้างขวาง ได้แก่ การเรียนรู้ของเครื่อง การวิเคราะห์เชิงพยากรณ์ ระบบอัตโนมัติทางกระบวนการด้วยหุ่นยนต์ การประมวลผลภาษาธรรมชาติ อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง และเทคโนโลยีบล็อกเชน แต่การศึกษาส่วนใหญ่มุ่งเน้นเทคโนโลยีแบบแยกส่วน ขาดการอภิปรายเกี่ยวกับความสามารถในการทำงานร่วมกัน ปัญหาข้อมูลแยกเก็บ และปัญญาประดิษฐ์เชิงสร้างสรรค์ (Generative AI) ในบริบทการจัดการห่วงโซ่อุปทาน ซึ่งเป็นเทคโนโลยีรุ่นใหม่ที่กำลังแสดงศักยภาพสูงในการปรับเปลี่ยนกระบวนการทางธุรกิจ

5. ความยืดหยุ่นของห่วงโซ่อุปทาน

ในด้านความยืดหยุ่นของห่วงโซ่อุปทาน วรรณกรรมมีรายงานที่สอดคล้องกันว่าปัญญาประดิษฐ์ยกระดับความคล่องตัว การบรรเทาความเสี่ยง และลดการหยุดชะงักของห่วงโซ่ ได้สูงสุดถึงร้อยละ 40 อย่างไรก็ตาม มีความแตกต่างในนิยามของความ

ยืดหยุ่นและขนาดของผลกำไรที่รายงาน ซึ่งแตกต่างกันตามความพร้อมขององค์กร บริบทอุตสาหกรรม และเงื่อนไขของตลาดในแต่ละประเทศสมาชิก

นัยสำคัญเชิงทฤษฎีและเชิงปฏิบัติ

1. นัยสำคัญเชิงทฤษฎี

ผลการสังเคราะห์วรรณกรรมช่วยเสริมและขยายฐานทฤษฎีในสาขาการจัดการห่วงโซ่อุปทานอย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะทฤษฎีความสามารถพลวัต (Teece et al., 1997) และทฤษฎีฐานทรัพยากร (Barney, 1991) ผลการทบทวนวรรณกรรมแสดงให้เห็นว่าปัญญาประดิษฐ์ทำหน้าที่เป็นทรัพยากรเชิงกลยุทธ์ที่ก่อให้เกิดความสามารถพลวัต (Dynamic capabilities) ซึ่งช่วยให้องค์กรสามารถตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของตลาดได้เร็วกว่าคู่แข่ง (Douaioui et al., 2024; Culot et al., 2024) หลักฐานดังกล่าวยังถือว่าเป็นการท้าทายโมเดลห่วงโซ่อุปทานเชิงเส้นตรงแบบดั้งเดิม โดยเน้นความจำเป็นของกรอบห่วงโซ่อุปทานแบบปรับตัวได้ที่สามารถรองรับความไม่แน่นอนเชิงระบบได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Bian et al., 2025; Yessef et al., 2025)

ยิ่งไปกว่านั้น ผลการวิจัยสนับสนุนทฤษฎีเชิงสถาบัน (Institutional Theory) โดยแสดงให้เห็นว่ากรอบกฎระเบียบ พลวัตภาษีศุลกากร และความตกลงหุ้นส่วนทางเศรษฐกิจระดับภูมิภาค (RCEP) เป็นปัจจัยกำกับสำคัญต่อผลลัพธ์การนำปัญญาประดิษฐ์มาใช้ (Cui, 2025; Bian et al., 2025) นอกจากนี้ การบูรณาการปัญญาประดิษฐ์เข้ากับอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง เทคโนโลยีบล็อกเชน และแบบจำลองดิจิทัลคู่ขนาน ยังนำเสนอมุมมองทฤษฎีระบบนิเวศ (Ecosystem Theory) ที่ชี้ว่าประโยชน์สูงสุดเกิดจากปฏิสัมพันธ์ระหว่างเทคโนโลยีหลายชนิดมากกว่าการพึ่งพาเทคโนโลยีเพียงอย่างเดียว (Culot et al., 2024)

2. นัยสำคัญเชิงปฏิบัติ

สำหรับผู้ประกอบการ วรรณกรรมสนับสนุนการลงทุนในปัญญาประดิษฐ์อย่างเป็นขั้นตอน โดยเริ่มจากฟังก์ชันที่สร้างผลกระทบสูงอย่างรวดเร็ว เช่น การบริหารสินค้าคงคลังและโลจิสติกส์ การลงทุนในแพลตฟอร์มที่บูรณาการปัญญาประดิษฐ์ เทคโนโลยีบล็อกเชน และอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งไว้ด้วยกันให้ผลตอบแทนที่คุ้มค่าและยากต่อการเลียนแบบ (Culot et al., 2024; Shahzadi et al., 2024) นอกจากนี้ การบริหารความเสี่ยงด้วยการวางแผนตามสถานการณ์จำลองที่ขับเคลื่อนด้วยปัญญาประดิษฐ์และแบบจำลองดิจิทัลคู่ขนาน ช่วยให้ผู้บริหารสามารถรับมือกับความผันผวนของภาษีศุลกากรได้อย่างเป็นรูปธรรม (Yessef et al., 2025)

สำหรับผู้กำหนดนโยบาย มีความจำเป็นอย่างเร่งด่วนในการพัฒนาสภาพแวดล้อมกฎระเบียบที่รองรับการกำกับดูแลข้อมูลข้ามพรมแดน (Cross-border data governance) การยกระดับทักษะแรงงานสำหรับเศรษฐกิจที่ขับเคลื่อนด้วยปัญญาประดิษฐ์ และการสร้างกรอบการกำกับดูแลปัญญาประดิษฐ์อย่างมีจริยธรรมในระดับภูมิภาค (Culot et al., 2024; Cui, 2025) ความร่วมมือในกรอบ RCEP เพื่อพัฒนามาตรฐานข้อมูลร่วมและกรอบการกำกับดูแลดิจิทัลระดับภูมิภาคมีนัยเชิงนโยบายที่สำคัญอย่างยิ่งต่อความสำเร็จของการนำปัญญาประดิษฐ์มาใช้ในวงกว้าง

ข้อจำกัดและช่องว่างทางการวิจัย

วรรณกรรมที่ทบทวนมีข้อจำกัดสำคัญ 4 ประการที่จำเป็นต้องได้รับการแก้ไขในการวิจัยในอนาคต เพื่อให้องค์ความรู้ในสาขานี้มีความสมบูรณ์และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในบริบทจีน-อาเซียนได้อย่างแท้จริง

1. ข้อจำกัดของวรรณกรรม

(1) อคติทางภูมิศาสตร์ การศึกษาส่วนใหญ่กระจุกตัวอยู่ในประเทศที่มีระดับการพัฒนาดิจิทัลสูง เช่น จีน สิงคโปร์ และมาเลเซีย โดยมองข้ามประเทศสมาชิกอาเซียนที่อยู่ในช่วงพัฒนา ซึ่งมีบริบทโครงสร้างพื้นฐานและความสามารถในการดูดซับเทคโนโลยีที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (Jomthanachai et al., 2024; Cui, 2025; Badghish & Soomro, 2024)

(2) ข้อจำกัดด้านข้อมูลและระยะเวลา การพึ่งพาชุดข้อมูลระยะสั้นและเฉพาะภาคส่วนจำกัดความสามารถในการจับผลกระทบระยะยาวของการบูรณาการปัญญาประดิษฐ์ รวมถึงการเปลี่ยนแปลงเชิงโครงสร้างในตลาดแรงงานและความยั่งยืน (Gumte et al., 2021; Badghish & Soomro, 2024)

(3) การประเมินอุปสรรคต่ำกว่าความเป็นจริง ต้นทุนการนำปัญญาประดิษฐ์ไปใช้ในวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อมมักถูกประเมินต่ำกว่าความเป็นจริง เนื่องจากการศึกษาส่วนใหญ่ใช้กรณีศึกษาจากองค์กรขนาดใหญ่ที่มีทรัพยากรเพียงพอ (Jahin et al., 2023; Boonmee et al., 2025)

(4) ข้อกังวลทางจริยธรรมและความเป็นส่วนตัว ความแตกต่างระหว่างพระราชบัญญัติคุ้มครองข้อมูลส่วนบุคคลของไทยและกฎหมายคุ้มครองข้อมูลส่วนบุคคลของจีนสร้างความซับซ้อนเชิงกฎระเบียบที่วรรณกรรมยังไม่ได้ตอบสนองอย่างครบถ้วน (Goswami et al., 2025; Elghomri et al., 2025)

2. ช่องว่างทางการวิจัยที่มีลำดับความสำคัญสูง

นอกจากข้อจำกัดข้างต้น ยังมีช่องว่างทางการวิจัยที่มีลำดับความสำคัญสูงและควรได้รับการแก้ไขโดยเร่งด่วน 4 ประการดังนี้

(1) การพัฒนาแบบจำลองเชิงเศรษฐมิติและแบบจำลองการจำลองที่ขับเคลื่อนด้วยปัญญาประดิษฐ์ที่บูรณาการพลวัตนโยบายและภาษีศุลกากรเข้ากับโมเดลการประเมินผลกระทบของปัญญาประดิษฐ์อย่างเป็นระบบ (Bian et al., 2025; Yessef et al., 2025)

(2) การดำเนินการศึกษาข้อมูลแผงแบบยาวข้ามประเทศ (longitudinal cross-country panel studies) เพื่อประเมินผลกระทบระยะยาวของการบูรณาการปัญญาประดิษฐ์ในหลายประเทศสมาชิกอาเซียนและจีนอย่างเป็นระบบ (Jomthanachai et al., 2024; Cui, 2025)

(3) การวิเคราะห์ต้นทุน-ผลประโยชน์เต็มรูปแบบที่รวมต้นทุนการลงทุนเบื้องต้น ค่าฝึกอบรมบุคลากร และค่าบำรุงรักษาระบบ เพื่อให้การประเมินผลตอบแทนจากการลงทุนในปัญญาประดิษฐ์มีความแม่นยำและน่าเชื่อถือ (Khan et al., 2024; G & G, 2025)

(4) การสร้างและทดสอบแบบจำลองแนวคิดแบบรวม (Unified conceptual model) ที่บูรณาการมิติเทคโนโลยี เศรษฐกิจ และนโยบายสำหรับบริบทจีน-อาเซียนโดยเฉพาะ เพื่อเป็นพื้นฐานสำหรับการวิจัยและการกำหนดนโยบายในระยะต่อไป (Cui, 2025; Bian et al., 2025)

บทสรุป

การทบทวนวรรณกรรมครั้งนี้สามารถตอบวัตถุประสงค์การวิจัยที่กำหนดไว้ทั้ง 3 ประการได้ดังนี้

วัตถุประสงค์ที่ 1 การสังเคราะห์หลักฐานจากวรรณกรรมระดับสากลยืนยันว่าปัญญาประดิษฐ์มีศักยภาพในการลดต้นทุนการดำเนินงานได้ในช่วงร้อยละ 15 ถึง 30 (Khan et al., 2024; Douaioui et al., 2024; Shahzadi et al., 2024) อย่างไรก็ตาม ตัวเลขดังกล่าวอาจผันแปรอย่างมีนัยสำคัญเมื่อนำมาพิจารณาในบริบทอาเซียน เนื่องจากความเหลื่อมล้ำของโครงสร้างพื้นฐานดิจิทัลระหว่างประเทศสมาชิกที่ยังคงมีอยู่ในระดับสูง นอกจากนี้ การบูรณาการเทคโนโลยีหลายชนิดพร้อมกันก่อให้เกิดผลเสริมฤทธิ์ที่สูงกว่าการพึ่งพาเทคโนโลยีเพียงชนิดเดียวอย่างมีนัยสำคัญ (Culot et al., 2024) ผลการวิเคราะห์

ดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่าปัญญาประดิษฐ์ทำหน้าที่เป็นทรัพยากรเชิงกลยุทธ์ที่ก่อให้เกิดความสามารถพลวัตขององค์กรตามกรอบทฤษฎีความสามารถพลวัต (Dynamic Capabilities Theory; Teece et al., 1997)

วัตถุประสงค์ที่ 2 ผลการวิเคราะห์พบว่าระบอบภาษีศุลกากรและกรอบความตกลงหุ้นส่วนทางเศรษฐกิจระดับภูมิภาค (RCEP) ทำหน้าที่เป็นปัจจัยกำกับที่สำคัญต่อประสิทธิผลของการนำปัญญาประดิษฐ์มาใช้ในห่วงโซ่อุปทาน (Bian et al., 2025; Cui, 2025) โดยประเทศที่มีความพร้อมของโครงสร้างพื้นฐานดิจิทัลสูงและกรอบกฎระเบียบที่เอื้ออำนวยสามารถได้รับประโยชน์จากปัญญาประดิษฐ์ได้ในระดับที่สูงกว่า ผลการวิเคราะห์นี้สอดคล้องกับทฤษฎีเชิงสถาบัน ที่ยืนยันว่าสภาพแวดล้อมเชิงสถาบันของแต่ละประเทศเป็นตัวกำหนดเพดานของผลลัพธ์ที่ได้รับจากการนำเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้

วัตถุประสงค์ที่ 3 ช่องว่างที่สำคัญที่สุดซึ่งระบุได้จากการทบทวนวรรณกรรมครั้งนี้คือการขาดแบบจำลองแนวคิดแบบรวมที่มีความจำเพาะต่อบริบทจีน-อาเซียน งานวิจัยในอนาคตควรมุ่งพัฒนาแบบจำลองที่สังเคราะห์มิติทางเทคโนโลยี เศรษฐศาสตร์ และนโยบายไว้ในกรอบวิเคราะห์เดียวกัน ควบคู่กับการส่งเสริมความร่วมมือระดับภูมิภาคในการสร้างมาตรฐานข้อมูลร่วมและกรอบการกำกับดูแลดิจิทัลที่เอื้อต่อการนำปัญญาประดิษฐ์มาใช้ในห่วงโซ่อุปทานข้ามพรมแดนอย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืน

เอกสารอ้างอิง

ASEAN Secretariat. (2024). ASEAN statistical yearbook 2023. ASEAN Secretariat. https://asean.org/wp-content/uploads/2023/12/ASEAN-Statistical-Yearbook-2023.pdf

Badghish, S., & Soomro, Y. A. (2024). Artificial intelligence adoption by SMEs to achieve sustainable business performance: application of technology–organization–environment framework. Sustainability. 16(5): 1864.

Barney, J. (1991). Firm resources and sustained competitive advantage. Journal of Management. 17(1): 99–120. https://doi.org/10.1177/014920639101700108

Bian, Z., Zhang, Y., Siau, K. L., Zhang, Y., & He, J. (2025). Risk Spillover Effect of China-ASEAN Supply Chains: Insights of Industrial Transfer. Journal of Global Information Management (JGIM). 33(1): 1-23.

Boonmee, C., Mangkalakeeree, J., & Jeong, Y. (2025). Towards sustainable digital transformation: AI adoption barriers and enablers among SMEs in Northern Thailand. Sustainable Futures. 10: 101169.

Cui, J. (2025). The impact of artificial intelligence technology on cross-border trade in Southeast Asia: A meta-analytic approach. arXiv preprint arXiv:2503.13529.

Culot, G., Podrecca, M., & Nassimbeni, G. (2024). Artificial intelligence in supply chain management: A systematic literature review of empirical studies and research directions. Computers in industry. 162: 104132.

Douaioui, K., Oucheikh, R., Benmoussa, O., & Mabrouki, C. (2024). Machine learning and deep learning models for demand forecasting in supply chain management: A critical review. Applied System Innovation. 7(5): 93.

Elghomri, B., Messaoudi, F., & Touti, N. (2025). The Role of AI in Driving Accountability and Transparency in Global Supply Chains: The Fragmented Bridge Between Research and Practice. Operations and Supply Chain Management An International Journal. 275-287.

Google, Temasek, & Bain & Company. (2023). e-Conomy SEA 2023: The economic power of Southeast Asia's digital decade. Google LLC. https://services.google.com/fh/files/misc/e_conomy_sea_2023_report.pdf

Goswami, S. S., Mondal, S., Sarkar, S., Gupta, K. K., Sahoo, S. K., & Halder, R. (2025). Artificial intelligence-enabled supply chain management: Unlocking new opportunities and challenges. In Artificial intelligence and applications (Vol. 3, No. 1, pp. 110-121).

Gumte, K. M., Pantula, P. D., Miriyala, S. S., & Mitra, K. (2021). Data driven robust optimization for handling uncertainty in supply chain planning models. Chemical Engineering Science. 246: 116889.

Jahin, M. A., Naife, S. A., Saha, A. K., & Mridha, M. F. (2023). Ai in supply chain risk assessment: A systematic literature review and bibliometric analysis. arXiv preprint arXiv:2401.10895.

Jomthanachai, S., Wong, W. P., & Khaw, K. W. (2024). An application of machine learning to logistics performance prediction: An economics attribute-based of collective instance. Computational economics. 63(2): 741-792.

Khan, T., Emon, M. M. H., & Rahman, M. A. (2024). A systematic review on exploring the influence of Industry 4.0 technologies to enhance supply chain visibility and operational efficiency. Review of Business and Economics Studies. 12(3): 6-27.

Shahzadi, G., Jia, F., Chen, L., & John, A. (2024). AI adoption in supply chain management: A systematic literature review. Journal of Manufacturing Technology Management. 35(6): 1125-1150.

Teece, D. J., Pisano, G., & Shuen, A. (1997). Dynamic capabilities and strategic management. Strategic management journal. 18(7): 509-533.

Verified Market Research. (2022, January 10). Artificial intelligence in supply chain market size worth $14.3 billion, globally, by 2028 at 20.17% CAGR. PR Newswire.

Yessef, M., Hakam, Y., Tabaa, M., Alammar, M. M., & Elbarbary, Z. M. (2025). Digital twin technology in smart cities: A step toward intelligent urban management. Energy Reports. 14: 5539-5557.

ผลของการเปิดเผยการใช้ปัญญาประดิษฐ์ในโฆษณาต่อคุณค่าแบรนด์: บทบาทของความคุ้นเคยต่อแบรนด์

Effects of disclosing AI-generated advertising on brand equity: The role of brand familiarity

วรรณลัดดา จันทร์ป้อง[1] ไกรศร ทองศรี[1] พรพรหม ซิงห์[1] และภัทรภร เสนไกรกุล[1*]

Wanladda Chanpong[1], Kaison Thongsri[1], Pronprom Singh[1]
and Bhattaraporn Senkraigul[1*]

[1]ภาควิชานิเทศศาสตร์ คณะวิทยาการสารสนเทศ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
[1]Department of Communication Arts, Faculty of Informatics, Mahasarakham University
[*]Corresponding Author E-mail Address : bhattaraporn.s@msu.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการเปิดเผยว่าโฆษณาที่ถูกสร้างโดยปัญญาประดิษฐ์ และระดับความคุ้นเคยต่อแบรนด์ ที่มีต่อคุณค่าแบรนด์ การวิจัยใช้รูปแบบการทดลองแบบ 2×2 แฟกทอเรียลระหว่างกลุ่มตัวอย่าง โดยเปรียบเทียบระหว่างเงื่อนไขการเปิดเผยและไม่เปิดเผยว่าโฆษณาถูกสร้างโดยปัญญาประดิษฐ์ ร่วมกับแบรนด์ที่มีความคุ้นเคยสูงและแบรนด์ที่มีความคุ้นเคยต่ำ โดยมีกลุ่มตัวอย่างจำนวน 180 คน วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนา และการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทาง ผลการวิจัยพบว่า การเปิดเผยว่าโฆษณาที่ถูกสร้างโดยปัญญาประดิษฐ์ไม่ส่งผลอย่างมีนัยสำคัญต่อทัศนคติต่อแบรนด์ ความตั้งใจซื้อ และการบอกต่อแบบปากต่อปาก ขณะที่ความคุ้นเคยต่อแบรนด์มีผลต่อทัศนคติต่อแบรนด์อย่างมีนัยสำคัญ และมีผลต่อความตั้งใจซื้อในระดับใกล้เคียงนัยสำคัญ แต่ไม่ส่งผลต่อการบอกต่อแบบปากต่อปาก นอกจากนี้ไม่พบผลการมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างการเปิดเผยว่าโฆษณาที่ถูกสร้างโดยปัญญาประดิษฐ์และระดับความคุ้นเคยต่อแบรนด์

คำสำคัญ: คุณค่าแบรนด์ เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ ทัศนคติต่อแบรนด์ ความตั้งใจซื้อ การบอกต่อแบบปากต่อปาก

Abstract

This study aimed to examine the effects of disclosing AI-generated advertising and brand familiarity on brand equity. A 2×2 between-subjects factorial experimental design was employed by comparing disclosure and non-disclosure conditions of AI-generated advertising in combination with high and low brand familiarity conditions. The sample consisted of 180 participants. Data were analyzed using descriptive statistics and two-way analysis of variance. The findings revealed that disclosure of AI-generated advertising did not significantly affect brand attitude, purchase intention, or word-of-mouth intention. In contrast, brand familiarity had a significant effect on brand attitude and a marginally significant effect on purchase intention,

while no significant effect was found on word-of-mouth intention. In addition, no interaction effect was found between disclosure of AI-generated advertising and brand familiarity.

คำสำคัญ: Brand Equity, Artificial Intelligence Technology, Brand Attitude, Purchase Intention, Word-of-Mouth intention

บทนำ

วิวัฒนาการของปัญญาประดิษฐ์ โดยเฉพาะเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์เชิงสร้างสรรค์ (Generative AI) เช่น ChatGPT หรือ DALL-E กำลังเปลี่ยนแปลงวงการสื่อสารมวลชนและการตลาดอย่างรวดเร็ว ทั้งในงานสร้างภาพ วิดีโอ และเนื้อหาสำหรับการสื่อสารแบรนด์ โดยรายงานของ Reuters Institute ระบุว่าในปี 2024 พลังของปัญญาประดิษฐ์เชิงสร้างสรรค์ จะกลายเป็นปัจจัยสำคัญในการสร้างสรรค์และเผยแพร่เนื้อหาบนอินเทอร์เน็ต โดยคาดการณ์ว่าปริมาณเนื้อหาออนไลน์ส่วนใหญ่จะถูกสร้างด้วยวิธีสังเคราะห์ขึ้น รวมถึงการโฆษณาออนไลน์ด้วย ขณะเดียวกัน แพลตฟอร์มหลักจำนวนมากเริ่มผลักดันมาตรการด้านความโปร่งใสของเนื้อหาที่สร้างด้วยปัญญาประดิษฐ์เชิงสร้างสรรค์ เช่น การมีป้ายกำกับหรือการตรวจจับอัตโนมัติ เนื่องจากผู้ชมควรรับรู้ว่าเนื้อหาที่ได้รับชมนั้น ผ่านการสร้างหรือดัดแปลงด้วยเทคโนโลยีลักษณะใด นอกจากนี้ ในระดับอุตสาหกรรม แบรนด์ขนาดใหญ่เองก็เริ่มทดลองใช้ปัญญาประดิษฐ์เชิงสร้างสรรค์เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการเล่าเรื่องในรูปแบบการโฆษณาอย่างเปิดเผยแล้วเช่นกัน (Newman, 2024)

นอกจากนี้ การใช้ปัญญาประดิษฐ์เชิงสร้างสรรค์ในอุตสาหกรรมโฆษณา ยังเป็นประเด็นที่ถูกวิพากษ์วิจารณ์อย่างกว้างขวาง โดยเฉพาะในมิติของจริยธรรมและความรู้สึกของผู้บริโภค แม้ว่าแบรนด์จะได้รับประโยชน์ แต่เทคโนโลยีนี้อาจเป็นดาบสองคม เพราะหากผู้บริโภคไม่สามารถแยกแยะได้ว่าสื่อที่ปรากฏเป็นข้อมูลจริงหรือถูกสร้างขึ้น อาจนำไปสู่ความเข้าใจผิดจากการเผยแพร่ข้อมูลได้ (ชัยชนะ มิตรพันธ์, 2566) รวมถึง ยังมีประเด็นการละเมิดสิทธิ์ลิขสิทธิ์ของศิลปินและการนำภาพบุคคลไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตอีกด้วย (ชาคริต ทองสัมฤทธิ์, 2566; Cress, 2026) ดังนั้นแม้ว่าการใช้ปัญญาประดิษฐ์เชิงสร้างสรรค์ จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตสื่อให้รวดเร็วและคุ้มค่ายิ่งขึ้น แต่ก็ท้าทายว่าจะได้รับความน่าเชื่อถือและการยอมรับจากผู้บริโภคมากน้อยเพียงใด (Newman, 2024)

ในเชิงกฎระเบียบและนโยบาย ความโปร่งใสในการใช้ปัญญาประดิษฐ์เชิงสร้างสรรค์เพื่อการโฆษณากำลังเป็นประเด็นที่ได้รับความสนใจอย่างยิ่ง เช่น ในปี 2023 แพลตฟอร์ม Meta และ Google เริ่มบังคับให้ผู้ลงโฆษณาทางการเมืองระบุด้วยว่าโฆษณามีการใช้ปัญญาประดิษฐ์เชิงสร้างสรรค์หรือไม่ ขณะที่ TikTok ก็กำหนดกฎเกณฑ์ความโปร่งใสในการสร้างเนื้อหาด้วยเช่นเดียวกัน (Newman, 2024) นโยบายเหล่านี้สะท้อนถึงทิศทางของอุตสาหกรรมที่ให้ความสำคัญกับการเปิดเผยถึงกระบวนการเบื้องหลังโฆษณา โดยมุ่งหวังว่าจะเสริมสร้างความไว้วางใจให้กับผู้บริโภคเพิ่มมากขึ้น อย่างไรก็ตาม รายงานของ Nuremberg Institute for Market Decisions ชี้ให้เห็นว่า การเปิดเผยว่าโฆษณาที่ถูกสร้างด้วยปัญญาประดิษฐ์เชิงสร้างสรรค์อาจส่งผลเชิงลบต่อการรับรู้ของผู้บริโภค โดยผู้บริโภคบางส่วนมีแนวโน้มเกิดความไม่เชื่อมั่นต่อเนื้อหาที่สร้างโดยปัญญาประดิษฐ์เชิงสร้างสรรค์มากกว่าเนื้อหาที่สร้างโดยมนุษย์ อีกทั้งงานโฆษณาที่ระบุว่าเป็น “AI-generated” มักถูกประเมินว่ามีความเป็นธรรมชาติและความมีประโยชน์ต่ำกว่า ซึ่งส่งผลให้ทัศนคติต่อโฆษณาและความตั้งใจในการมีส่วนร่วมกับสินค้าลดลง (Buder et al., 2024)

อย่างไรก็ตาม Keller (1993) กล่าวว่า ในการสร้างคุณค่าแบรนด์ของผู้บริโภค มักขึ้นอยู่กับความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับแบรนด์ (Brand knowledge) ซึ่งประกอบด้วยการตระหนักรู้ในแบรนด์ (Brand awareness) และภาพลักษณ์แบรนด์ (Brand image) โดยคุณค่าแบรนด์จะเกิดขึ้นเมื่อผู้บริโภคมีความคุ้นเคยกับแบรนด์ มีภาพจำที่แข็งแกร่งและดีต่อแบรนด์ ดังนั้น ความคุ้นเคยต่อแบรนด์จึงเป็นปัจจัยสำคัญที่จะสร้างทัศนคติที่ดีและความจงรักภักดีต่อแบรนด์ได้ ดังการศึกษาของ Rose (2015) ที่พบว่าผู้บริโภคที่คุ้นเคยกับแบรนด์ จะรับรู้ความเสี่ยงต่ำกว่าและมีทัศนคติรวมต่อความตั้งใจซื้อสูงกว่าแบรนด์ที่ไม่คุ้นเคย

แม้ผลการศึกษาข้างต้นจะเผยให้เห็นว่า หากผู้บริโภคมีความคุ้นเคยกับแบรนด์จะทำให้เพิ่มความได้เปรียบด้านคุณค่าแบรนด์ แต่ยังไม่พบการศึกษาที่ผสมผสานบริบทของการเปิดเผยข้อมูลการใช้ปัญญาประดิษฐ์ในโฆษณากับปัจจัยความคุ้นเคยอย่างชัดเจน ดังนั้น ภายใต้สถานการณ์ที่ปัญญาประดิษฐ์เชิงสร้างสรรค์เข้ามามีบทบาทสูงในโฆษณา รวมถึงแรงกดดันจากนโยบายให้ต้องเปิดเผยที่มาของเนื้อหา งานวิจัยนี้จึงออกแบบการทดลองเพื่อทดสอบผู้บริโภคกลุ่มตัวอย่าง เมื่อทราบว่าโฆษณาถูกสร้างโดยปัญญาประดิษฐ์ และเมื่อแบรนด์นั้นๆ อยู่ในระดับความคุ้นเคยที่ต่างกัน จะส่งผลกระทบอย่างไรต่อมิติของคุณค่าแบรนด์บ้าง และความคุ้นเคยกับแบรนด์จะส่งผลอย่างไรหรือไม่

การทบทวนวรรณกรรม

ปัญญาประดิษฐ์เชิงสร้างสรรค์กับการโฆษณา

ปัญญาประดิษฐ์เชิงสร้างสรรค์ เป็นเทคโนโลยีที่ใช้การเรียนรู้เชิงลึกเพื่อการสร้างเนื้อหาใหม่โดยอัตโนมัติ ไม่ว่าจะเป็นข้อความ ภาพ หรือวิดีโอ (Park, 2025) ทำให้องค์กรต่างๆ สนใจที่จะนำเครื่องมือนี้ มาใช้ในกระบวนการทำงานเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการสร้างสรรค์เนื้อหาที่มีคุณภาพสูงในต้นทุนลดลงและรวดเร็วขึ้น เช่น การสร้างภาพหรือข้อความโฆษณาที่ดึงดูดความสนใจของผู้บริโภค (Patil, 2024; Buder et al., 2024) อย่างไรก็ตาม ผู้บริโภคส่วนใหญ่ยังมีความกังวลต่อความน่าเชื่อถือของเนื้อหาที่ถูกสร้างขึ้น โดยรายงานของ Reuters Institute พบว่ากว่าร้อยละ 60 ของผู้ตอบแบบสำรวจในสหรัฐอเมริกาและอังกฤษ “ไม่สบายใจ” กับข่าวสารที่ผลิตด้วยปัญญาประดิษฐ์เชิงสร้างสรรค์ (Newman, 2024) ทั้งนี้ เนื่องจากการสื่อสารที่สร้างโดยระบบอัตโนมัติอาจลดความรู้สึกเป็นธรรมชาติและความเป็นมนุษย์ของเนื้อหาสารลง ทำให้ผู้บริโภคไม่เข้าใจว่าเนื้อหานั้นสื่อสารด้วยอารมณ์แบบใด จึงไม่ค่อยไว้วางใจในโฆษณา และอาจกระทบต่อการรับรู้คุณค่าและภาพลักษณ์ของแบรนด์ในระยะยาว (Kaplan & Haenlein, 2019)

การเปิดเผยการใช้ปัญญาประดิษฐ์ในการสร้างเนื้อหา (AI Disclosure)

การเปิดเผยแหล่งที่มาของเนื้อหาโฆษณาที่สร้างโดยปัญญาประดิษฐ์เป็นกลไกสำคัญในการสร้างความโปร่งใสและความน่าเชื่อถือในการสื่อสาร โดย Gujar and Panyam (2024) กล่าวว่าผู้บริโภคในยุคดิจิทัล โดยเฉพาะกลุ่มคนรุ่นใหม่ มีแนวโน้มยอมรับการใช้ปัญญาประดิษฐ์ในกระบวนการสร้างเนื้อหามากขึ้น นอกจากนี้ ทฤษฎีการประมวลผลข้อมูลของ Bettman (1979) อธิบายว่าผู้บริโภคมักให้ความสำคัญกับองค์ประกอบที่มองเห็นได้ชัดเจน เช่น เนื้อหาและภาพในโฆษณา มากกว่าแหล่งที่มาหรือกระบวนการผลิต ดังนั้น การรับรู้ว่าโฆษณาถูกสร้างโดยปัญญาประดิษฐ์จึงอาจไม่ส่งผลกระทบต่อทัศนคติของผู้บริโภคอย่างมีนัยสำคัญเสมอไป

ความคุ้นเคยต่อแบรนด์ (Brand familiarity)

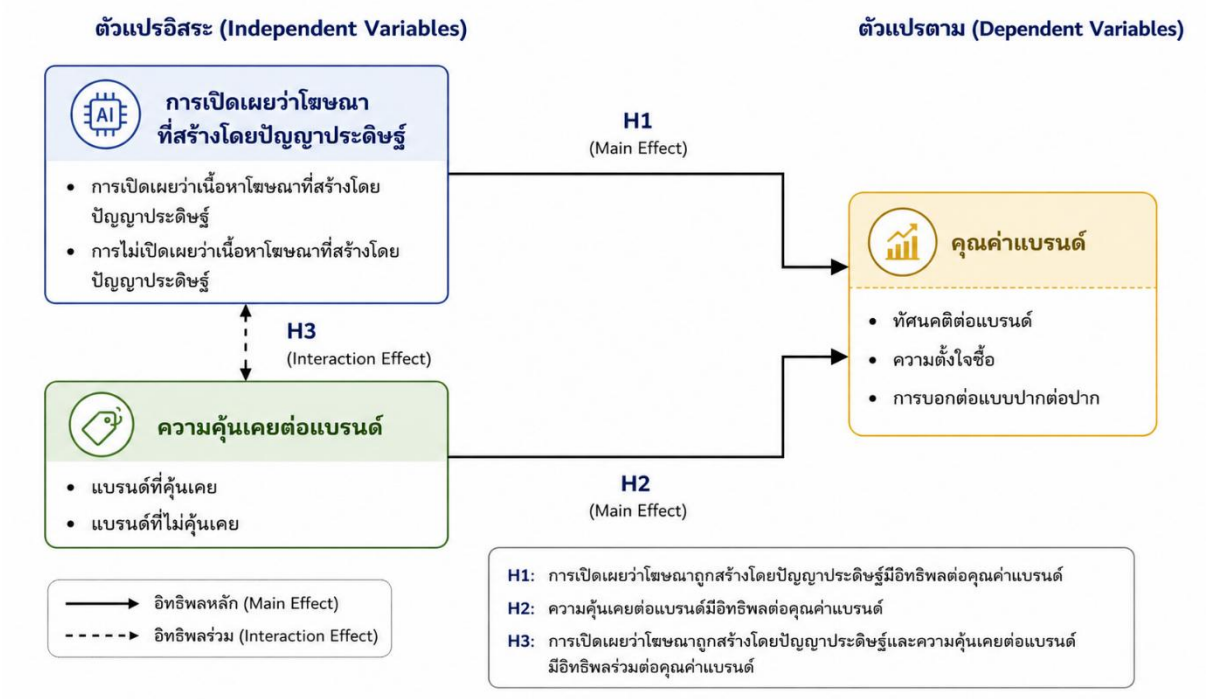
Aaker (1991) นิยามคุณค่าแบรนด์ (Brand Equity) ว่าประกอบด้วย 4 องค์ประกอบสำคัญ ได้แก่ การตระหนักรู้ในแบรนด์ การเชื่อมโยงแบรนด์ คุณภาพที่ถูกรับรู้ และความภักดีต่อแบรนด์ โดยความคุ้นเคยต่อแบรนด์ถือเป็นองค์ประกอบพื้นฐานที่ส่งผลต่อการประเมินของผู้บริโภค Ha and Perks (2005) พบว่าความคุ้นเคยต่อแบรนด์ช่วยลดความระแวงและเพิ่มความไว้วางใจ สอดคล้องกับแนวคิดความเสี่ยงที่รับรู้ของ Bauer (1960) ที่ระบุว่าผู้บริโภคจะรับรู้ความเสี่ยงต่ำลงเมื่อเผชิญกับแบรนด์ที่ตนมีประสบการณ์มาก่อน ส่งผลให้ทัศนคติและความตั้งใจซื้อสูงขึ้นตามไปด้วย

พฤติกรรมผู้บริโภค

Kotler and Keller (2012) อธิบายว่าพฤติกรรมผู้บริโภคเป็นกระบวนการที่เชื่อมโยงตั้งแต่การรับรู้ ทัศนคติ ความตั้งใจซื้อ จนถึงความพึงพอใจหลังการบริโภค โดยทฤษฎีการวางแผนพฤติกรรมของ Ajzen (1985) ชี้ว่าทัศนคติ บรรทัดฐานทางสังคม และการรับรู้ความสามารถในการควบคุมพฤติกรรมเป็นปัจจัยกำหนดความตั้งใจของผู้บริโภค นอกจากนี้ พฤติกรรมการบอกต่อแบบปากต่อปากมักเกิดจากประสบการณ์การบริโภคจริงมากกว่าการรับชมโฆษณาเพียงครั้งเดียว (Solomon, 2020) ดังนั้น การเปิดเผยการใช้ปัญญาประดิษฐ์ในโฆษณาจึงอาจส่งผลต่อพฤติกรรมผู้บริโภคแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับระดับความคุ้นเคยที่มีต่อแบรนด์นั้น ๆ

กรอบแนวคิดและสมมติฐาน

จากการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวกับโฆษณาในยุคปัญญาประดิษฐ์ คุณค่าแบรนด์ และพฤติกรรมผู้บริโภค ด้านทัศนคติที่มีต่อแบรนด์ ความตั้งใจซื้อ และการบอกต่อแบบปากต่อปาก สามารถสรุปกรอบแนวคิดได้ดังนี้



รูปที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

วิธีการดำเนินวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการการวิจัยเชิงทดลองแบบ 2x2 Factorial Design โดยมีตัวแปรอิสระ 2 ตัวแปร ได้แก่ 1) การเปิดเผยเนื้อหาโฆษณาว่าถูกสร้างโดยปัญญาประดิษฐ์ ประกอบด้วยการเปิดเผย กับ ไม่เปิดเผย และ 2) ระดับความคุ้นเคยต่อแบรนด์ ประกอบด้วย แบรนด์ที่คุ้นเคย กับ แบรนด์ที่ไม่คุ้นเคย ลำดับต่อมาคือตัวแปรตามคือคุณค่าแบรนด์ โดยประกอบด้วยมิติ ทัศนคติต่อแบรนด์ ความตั้งใจซื้อ และการบอกต่อแบบปากต่อปาก โดยมีขั้นตอนในการดำเนินการวิจัยดังนี้

1. การคัดเลือกตัวแปร

ในการศึกษาครั้งนี้ คณะผู้วิจัยแบ่งระดับความคุ้นเคยต่อแบรนด์ออกเป็น 2 ระดับ ได้แก่ แบรนด์ที่มีความคุ้นเคยสูง (High Familiarity) และแบรนด์ที่มีความคุ้นเคยต่ำ (Low Familiarity) โดยอ้างอิงแนวคิดของ Kent and Allen (1994) ซึ่งอธิบายว่าความคุ้นเคยต่อแบรนด์เกิดจากระดับการรับรู้ ประสบการณ์ และความสามารถในการจดจำแบรนด์ของผู้บริโภค

คณะผู้วิจัยได้ดำเนินการสำรวจเบื้องต้นกับนิสิตระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม อายุระหว่าง 18–25 ปี จำนวน 13 คน เพื่อคัดเลือกประเภทสินค้าและแบรนด์ที่ผู้บริโภครับรู้ว่ามีความคุ้นเคยสูงและความคุ้นเคยต่ำ โดยให้ผู้ตอบระบุแบรนด์ที่นึกถึงจากประเภทสินค้าที่กำหนด ผลการสำรวจพบว่า สินค้าที่กลุ่มตัวอย่างมีความคุ้นเคยสูง 3 ลำดับแรก ได้แก่ เครื่องดื่ม (โคคาโคล่า) บะหมี่กึ่งสำเร็จรูป (มาม่า) และแชมพู (แพนทีน)

2. การวัดค่าความเชื่อมั่นของคำถามที่ใช้ในการวิจัย

คณะผู้วิจัยได้ตรวจสอบค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบถามที่ใช้ในการวิจัย โดยคำถามวัดทัศนคติต่อแบรนด์จำนวน 7 ข้อ ใช้มาตรวัดแบบ Semantic Differential Scale 5 ระดับ มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ .79 ขณะที่คำถามวัดความตั้งใจซื้อจำนวน 4 ข้อ และคำถามวัดการบอกต่อแบบปากต่อปากจำนวน 4 ข้อ ใช้มาตรวัดแบบ Likert Scale 5 ระดับ มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ .94 และ .92 ตามลำดับ ทั้งนี้ มาตรวัดทั้งสองประเภทกำหนดระดับคะแนนตั้งแต่ 1 = ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง ถึง 5 = เห็นด้วยอย่างยิ่ง

3. แบบสอบถาม

ภายหลังการกำหนดตัวแปรในการวิจัย คณะผู้วิจัยได้พัฒนาแบบสอบถามสำหรับใช้วัดตัวแปรตามโดยอ้างอิงแนวคิดและมาตรวัดจากงานวิจัยด้านพฤติกรรมผู้บริโภคและคุณค่าแบรนด์ที่ได้รับการอ้างอิงอย่างแพร่หลายในแวดวงวิชาการ แบบสอบถามแบ่งออกเป็น 4 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 คำถามวัดทัศนคติของผู้บริโภคที่มีต่อแบรนด์ (Keller, 1993; Aaker, 1991)
ส่วนที่ 2 คำถามวัดความตั้งใจซื้อของผู้บริโภค (Kotler & Keller, 2016; Solomon, 2020)
ส่วนที่ 3 คำถามวัดการบอกต่อแบบปากต่อปาก (Ha & Perks, 2005)
ส่วนที่ 4 คำถามเกี่ยวกับข้อมูลทั่วไปของผู้บริโภค

4. ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ดำเนินการทดลองกับนิสิตระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ทั้งเพศชายและเพศหญิง จำนวน 180 คน โดยแบ่งผู้เข้าร่วมการทดลองออกเป็น 4 กลุ่ม (A1–A4) ดังแผนภาพที่ 2 กลุ่มละประมาณ 40 คน การทดลองดำเนินการภายในห้องเรียนของคณะวิทยาการสารสนเทศและคณะการบัญชีและการจัดการ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ซึ่งได้รับความร่วมมือจากสถานที่ในการดำเนินการทดลองและนำเสนอทรีตเมนต์ ในช่วงเดือนมีนาคม พ.ศ. 2568

จากนั้น คณะผู้วิจัยได้ชี้แจงรายละเอียดเบื้องต้นเกี่ยวกับการทดลองแก่ผู้เข้าร่วมการวิจัย โดยมีการปกปิดวัตถุประสงค์ที่แท้จริงบางส่วน เพื่อป้องกันอคติที่อาจส่งผลต่อการตอบสนองของผู้เข้าร่วมการทดลอง โดยผู้เข้าร่วมการวิจัยได้รับชมโปสเตอร์โฆษณาคนละประมาณ 5 นาที ภายใต้เงื่อนไขของกลุ่มทดลองที่ได้รับ

ภายหลังการรับชมโปสเตอร์ คณะผู้วิจัยได้ส่งลิงก์แบบสอบถามออนไลน์ พร้อมอธิบายรายละเอียดของข้อคำถามในแต่ละส่วน ก่อนให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยตอบแบบสอบถาม ซึ่งใช้เวลาประมาณ 15 นาที หลังจากเก็บรวบรวมแบบสอบถามเรียบร้อยแล้ว คณะผู้วิจัยจึงอธิบายวัตถุประสงค์ที่แท้จริงของการวิจัย พร้อมกล่าวขอบคุณผู้เข้าร่วมการวิจัย

จากนั้น คณะผู้วิจัยได้นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์เพื่อทดสอบสมมติฐานการวิจัย โดยใช้สถิติการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทาง (Two-way Analysis of Variance: Two-way ANOVA) ผ่านโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ SPSS

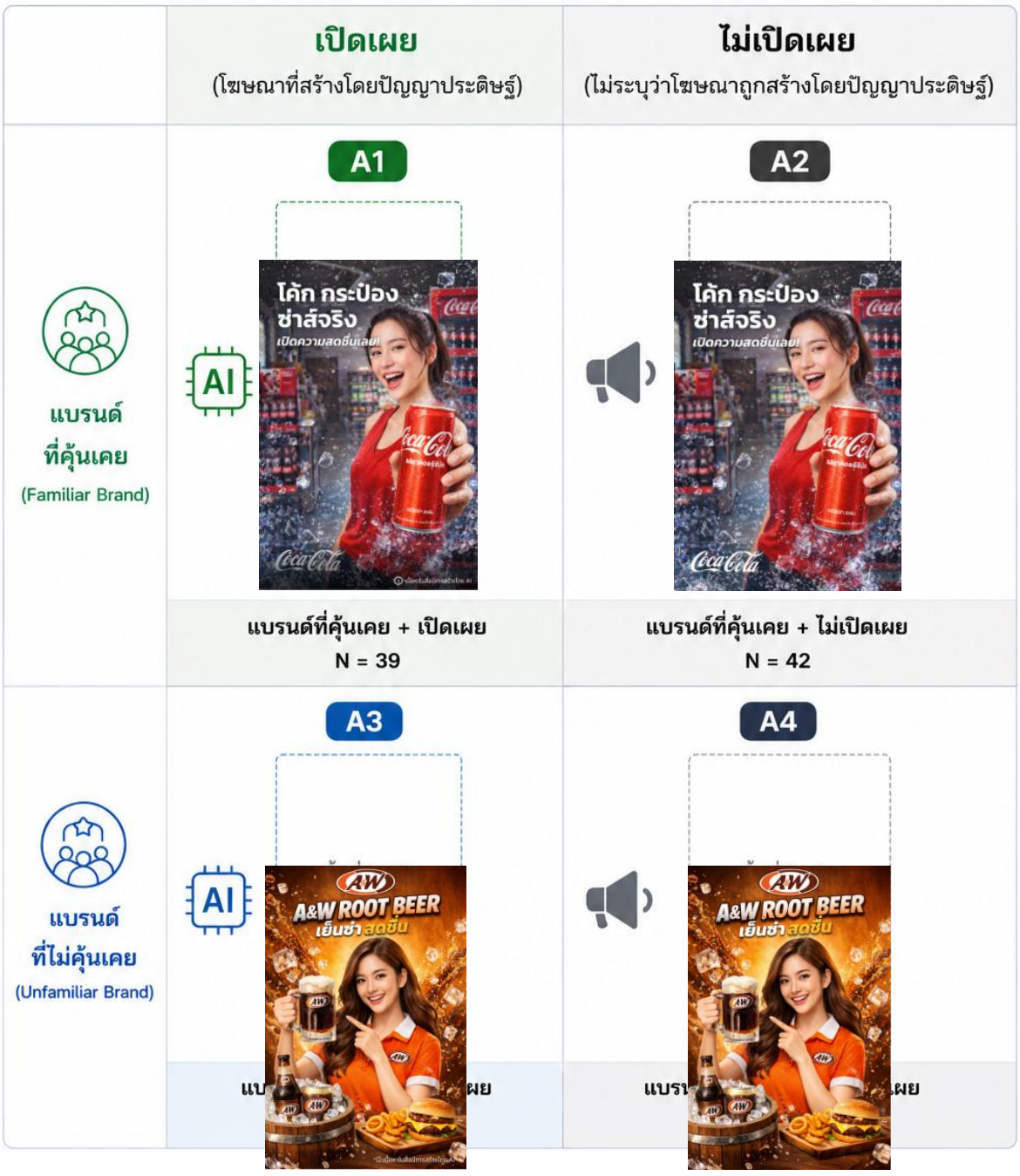
กลุ่มการทดลอง (2x2 Factorial Design)

กลุ่ม A1 ผู้เข้าร่วมทำแบบสอบถามที่มีการเปิดเผยว่าเนื้อหาโฆษณาถูกสร้างสรรค์โดยเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ และแบรนด์ที่คุ้นเคยคือ Coca-Cola และผู้เข้าร่วมทดลองคือนิสิตคณะวิทยาการสารสนเทศ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม จำนวน 39 คน

กลุ่ม A2 ผู้เข้าร่วมทำแบบสอบถามที่ไม่มีการเปิดเผยว่าเนื้อหาโฆษณาถูกสร้างสรรค์โดยเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ และแบรนด์ที่คุ้นเคยคือ Coca-Cola และผู้เข้าร่วมทดลองคือนิสิตคณะการบัญชีและการจัดการ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม จำนวน 42 คน

กลุ่ม A3 ผู้เข้าร่วมทำแบบสอบถามที่มีการเปิดเผยว่าเนื้อหาโฆษณาถูกสร้างสรรค์โดยเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ และแบรนด์ที่ไม่คุ้นเคย คือ A&W Root Beer และผู้เข้าร่วมทดลองคือนิสิตคณะการบัญชีและการจัดการ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม จำนวน 54 คน

กลุ่ม A4 ผู้เข้าร่วมทำแบบสอบถามที่ไม่มีการเปิดเผยว่าเนื้อหาโฆษณาถูกสร้างสรรค์โดยเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์และแบรนด์ที่ไม่คุ้นเคย คือ A&W Root Beer และผู้เข้าร่วมทดลองคือนิสิตคณะวิทยาการสารสนเทศ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม จำนวน 45 คน



รูปที่ 2 กลุ่มการทดลอง (2x2 Factorial Design) กลุ่ม A1-A4

ผลการวิจัย

1. ข้อมูลทั่วไปของผู้เข้าร่วมการวิจัย

ผู้เข้าร่วมการวิจัยจำนวน 180 คน แบ่งออกเป็น 4 กลุ่มทดลอง ได้แก่ A1 จำนวน 39 คน A2 จำนวน 42 คน A3 จำนวน 54 คน และ A4 จำนวน 45 คน โดยส่วนใหญ่เป็นเพศหญิงจำนวน 126 คน คิดเป็นร้อยละ 70 และมีอายุระหว่าง 18–20 ปี จำนวน 118 คน คิดเป็นร้อยละ 53.1

2. ผลการวิเคราะห์พฤติกรรมผู้บริโภค

ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของพฤติกรรมผู้บริโภคจำแนกตามกลุ่มทดลองเรื่อง พบว่า กลุ่ม A1 มีค่าเฉลี่ยด้านทัศนคติต่อแบรนด์สูงที่สุด (3.95) รองลงมาคือกลุ่ม A2 (3.92) ขณะที่กลุ่ม A3 และ A4 ซึ่งเป็นกลุ่มแบรนด์ไม่คุ้นเคยมีค่าเฉลี่ยใกล้เคียงกันที่ 3.59 และ 3.61 ตามลำดับ

ด้านความตั้งใจซื้อ พบว่า กลุ่ม A1 มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด (3.65) รองลงมาคือกลุ่ม A2 (3.64) ส่วนกลุ่ม A3 และ A4 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.49 และ 3.30 ตามลำดับ

สำหรับด้านการบอกต่อแบบปากต่อปาก พบว่า กลุ่ม A2 มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด (3.63) รองลงมาคือกลุ่ม A1 และ A3 ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากันที่ 3.50 ส่วนกลุ่ม A4 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.38 ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรตามจำแนกตามกลุ่มทดลอง

กลุ่มการทดลอง	พฤติกรรมผู้บริโภค					
	ทัศนคติที่มีต่อแบรนด์		ความตั้งใจซื้อ		การบอกต่อแบบปากต่อปาก	
	$\bar{x}$	*SD*	$\bar{x}$	*SD*	$\bar{x}$	*SD*
A1 เปิดเผย x คุ้นเคย	3.95	0.78	3.65	1.03	3.50	0.93
A2 ไม่เปิดเผย x คุ้นเคย	3.92	0.75	3.64	0.85	3.63	0.86
A3 เปิดเผย x ไม่คุ้นเคย	3.59	0.69	3.49	0.83	3.50	0.87
A4 ไม่เปิดเผย X ไม่คุ้นเคย	3.61	0.57	3.30	0.71	3.38	0.68

3. ผลกระทบหลักของการเปิดเผยว่าโฆษณาถูกสร้างโดยปัญญาประดิษฐ์ต่อคุณค่าแบรนด์ (H1)

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทาง (Two-way ANOVA) พบว่า การเปิดเผยว่าโฆษณาถูกสร้างโดยปัญญาประดิษฐ์ไม่ส่งผลต่อทัศนคติต่อแบรนด์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($F(1, 176) = 0.005$, $p = .946$, $\eta p^2 = .000$) รวมถึงไม่ส่งผลต่อความตั้งใจซื้อ ($F(1, 176) = 0.618$, $p = .433$, $\eta p^2 = .003$) และการบอกต่อแบบปากต่อปาก ($F(1, 176) = 0.001$, $p = .977$, $\eta p^2 = .000$) ดังนั้น จึงไม่สนับสนุนสมมติฐาน H1 ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลกระทบหลักของการเปิดเผยว่าโฆษณาถูกสร้างโดยปัญญาประดิษฐ์ต่อคุณค่าแบรนด์ (H1)

ตัวแปรตาม	F(df1, df2)	*p*	ηp^2	ผลการทดสอบ
ทัศนคติต่อแบรนด์	F(1, 176) = 0.005	.946	.000	ไม่สนับสนุน
ความตั้งใจซื้อ	F(1, 176) = 0.618	.433	.003	ไม่สนับสนุน
การบอกต่อแบบปากต่อปาก	F(1, 176) = 0.001	.977	.000	ไม่สนับสนุน

4. ผลกระทบหลักของระดับความคุ้นเคยของแบรนด์ที่มีผลต่อคุณค่าแบรนด์ (H2)

ผลการวิเคราะห์พบว่า ระดับความคุ้นเคยต่อแบรนด์ส่งผลต่อทัศนคติต่อแบรนด์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($F(1, 176) = 10.324$, $p = .002$, $\eta p^2 = .055$) โดยกลุ่มแบรนด์ที่คุ้นเคยมีค่าเฉลี่ยสูงกว่ากลุ่มแบรนด์ที่ไม่คุ้นเคย อย่างไรก็ตาม ไม่พบผลอย่างมีนัยสำคัญต่อความตั้งใจซื้อ ($F(1, 176) = 3.820$, $p = .052$, $\eta p^2 = .021$) และการบอกต่อแบบปากต่อปาก ($F(1, 176) = 0.991$, $p = .321$, $\eta p^2 = .006$) ดังนั้น สมมติฐาน H2 จึงได้รับการสนับสนุนบางส่วน ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลกระทบหลักของระดับความคุ้นเคยต่อแบรนด์ที่มีต่อคุณค่าแบรนด์ (H2)

ตัวแปรตาม	F(df1, df2)	*p*	ηp^2	ผลการทดสอบ
ทัศนคติต่อแบรนด์	F(1, 176) = 10.324	.002*	.055	สนับสนุน
ความตั้งใจซื้อ	F(1, 176) = 3.820	.052	.021	ไม่สนับสนุน
การบอกต่อแบบปากต่อปาก	F(1, 176) = 0.991	.321	.006	ไม่สนับสนุน

หมายเหตุ: $p < .05$

5. ผลกระทบร่วมกันของการเปิดเผยเนื้อหาโฆษณาที่ถูกสร้างโดยปัญญาประดิษฐ์และระดับความคุ้นเคยกับแบรนด์ที่มีผลต่อคุณค่าแบรนด์ (H3)

ผลการวิเคราะห์ไม่พบผลปฏิสัมพันธ์ระหว่างการเปิดเผยว่าโฆษณาถูกสร้างโดยปัญญาประดิษฐ์และระดับความคุ้นเคยต่อแบรนด์ต่อทัศนคติต่อแบรนด์ ($F(1, 176) = 0.050$, $p = .824$, $\eta p^2 = .000$) ความตั้งใจซื้อ ($F(1, 176) = 0.429$, $p = .513$, $\eta p^2 = .002$) และการบอกต่อแบบปากต่อปาก ($F(1, 176) = 0.919$, $p = .339$, $\eta p^2 = .005$) ดังนั้น จึงไม่สนับสนุนสมมติฐาน H3 ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลปฏิสัมพันธ์ระหว่างการเปิดเผยว่าโฆษณาถูกสร้างโดยปัญญาประดิษฐ์และระดับความคุ้นเคยต่อแบรนด์ (H3)

ตัวแปรตาม	F(df1, df2)	*p*	ηp^2	ผลการทดสอบ
ทัศนคติต่อแบรนด์	F(1, 176) = 0.050	.824	.000	ไม่สนับสนุน
ความตั้งใจซื้อ	F(1, 176) = 0.429	.513	.002	ไม่สนับสนุน
การบอกต่อแบบปากต่อปาก	F(1, 176) = 0.919	.339	.005	ไม่สนับสนุน

การอภิปรายผล

ผลการวิจัยครั้งนี้ พบว่า การเปิดเผยหรือไม่เปิดเผยว่าเนื้อหาโฆษณาถูกสร้างโดยเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ ไม่ส่งผลกระทบหลักต่อทัศนคติที่มีต่อแบรนด์ ความตั้งใจซื้อ และการบอกต่อแบบปากต่อปากของผู้บริโภคอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งอาจอธิบายได้จากกลุ่มทดลองที่เป็นกลุ่มคนรุ่นใหม่อายุ 18-25 ปี ที่เติบโตมาพร้อมเทคโนโลยี มีความคุ้นเคยกับการใช้ปัญญาประดิษฐ์ในชีวิตประจำวัน สอดคล้องกับ Gujar and Panyam (2024) ที่ชี้ว่าผู้บริโภคในยุคดิจิทัลมีแนวโน้มยอมรับการใช้ปัญญาประดิษฐ์ในกระบวนการสร้างเนื้อหาเพิ่มมากขึ้น นอกจากนี้ ทฤษฎีการประมวลผลข้อมูลของ Bettman (1979) ยังช่วยอธิบายว่าผู้บริโภคมักให้ความสำคัญกับองค์ประกอบที่มองเห็นได้ชัด เช่น เนื้อหาและภาพ มากกว่าแหล่งที่มาของการสร้างเนื้อหา ประกอบกับสื่อที่ใช้ในการทดลองเป็นโปสเตอร์ภาพนิ่งซึ่งอาจไม่สามารถกระตุ้นความรู้สึกผู้บริโภคได้มากพอ

ในทางตรงกันข้าม ระดับความคุ้นเคยของแบรนด์พบว่าส่งผลกระทบหลักต่อทัศนคติและความตั้งใจซื้อของผู้บริโภคอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยแบรนด์ที่คุ้นเคยอย่าง Coca-Cola ได้รับการประเมินสูงกว่า A&W Root Beer ซึ่งเป็นแบรนด์ที่ไม่คุ้นเคย สอดคล้องกับแบบจำลองคุณค่าแบรนด์ของ Aaker (1991) ที่ระบุว่าการตระหนักรู้และความคุ้นเคยในแบรนด์เป็นองค์ประกอบพื้นฐานของคุณค่าแบรนด์ และสอดคล้องกับแนวคิดความเสี่ยงที่รับรู้ ของ Bauer (1960) ที่ว่าผู้บริโภคจะรับรู้ความเสี่ยงต่ำลงเมื่อเผชิญกับแบรนด์ที่ตนมีประสบการณ์มาก่อน อย่างไรก็ตาม ความคุ้นเคยของแบรนด์ไม่ส่งผลต่อการบอกต่อแบบปากต่อปาก ซึ่งสอดคล้องกับ Solomon (2020) ที่มองว่าพฤติกรรมการบอกต่อเกิดจากประสบการณ์การบริโภคจริง ไม่ใช่การรับรู้จากสื่อเพียงอย่างเดียว

สำหรับผลกระทบร่วมระหว่างทั้งสองตัวแปรนั้น ไม่พบนัยสำคัญทางสถิติในทุกตัวแปร ซึ่งสะท้อนว่าทัศนคติที่ผู้บริโภคมีต่อแบรนด์ที่คุ้นเคยมีความแข็งแกร่งเพียงพอที่จะไม่ถูกเปลี่ยนแปลงจากการรับรู้การใช้ปัญญาประดิษฐ์ ตามแนวคิดของ Keller (1993) ที่ระบุว่าความคุ้นเคยของแบรนด์ช่วยให้การรับรู้และการตัดสินใจเป็นไปในทิศทางที่สม่ำเสมอและคาดการณ์ได้

ผลการวิจัยนี้ สามารถนำไปใช้ประโยชน์ทั้งในเชิงปฏิบัติและเชิงนโยบาย คือ นักการตลาดสามารถนำเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์มาใช้ในกระบวนการผลิตโฆษณาได้โดยไม่ต้องกังวลต่อผลกระทบเชิงลบในระยะสั้น แต่ควรดำเนินการภายใต้หลักความโปร่งใสตามกรอบจริยธรรมการสื่อสาร เช่นเดียวกับที่ TikTok กำหนดให้มีการแสดงป้ายกำกับสำหรับเนื้อหาที่สร้างโดยปัญญาประดิษฐ์ ในขณะเดียวกัน แบรนด์โดยเฉพาะแบรนด์ใหม่ที่ยังไม่เป็นที่รู้จัก ควรมุ่งเน้นการสร้างการรับรู้และความคุ้นเคยอย่างต่อเนื่อง เพื่อเสริมสร้างความเชื่อมั่นและเพิ่มประสิทธิภาพของการสื่อสารโฆษณาในระยะยาว

บทสรุป

การวิจัยเชิงทดลองครั้งนี้ มุ่งเน้นศึกษาผลกระทบของการเปิดเผยที่มาของเนื้อหาโฆษณาที่สร้างโดยปัญญาประดิษฐ์และระดับความคุ้นเคยของแบรนด์ ที่มีต่อพฤติกรรมผู้บริโภคในด้านทัศนคติ ความตั้งใจซื้อ และการบอกต่อแบบปากต่อปาก ซึ่งทำการทดลองกับนิสิตนักศึกษามหาวิทยาลัยมหาสารคาม ชั้นปีที่ 1– 4 โดยผลการวิจัยพบว่า การเปิดเผยว่าเนื้อโฆษณาถูกสร้างโดยปัญญาประดิษฐ์ไม่ส่งผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญต่อพฤติกรรมของผู้บริโภคในทุกด้าน ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าผู้บริโภคในกลุ่มคนรุ่นใหม่ เติบโตมาพร้อมกับเทคโนโลยีมีการยอมรับและคุ้นเคยกับการใช้เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ในสื่อโฆษณา จนไม่ได้มองประเด็นดังกล่าวเป็นปัจจัยหลักในการตัดสินใจหรือเปลี่ยนแปลงทัศนคติที่มีต่อโฆษณา สอดคล้องกับทฤษฎีการ

ประมวลข้อมูลที่บอกว่าผู้บริโภคมักให้ความสำคัญกับตัวเนื้อหาและคุณภาพของสิ่งที่ปรากฏในโฆษณามากกว่าแหล่งที่มาหรือกระบวนการผลิตเนื้อหานั้น

ในส่วนของระดับความคุ้นเคยของแบรนด์ พบว่าเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะด้านทัศนคติและความตั้งใจซื้อ ซึ่งแบรนด์ที่คุ้นเคย (Coca-Cola) สามารถสร้างการประเมินเชิงบวกได้ดีกว่าแบรนด์ที่ไม่คุ้นเคย (A&W Root Beer) ผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับแนวคิดคุณค่าแบรนด์ที่ว่า ความคุ้นเคยช่วยลดความเสี่ยงที่รับรู้และสร้างความเชื่อมั่นในใจผู้บริโภค อย่างไรก็ตาม ระดับความคุ้นเคยกลับไม่ส่งผลต่อการบอกต่อแบบปากต่อปากอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งอาจเป็นเพราะพฤติกรรมการบอกต่อมักเกิดจากประสบการณ์การใช้สินค้าจริงมากกว่าการรับชมโฆษณา

นอกจากนี้ ไม่พบผลกระทบร่วมกันระหว่างการเปิดเผยการใช้เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ และระดับความคุ้นเคยของแบรนด์ แสดงให้เห็นว่าความแข็งแรงของภาพลักษณ์แบรนด์ที่ผู้บริโภคมีต่อแบรนด์มีอิทธิพลมากกว่าการเปิดเผยการใช้เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

การวิจัยครั้งนี้ ศึกษากลุ่มตัวอย่างเฉพาะนิสิตระดับปริญญาตรีในช่วงอายุใกล้เคียงกัน ซึ่งอาจส่งผลให้รูปแบบการรับรู้และการตอบสนองต่อโฆษณาที่สร้างโดยปัญญาประดิษฐ์มีลักษณะเฉพาะของกลุ่มคนรุ่นใหม่ที่คุ้นเคยกับเทคโนโลยีดิจิทัลอยู่แล้ว ดังนั้น การศึกษาในอนาคตควรขยายกลุ่มตัวอย่างไปยังประชากรในช่วงอายุหรือกลุ่มเจเนอเรชันที่แตกต่างกัน เช่น Generation X หรือ Baby Boomer เพื่อเปรียบเทียบว่าระดับการยอมรับเทคโนโลยี ความไว้วางใจต่อปัญญาประดิษฐ์ และการตอบสนองต่อการเปิดเผยว่าโฆษณาถูกสร้างโดยปัญญาประดิษฐ์มีความแตกต่างกันหรือไม่

นอกจากนี้ งานวิจัยครั้งนี้ใช้การทดลองผ่านสื่อโฆษณาประเภทภาพนิ่งในรูปแบบโปสเตอร์ ซึ่งอาจสะท้อนการตอบสนองของผู้บริโภคเฉพาะในบริบทของสื่อรูปแบบดังกล่าว อีกทั้งการศึกษาเกิดขึ้นในช่วงที่ผู้บริโภคเริ่มมีความคุ้นเคยกับเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์เชิงสร้างสรรค์มากขึ้น ซึ่งอาจส่งผลต่อการรับรู้และการประเมินโฆษณาที่สร้างโดยปัญญาประดิษฐ์ ดังนั้น การศึกษาในอนาคตอาจเปรียบเทียบผลการทดลองในช่วงเวลาที่แตกต่างกัน หรือศึกษากับสื่อโฆษณารูปแบบอื่น เช่น วิดีโอ โฆษณาอินเทอร์แอ็กทีฟ หรือคอนเทนต์บนสื่อสังคมออนไลน์ เพื่ออธิบายการตอบสนองของผู้บริโภคต่อการเปิดเผยการใช้ปัญญาประดิษฐ์ในบริบทการสื่อสารที่หลากหลายมากขึ้น

อีกทั้ง การวิจัยครั้งนี้มุ่งศึกษาผลของการเปิดเผยว่าโฆษณาถูกสร้างโดยปัญญาประดิษฐ์ และระดับความคุ้นเคยต่อแบรนด์ในมิติของทัศนคติต่อแบรนด์ ความตั้งใจซื้อ และการบอกต่อแบบปากต่อปากเป็นหลัก ดังนั้น งานวิจัยในอนาคตอาจศึกษาตัวแปรอื่นเพิ่มเติม เช่น ความน่าเชื่อถือของแบรนด์ การรับรู้ความจริงแท้ของเนื้อหา (Perceived Authenticity) ความไว้วางใจต่อปัญญาประดิษฐ์ หรือระดับการยอมรับเทคโนโลยีของผู้บริโภค เพื่ออธิบายกลไกการตอบสนองต่อโฆษณาที่สร้างโดยปัญญาประดิษฐ์ได้อย่างครอบคลุมมากยิ่งขึ้น

นอกจากนี้ อาจมีการศึกษาผลของประเภทสินค้าและระดับความเกี่ยวพันของผู้บริโภค (Product Involvement) ร่วมกับการเปิดเผยการใช้ปัญญาประดิษฐ์ เนื่องจากผู้บริโภคอาจมีการตอบสนองต่อสินค้าแต่ละประเภทแตกต่างกัน เช่น สินค้าเทคโนโลยี สินค้าแฟชั่น หรือสินค้าเพื่อสุขภาพ ซึ่งอาจส่งผลต่อการประเมินคุณค่าแบรนด์และการตัดสินใจซื้อในบริบทของโฆษณาที่สร้างโดยปัญญาประดิษฐ์แตกต่างกันออกไป

กิตติกรรมประกาศ

ในการจัดทำการวิจัยเรื่อง ผลของการเปิดเผยโฆษณาที่สร้างโดยปัญญาประดิษฐ์มีผลต่อคุณค่าแบรนด์ คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณอาจารย์ ดร.ณศิว์ ชูวิรัช ที่ให้ความกรุณาให้ใช้ห้องคณะบัญชีและการจัดการในการให้การทดสอบ

เอกสารอ้างอิง

ชาคริต ทองสัมฤทธิ์. (2566). beartai. https://www.beartai.com/author/imswiftie/page/9/

ชัยชนะ มิตรพันธ์. (2566). AI เครื่องมือช่วยในยุคดิจิทัล คนสื่อต้องปรับตัว ห่วงเป็นดาบสองคม. สภาการสื่อมวลชนแห่งชาติ.

Aaker, D.A. (1991). Managing Brand Equity. The Free Press: New York.

Ajzen, I. (1985). From intentions to actions: A theory of planned behavior. In J. Kuhl & J. Beckmann (Eds.), Action control: From cognition to behavior (pp. 11–39). Springer.

Bauer, R. A. (1960). Consumer behavior as risk taking. In R. S. Hancock (Ed.), Dynamic marketing for a changing world (pp. 389–398). American Marketing Association.

Bettman, J. R. (1979). An information processing theory of consumer choice. Addison-Wesley.

Buder, F., Hesel, N., & Heimstädt, A. (2024). Beyond the buzz: Creating marketing value with generative AI. Research Report, Nuremberg Institute for Market Decisions.

Cress, H. (2026, February 6). Woman felt ‘dehumanised’ after Musk’s Grok AI used to digitally remove her clothes. BBC News.

Gujar, P., & Panyam, S. (2024). Generative AI in digital advertising campaigns. International Journal of Computer Trends and Technology. 72(5): 51–55.

Ha, H.-Y., & Perks, H. (2005). Effects of consumer perceptions of brand experience on the web: Brand familiarity, satisfaction and brand trust. Journal of Consumer Behaviour. 4(6): 438–452.

Kaplan, A. M., & Haenlein, M. (2019). Siri, Siri, in my hand: Who’s the fairest in the land? On the interpretations, illustrations, and implications of artificial intelligence. Business Horizons. 62(1): 15–25.

Keller, K. L. (1993). Conceptualizing, measuring, and managing customer-based brand equity. Journal of Marketing. 57(1): 1–22.

Kent, R. J., & Allen, C. T. (1994). Competitive interference effects in consumer memory for advertising: The role of brand familiarity. Journal of Marketing. 58(3): 97–105.

Kotler, P., & Keller, K. L. (2012). Marketing management (14th ed.). Pearson Education.

Newman, N. (2024). Journalism, media, and technology trends and predictions 2024. Reuters Institute for the Study of Journalism.

Park, S. (2025). Consumer responses to AI-generated advertising disclosure: The moderating role of brand trust. Journal of Advertising Research. 65(1): 44–58.

Patil, V. (2024). Artificial intelligence disclosure and consumer attitudes toward digital advertising. International Journal of Advertising. 43(2): 211–229.

Rose, J. L. (2015). Consumer responses to artificial intelligence in advertising and branding contexts. Journal of Interactive Advertising. 15(2): 85–98.

Solomon, M. R. (2020). Consumer behavior: Buying, having, and being (13th ed.). Pearson.

"จากบ้านนาถึงเกาหลีใต้": การย้ายถิ่นกับการสะสมทุนมนุษย์ของแรงงานอีสานข้ามชาติ
"From Isan to South Korea": Migration and Human Capital Accumulation of Isan Migrant Workers

นนทิยาวัฒน์ สมจิตร[1*] และศิริพงศ์ ปาลกะวงศ์ ณ อยุธยา[1]
Nandiyavadh Somjit[1*], and Siripong Palakawong-na-ayudhya

[1]คณะรัฐศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร
[1]Faculty of Political Science, Chulalongkorn University, Bangkok
[*]Corresponding Author E-mail Address : nandiyasom@gmail.com

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการย้ายถิ่นกับการสะสมทุนมนุษย์ของแรงงานอีสานข้ามชาติในเกาหลีใต้ โดยใช้การสัมภาษณ์เชิงลึกในการเก็บรวบรวมข้อมูลกับผู้ให้ข้อสำคัญคือ แรงงานอีสานข้ามชาติ จำนวน 5 คน ผลการศึกษาพบว่า แรงงานอีสานข้ามชาติมีกระบวนการการสะสมทุนมนุษย์หลายรูปแบบ ได้แก่ ทักษะการทำงาน ทักษะการปรับตัว เครือข่ายทางสังคม และทักษะสมัยใหม่ จากการเรียนรู้ด้วยตนเอง การเรียนรู้จากการทำงาน และจากการฝึกอบรม ซึ่งกระบวนการดังกล่าวแฝงอยู่ในทุกกระบวนการของการย้ายถิ่นตั้งแต่ในพื้นที่ต้นทาง และในพื้นที่ปลายทาง ซึ่งทุนมนุษย์ที่แรงงานเหล่านี้มีการสะสม ถือเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้สามารถดำรงชีวิตในพื้นที่ปลายทางได้อย่างเหมาะสม รวมไปถึงยังใช้เป็นทุนในการเลื่อนสถานภาพทางเศรษฐกิจและสังคมอีกด้วย

คำสำคัญ: การย้ายถิ่น แรงงานอีสานข้ามชาติ ทุนมนุษย์ เกาหลีใต้

Abstract

This research article aims to study the relationship between migration and the human capital accumulation of transnational Isan (Northeastern Thai) workers in South Korea. Data was collected through in-depth interviews with five key informants, who are transnational Isan workers. The findings reveal that these transnational Isan workers undergo various processes of human capital accumulation, which include work skills, adaptability, social networks, and modern skills acquired through self-directed learning, on-the-job learning, and formal training. These processes are embedded in every stage of migration, from the area of origin to the destination area. The human capital accumulated by these workers plays a vital role in enabling them to live properly in the destination country, and it also serves as crucial capital for advancing their socio-economic status.

Keywords: Migration, Isan Migrant Workers, Human Capital, South Korea

บทนำ

ชาวอีสานนับหมื่นแห่สมัครทำงานเกาหลี จัดหางานเตือนถ้าไปอย่างผีน้อยเสียมากกว่าได้
(ผู้จัดการออนไลน์, 2562)

ผีน้อยทำพิษ! 4 จังหวัดอีสาน ถูกเกาหลี “ขึ้นบัญชีดำ”
(One 31, 2566)

ตลอดทศวรรษที่ผ่านมา ภาพการนำเสนอข่าวการเดินทางไปทำงานในสาธารณรัฐเกาหลี (Republic of Korea) หรือเกาหลีใต้ของแรงงานไทยปรากฏให้เห็นอยู่เป็นระยะ ๆ สะท้อนให้เห็นได้จากจำนวนแรงงานที่ขึ้นทะเบียนขออนุญาตเดินทางไปทำงานต่างประเทศ ตามระบบของกรมการจัดหางาน กระทรวงแรงงาน ที่มีจำนวนสูงเป็นหลักหลายแสนคนในแต่ละปี (กองบริหารแรงงานไทยไปต่างประเทศ, 2567) สอดคล้องกับสถิติของ Korea Immigration Service (2024) ที่ระบุว่า ปัจจุบันมีชาวไทยที่พำนักและทำงานอยู่ในเกาหลีใต้กว่า 188,770 คน ซึ่งแรงงานในประเภทหลังนี้ส่วนใหญ่มักประกอบอาชีพในกลุ่ม “แรงงานไร้ฝีมือ” (Unskilled labor) เนื่องจากภาคแรงงานของเกาหลีใต้ประสบกับปัญหาการขาดแคลนแรงงาน เนื่องจากปัญหาอัตราการเจริญพันธุ์ลดต่ำลง ประกอบกับค่านิยมในการทำงานบางประเภทของชาวเกาหลี โดยงานกลุ่มนี้มีลักษณะเป็นงานที่มีความยากลำบาก (Difficult) สกปรก (Dirty) และอันตราย (Dangerous) หรือที่เรียกว่า งาน 3Ds นอกจากนี้งานในลักษณะดังกล่าวยังเป็นงานที่ไม่เรียกร้องความรู้หรือคุณวุฒิการศึกษาของแรงงานมากนัก (รีนา ต๊ะดี, 2559; สุภางค์ จันทวานิช และคณะ, 2565)

เมื่อพิจารณาคุณลักษณะทางประชากรของแรงงานไทยที่เดินทางไปทำงานเกาหลีใต้พบว่า ส่วนใหญ่เป็นเพศชายมากกว่าหญิง และมีภูมิลำเนามาจากภาคอีสาน มักมีแบบแผนการเดินทางไปทำงานโดยไม่ผ่านระบบการอนุญาตจ้างงาน (Employment Permit System: EPS) ของเกาหลีใต้ เนื่องจากมีความยุ่งยาก ซับซ้อน และมีค่าใช้จ่ายสูงในการเดินทางสูง โดยปัจจัยที่ส่งผลให้แรงงานเหล่านี้เลือกเดินทางไปทำงานในเกาหลีใต้คือ “ปัจจัยทางเศรษฐกิจ” เนื่องจากเกาหลีใต้มีอัตราค่าจ้างแรงงานสูงกว่าภายในประเทศ (รีนา ต๊ะดี, 2566; Srisen, 2019) อย่างไรก็ตามจากงานของ ณัฐกร มั่นจิตต์ และกตัญญู หิรัญญสมบูรณ์ (2563) กลับค้นพบข้อเท็จจริงเชิงประจักษ์ว่า ปัจจัยทางเศรษฐกิจไม่ใช่เพียงปัจจัยเดียวที่ส่งผลให้แรงงานกลุ่มนี้ตัดสินใจเดินทางไปทำงานในเกาหลีใต้ หากแต่ยังประกอบด้วยปัจจัยอื่น ๆ เช่น โอกาสในการเรียนรู้และการพัฒนาตนเอง ความเจริญก้าวหน้าในหน้าที่การงานร่วมด้วย ซึ่งปัจจัยเหล่านี้เป็นส่วนหนึ่งของรูปแบบความต้องการในการพัฒนาทุนมนุษย์ โดยที่แรงงานกลุ่มนี้เลือกใช้การเคลื่อนย้ายแรงงานเป็นช่องทางในการสะสมทุน (Capital) รูปแบบต่าง ๆ และสามารถใช้เป็นเครื่องมือในการเลื่อนสถานภาพทางเศรษฐกิจและสังคมได้ (Kaufmann, V., Bergman, M. M., & Joye, D., 2004)

หากพิจารณางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์การย้ายถิ่นของแรงงานอีสานข้ามชาติที่มีอยู่ในปัจจุบันพบว่า มีงานจำนวนไม่น้อยได้รับอิทธิพลมาจากกรอบการย้ายถิ่นศึกษา (Migration Studies) ที่มักตั้งต้นการศึกษาด้วยการจำแนกประเภทของการย้ายถิ่น เช่น การย้ายถิ่นแบบชั่วคราวหรือแบบถาวร การย้ายถิ่นแบบจงใจ (ด้วยปัจจัยทางเศรษฐกิจ) การย้ายถิ่นระหว่างประเทศ แม้ว่างานเหล่านี้จะช่วยไขข้อสงสัยและอธิบายปรากฏการณ์ดังกล่าวได้ หากแต่การยึดติดกับกรอบดังกล่าว ก็อาจเป็นข้อจำกัดในการทำความเข้าใจเกี่ยวกับความซับซ้อนของปรากฏการณ์การย้ายถิ่นข้ามชาติของแรงงานอีสาน เนื่องด้วยปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นไม่สามารถจัดลงหมวดหมู่ใด ๆ ได้ (ประเสริฐ แรงกล้า, 2561) นอกจากนี้กรอบดังกล่าวยังเน้นการทำความเข้าใจปรากฏการณ์การย้ายถิ่นผ่านปัจจัยผลักดัน-ดึงดูด (Push-Pull Factors) ผ่านเงื่อนไขทางเศรษฐกิจ ที่พยายามชี้ให้เห็นว่าเกิดจากความไม่สมดุลระหว่างอัตราการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจในประเทศต้นทางและประเทศปลายทาง นำไปสู่ความแตกต่างระหว่างอัตราค่าจ้าง

แรงงานและโอกาสในการทำงานอีกด้วย ทั้งนี้กรอบดังกล่าวยังกลายเป็นเรื่องเล่าหลัก (Dominant Narrative) ในการศึกษาปรากฏการณ์ย้ายถิ่นของแรงงานอีสานข้ามชาติ เช่น งานศึกษาของ ขวัญนคร สอนหมั่น และอภิศักดิ์ ธีระวิศิษฐ์ (2556) วิลาสินี อารียะกิจโกศล และศยามล เจริญรัตน์ (2559) และ Tajareonsuk (2018) เป็นต้น

บทความนี้จึงตั้งคำถามกับการอธิบายว่า ปัจจัยทางเศรษฐกิจในฐานะแรงจูงใจหลักในการย้ายถิ่นของแรงงานอีสานข้ามชาติ ซึ่งเป็นเรื่องเล่าหลักของปรากฏการณ์ดังกล่าว อาจไม่สามารถให้ภาพที่สมบูรณ์ของการย้ายถิ่นได้ (Liu-Farrer & Yeoh, 2018) โดยต้องการขยายขอบเขตความเข้าใจว่าด้วยปรากฏการณ์การย้ายถิ่นของแรงงานอีสานข้ามชาติ ซึ่งผู้วิจัยเสนอว่า ภายใต้ปรากฏการณ์ดังกล่าวไม่ได้เกิดขึ้นจากปัจจัยทางเศรษฐกิจแต่เพียงเท่านั้น หากแต่ยังประกอบด้วยปัจจัยอื่น ๆ ที่ไม่ได้มีลักษณะเป็นปัจจัยทางเศรษฐกิจตามคำนิยามของแนวคิดเศรษฐศาสตร์คลาสสิก เช่น การสะสมทุนมนุษย์ หลักฐานสำคัญที่ทำให้ผู้วิจัยเชื่อว่ามีการสะสมทุนมนุษย์ของแรงงานเหล่านี้คือ การเกิดขึ้นและมีอยู่ของโรงเรียนสอนภาษาเกาหลีและโรงเรียนฝึกอาชีพเพื่อการทำงานทั้งที่เป็นหน่วยงานของภาครัฐและภาคเอกชนเป็นจำนวนมากในพื้นที่ภาคอีสาน (ธันยพร บัวทอง, 2565; Kamsing, 2021)

บทความนี้จึงเลือกใช้แนวคิดการสะสมทุนมนุษย์ เข้ามาใช้เป็นกรอบในการศึกษาปรากฏการณ์การย้ายถิ่นของแรงงานอีสานข้ามชาติ และเพื่อแก้ไขข้อจำกัดของมโนทัศน์การย้ายถิ่นศึกษาที่เน้นอธิบายปรากฏการณ์เชิงโครงสร้าง (โดยเฉพาะโครงสร้างทางเศรษฐกิจ) และไม่มีที่ทางสำหรับปัจเจกบุคคล (ในที่นี้คือ "แรงงานอีสานข้ามชาติ") ในปรากฏการณ์การย้ายถิ่น (Boccagni & Baldassar, 2015) โดยพิจารณาความเชื่อมโยงระหว่างการย้ายถิ่นกับการสะสมทุนมนุษย์ ตามคำนิยามของ Coleman (1988) และ Putnam (1993) ที่เสนอว่า การสะสมทุนมนุษย์เป็นกระบวนการประกอบสร้างสิ่งต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นภายใต้โครงสร้างทางสังคมและช่วยให้มนุษย์สามารถบรรลุเป้าหมายในปฏิบัติการของตนเองได้ โดยเกิดขึ้นภายใต้ 2 เงื่อนไข คือ 1) ความสัมพันธ์ที่แน่นแฟ้น และ 2) โครงสร้างทางสังคม และ Giddens (1991) ที่ชี้ให้เห็นว่า "ทุน" (Capital) เป็นทรัพยากรที่สำคัญในการดำเนินชีวิต ซึ่งเกิดขึ้นภายใต้กระบวนการสะสมทุนที่ผูกโยงอยู่กับโครงสร้างที่เป็นโอกาสให้ผู้กระทำการสามารถนำทุนนั้นไปใช้ผ่านปฏิบัติการทางสังคมได้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการย้ายถิ่นกับการสะสมทุนมนุษย์ของแรงงานอีสานข้ามชาติในเกาหลีใต้

ทบทวนวรรณกรรม

แนวคิดการย้ายถิ่น

การย้ายถิ่น (Migration) เป็นกระบวนการของการเคลื่อนย้ายจากพื้นที่หนึ่งซึ่งเป็นแหล่งอาศัยเดิมของตนไปยังอีกพื้นที่หนึ่ง อาจเป็นการเคลื่อนย้ายภายในประเทศ หรือการเคลื่อนย้ายข้ามพรมแดนจากประเทศหนึ่งไปยังอีกประเทศหนึ่ง ที่เรียกว่าการย้ายถิ่นข้ามชาติ (Transnational Migration) ซึ่งอาจเป็นการย้ายถิ่นอย่างถาวรหรือเป็นเพียงช่วงระยะเวลาหนึ่งก็ได้ ไม่ว่าจะเป็นด้วยเหตุผลใดหรือสาเหตุใดก็ตาม โดยมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการย้ายถิ่น 3 ปัจจัย ได้แก่ 1) ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับพื้นที่ต้นทางและพื้นที่ปลายทาง 2) อุปสรรคต่าง ๆ ที่แทรกอยู่ระหว่างในพื้นที่ต้นทางและพื้นที่ปลายทาง และ 3) ปัจจัยส่วนบุคคล (Lee, 1966) ในส่วนของกระบวนการย้ายถิ่น สามารถแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน ได้แก่ *ขั้นการตัดสินใจย้ายถิ่น* เกี่ยวข้องกับปัจจัยที่ส่งผลต่อการย้ายถิ่นทั้งที่มีสาเหตุมาจากเงื่อนไขทางเศรษฐกิจ การเมือง สังคม และวัฒนธรรม จนเกิดเป็นวัฒนธรรมใหม่ที่เรียกว่า วัฒนธรรมแห่งการย้ายถิ่น (Culture of Migration) และระบบกฎหมาย ซึ่งมีนโยบายการส่งเสริมให้พลเมืองย้ายถิ่นไปทำงานในต่างประเทศโดยไม่กีด

กันหรือมีนโยบายกีดกันการส่งออกแรงงาน (พัชราวลัย วงศ์บุญสิน, 2552) ทั้งนี้ Lucas (1997) อธิบายว่า มนุษย์ตัดสินใจย้ายถิ่นด้วยเหตุผลทางเศรษฐกิจเป็นหลัก โดยมีปัจจัยดึงดูดสำคัญ ได้แก่ ค่าจ้างแรงงานที่สูงขึ้นและโอกาสได้งานทำ *กระบวนการย้ายถิ่น* เป็นขั้นตอนที่เกี่ยวข้องกับเงื่อนไขในการเดินทางไปทำงานในต่างประเทศของแรงงานข้ามชาติ อาทิ ค่าเดินทาง ค่านายหน้า นโยบายรัฐ ความร่วมมือระหว่างประเทศ ระบบการจัดหางาน และเครือข่ายทางสังคม เป็นต้น รวมไปถึงการใช้ชีวิตในพื้นที่ปลายทาง ซึ่งในขั้นนี้แรงงานย้ายถิ่นมีโอกาสสะสมทุนทั้งที่เป็นทุนมนุษย์ ทุนเศรษฐกิจ และทุนสังคม (Wahlbeck & Fortelius, 2019) และ *ในพื้นที่ปลายทาง* เกี่ยวกับผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นจากการย้ายถิ่นเข้าไปในพื้นที่ปลายทาง โดยที่ผู้ย้ายถิ่นได้รับจากการเป็นแรงงานในพื้นที่ปลายทาง เช่น การได้รับสิทธิและสวัสดิการต่าง ๆ เป็นต้น (Castels & Miller, 1993; de Haas et al., 2019)

ในบทความนี้ทำความเข้าใจปรากฏการณ์การย้ายถิ่นในทางสังคมวิทยา โดยพิจารณาปรากฏการณ์ดังกล่าวในลักษณะที่เป็นองค์รวมนิยม (Holistic) เนื่องในปัจจุบันการย้ายถิ่นนั้นมีพลวัตที่มีความซับซ้อนมากยิ่งขึ้น นอกจากนี้การย้ายถิ่นยังเป็นรูปแบบหนึ่งในการดำรงชีพของแรงงานอีสานข้ามชาติ ซึ่งแรงงานเหล่านี้ใช้เป็นช่องทางในการแสวงหาและสะสมทุนมนุษย์ในรูปแบบต่าง ๆ จากความต้องการในการพัฒนาทุนมนุษย์ และเพื่อให้บรรลุเป้าหมายในการยกระดับสถานภาพทางสังคมและเศรษฐกิจของตนเองและครอบครัว (ดุษฎี อายุวัฒน์, 2562)

2. แนวคิดทุนมนุษย์และการสะสมทุนมนุษย์

"ทุน" (Capital) เป็นแนวคิดที่ใช้อธิบายความสัมพันธ์เชิงอำนาจของระบบชนชั้นทางสังคม (Bourdieu, 1984) อย่างไรก็ตาม นักสังคมวิทยาได้นำแนวคิดดังกล่าวมาประยุกต์ใช้เป็นกรอบในการศึกษาการดำรงชีวิตอย่างยั่งยืน (Sustainable Livelihood Framework) เพื่อใช้อธิบายรูปแบบและแนวทางในการพัฒนาชีวิตความเป็นอยู่ของมนุษย์ให้ดีขึ้น (Department for International Development, 1999)

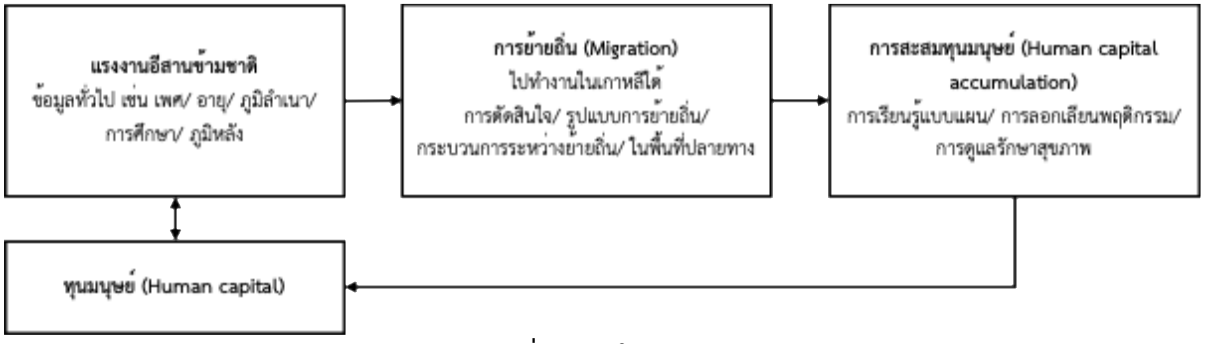
"ทุนมนุษย์" (Human Capital) เป็นทุนระดับปัจเจกบุคคลที่สัมพันธ์กับความรู้ และทักษะที่บุคคลสามารถสร้างมูลค่าเพิ่มให้แก่ตนเองได้ ซึ่ง Schultz (1961) ได้นิยามความหมายของทุนมนุษย์ไว้ว่า เป็นความสามารถหลาย ๆ อย่างที่อยู่ในตัวบุคคลทั้งที่ติดตัวมาแต่กำเนิด (Innate) หรือเกิดจากการสะสม เรียนรู้ ผ่านการสร้าง และพัฒนาทุนมนุษย์ของกำลังแรงงานให้ครอบคลุมทั้งการส่งเสริมด้านสุขภาพ (Health) ทักษะ (Skills) และการศึกษา (Education) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน โดยเริ่มจากการลงทุนด้านการศึกษา และสุขภาพที่จะเอื้ออำนวยให้มนุษย์ได้ใช้ความเป็นทุนมนุษย์ได้อย่างเต็มศักยภาพ ในขณะที่ Becker (2008) ชี้ให้เห็นว่า "ทุนมนุษย์" เกิดจากการศึกษา การสะสมทักษะความรู้ความสามารถ และการมีสุขภาพร่างกายที่ดีของมนุษย์

โดยทุนมนุษย์เกิดจากการสะสมทุนมนุษย์ ซึ่งเป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นจากการเรียนรู้ในระดับปัจเจกบุคคล ผ่านการเรียนรู้จากการศึกษา การเรียนรู้จากการทำงาน และการฝึกอบรมความรู้ต่าง ๆ (Becker, 1992) โดย Schultz (1971) จำแนกรูปแบบของกิจกรรมที่นำไปสู่การสะสมทุนมนุษย์ไว้จำนวน 5 ด้าน ได้แก่ 1) การลงทุนด้านสุขภาพอนามัย (Health Facilities and Services) 2) การฝึกอบรมระหว่างปฏิบัติงาน (On-the-job Training) 3) การศึกษาในระบบ (Formal Education) 4) กิจกรรมการศึกษาสำหรับผู้ใหญ่ (Study Programs for Adult) และ 5) การย้ายถิ่นของปัจเจกและครอบครัว (Migration of Individuals and Families) นอกเหนือจากกิจกรรมต่าง ๆ ดังที่กล่าวมาในข้างต้นแล้ว Bontis et al. (2000) ยังชี้ให้เห็นว่า ทุนมนุษย์เป็นทรัพยากรที่เป็นนามธรรม เป็นองค์ความรู้หรือทักษะที่เกิดจากการเรียนรู้สิ่งใหม่ ๆ ของปัจเจกบุคคลที่มีความคิดสร้างสรรค์ และเป็นสิ่งสำคัญในการเพิ่มผลิตภาพ และขีดความสามารถในการทำงาน นอกจากนี้ยังเพิ่มมูลค่าให้แก่ปัจเจกบุคคลอีกด้วย

อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาการสะสมทุนมนุษย์ของแรงงานอีสานข้ามชาติพบว่า แรงงานเหล่านี้ส่วนใหญ่มีแบบแผนการสะสมทุนมนุษย์ผ่านการเรียนรู้แบบแผน ลอกเลียนพฤติกรรม ซึ่งมีลักษณะเป็นการขัดเกลาทางสังคม (Socialization) จนเกิดเป็นการสะสมทุนมนุษย์ ซึ่งเกิดขึ้นภายใต้บริบทแวดล้อมจากการทำงาน และการมีเครือข่ายทางสังคม ซึ่งรูปแบบการสะสมทุนมนุษย์

ดังกล่าว สอดคล้องกับแนวคิดการสะสมทุนในเชิงสังคม เช่น แนวคิดเรื่องทุน (Capital) ของ Bourdieu (1986) ที่ชี้ให้เห็นว่า การสะสมทุนของปัจเจกบุคคลสามารถกระทำการได้ผ่านกระบวนการทำให้เป็นวัตถุ หรือแฝงฝังอยู่ในตัวของปัจเจกบุคคล รวมทั้งเป็นสิ่งที่กำหนดตำแหน่งแห่งที่ทางสังคม และความเป็นไปได้ของปัจเจกบุคคลที่ดำรงอยู่ในพื้นที่ทางสังคม ซึ่ง Coleman (1988) และ Putnam (1993) อธิบายว่า การสะสมทุนมนุษย์เป็นการกระบวนการประกอบสร้างสิ่งต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นภายใต้โครงสร้างทางสังคม และช่วยให้มนุษย์สามารถบรรลุเป้าหมายในปฏิบัติการของตนเองที่ต้องการได้ นอกจากนี้ Giddens (1991) ยังชี้ให้เห็นว่า “ทุน” (Capital) เป็นทรัพยากรที่สำคัญในการดำเนินชีวิต ซึ่งเกิดขึ้นภายใต้กระบวนการสะสมทุนที่ผูกโยงอยู่กับโครงสร้างที่เป็นโอกาสให้ผู้กระทำการสามารถนำทุนนั้นไปใช้ผ่านปฏิบัติการทางสังคมได้ สอดคล้องกับที่ Narotzky and Besnier (2014) พยายามชี้ชวนให้พิจารณาถึงรูปแบบการสร้างชีวิตความเป็นอยู่ที่ดี (Well-being) ซึ่งไม่ได้เกิดจากการสะสมทุนทางเศรษฐกิจตามคำอธิบายของแนวคิดเศรษฐศาสตร์การย้ายถิ่นเท่านั้น หากแต่ประกอบด้วยเงื่อนไขการสร้างเครือข่ายทางสังคม เครือข่ายต่างตอบแทน และการสะสมทุนมนุษย์ร่วมด้วย

กรอบในการวิจัย



รูปที่ 1 กรอบในการวิจัย

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

การวิจัยนี้มุ่งศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการย้ายถิ่นและการสะสมทุนมนุษย์ของแรงงานอีสานข้ามชาติในเกาหลีใต้ ใช้ระเบียบวิธีวิจัยเชิงคุณภาพ (Qualitative Methodology) เพื่อให้ได้ข้อมูลเชิงลึกจากปรากฏการณ์การย้ายถิ่นไปทำงานต่างประเทศของแรงงานอีสาน มีหน่วยในการวิเคราะห์ข้อมูลระดับปัจเจก เก็บข้อมูลเมื่อเดือนมิถุนายน 2568 - มีนาคม 2569 กับผู้ให้ข้อมูลสำคัญ จำนวน 5 คน โดยวิธีการสุ่มแบบเจาะจง (Purposive Sampling) โดยต้องมีคุณสมบัติคือ เดินทางไปทำงานในเกาหลีใต้ ตั้งแต่ 1 ปี ขึ้นไป ทั้งแบบถูกและผิดกฎหมาย

งานวิจัยนี้ดำเนินการเก็บข้อมูลด้วยการสัมภาษณ์เชิงลึก (In-depth Interview) กับแรงงานอีสานในฐานะแรงงานข้ามชาติ และสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง (Semi-structure Interview) ร่วมกับแนวทางการสัมภาษณ์ โดยมีการสัมภาษณ์แบบออนไลน์ผ่านโปรแกรม Messenger, Line และ Google meet (ขึ้นอยู่กับความสะดวกของฝ่ายผู้ให้ข้อมูลเป็นหลัก) และทำการชี้แจงและขออนุญาตตามแนวทางการปฏิบัติของคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน และได้ตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลด้วยเทคนิคสามเส้า (Triangulation Approach) โดยสัมภาษณ์ตามความหลากหลายของผู้ให้ข้อมูลสำคัญและช่วงเวลาในการสัมภาษณ์ เพื่อให้ได้มุมมองที่หลากหลายและสามารถตรวจสอบความสอดคล้องของผลการวิจัย วิเคราะห์ข้อมูลด้วยการวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) และนำเสนอข้อมูลด้วยการพรรณนาเชิงวิเคราะห์ (Descriptive Analysis)

ผลการวิจัย

ส่วนที่ 1 คุณลักษณะทางประชากรของแรงงานอีสานข้ามชาติในเกาหลีใต้

แรงงานอีสานข้ามชาติในเกาหลีใต้ที่เป็นกลุ่มเป้าหมายของงานวิจัยนี้ผลการศึกษา ผลการศึกษาพบว่า แรงงานส่วนใหญ่เป็นเพศชาย มีอายุระหว่าง 27 – 48 ปี ส่วนใหญ่จบการศึกษาในระดับมัธยมศึกษา และมีแบบแผนการเดินทางไปทำงานในเกาหลีใต้ทั้งแบบถูกกฎหมายและแบบผิดกฎหมาย โดยจำแนกเป็นกรณีของ A (นามสมมติ) และ B (นามสมมติ) มีรูปแบบการเดินทางไปทำงานแบบถูกกฎหมายผ่านระบบ EPS และมีรูปแบบการเดินทางไปทำงานแบบผิดกฎหมายหรือที่เรียกว่า "คนผี" หรือ "ผีน้อย" โดยที่ C (นามสมมติ) เดินทางไปทำงานแบบผิดกฎหมายผ่านการชักชวนของญาติที่เดินทางไปทำงานในเกาหลีใต้อยู่ก่อนแล้ว ในขณะที่ D (นามสมมติ) และ E (นามสมมติ) เดินทางไปทำงานกับนายหน้าหรือที่เรียกว่า "แม่แทร็ก" ผ่านการชักชวนบนเครือข่ายสังคมออนไลน์ เช่น กลุ่มเฟซบุ๊ก (Facebook) เป็นต้น สำหรับลักษณะที่แรงงานอีสานเหล่านี้ เป็นงานในลักษณะประเภท 3Ds ทั้งในประเภทเกษตรกรรม อุตสาหกรรม และงานบริการ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 คุณลักษณะทางประชากรของผู้ให้ข้อมูลสำคัญ

กรณีศึกษา / ข้อมูล	A	B	C	D	E
1.เพศ/อายุ	ช/27	ช/39	ช/48	ญ/34	ญ/44
2. ระดับการศึกษา	ป.ตรี	ม.3	ป.6	ม.6	ปวช.
3.รูปแบบการเดินทาง	- EPS[1]	- EPS	- ญาติ	- นายหน้า	- นายหน้า
4.ลักษณะงาน	- โรงงานกระดาษ	- โรงงานผลิตอะไหล่ตู้เย็น	- อาราไบท์[2] เลี้ยงไก่	- นวดแผนไทย/สปา	- อาราไบท์ ปลูก/เก็บเกี่ยวผัก
5.รายได้เฉลี่ย (บาท)	55,000	65,000	50,000	55,000	45,000

หมายเหตุ : ชื่อผู้ให้ข้อมูลสำคัญเป็นนามสมมติ

ส่วนที่ 2 การสะสมทุนมนุษย์ของแรงงานอีสานข้ามชาติในเกาหลีใต้

ในส่วนที่ 2 นี้อธิบายถึงการสะสมทุนมนุษย์ของแรงงานอีสานข้ามชาติตามแนวคิดทุนของ Coleman (1988); Giddens (1991); Putnam (1993) โดยนิยามว่า ทุนมนุษย์เป็นทุนที่แสดงถึงการมีความรู้ ประสบการณ์ ทักษะ การศึกษา และการมีสุขภาพที่ดี โดยที่แรงงานอีสานข้ามชาติมีการสะสมทุนมนุษย์ที่แฝงอยู่ในกระบวนการย้ายถิ่น ทั้งในพื้นที่ต้นทาง และในพื้นที่ปลายทาง (เกาหลีใต้) โดยสามารถจำแนกการสะสมทุนมนุษย์ออกเป็น 3 ประเภท โดยมีรายละเอียด ดังนี้

[1] EPS เป็นระบบอนุญาตการจ้างงาน โดยแรงงานอีสานข้ามชาตินิยมเรียกว่า "แทร็ก" ปันกรอบสัญญาการจ้างงาน โดยปกติรอบสัญญาการจ้างงาน มีระยะเวลาราว 1-3 ปี เมื่อครบระยะสัญญาแล้ว หากนายจ้างและแรงงานต้องการขยายสัญญาสามารถขยายเวลาเพิ่มได้ครั้งละ 1 ปี แต่ไม่เกินระยะเวลา 4 ปี 10 เดือน และไม่เกิน 2 แทร็ก หรือ 9 ปี 8 เดือน

[2] อาราไบท์ เป็นแรงงานรับจ้างรายวัน ส่วนใหญ่มีสถานะเป็นแรงงานผิดกฎหมาย หรือที่นิยมเรียกว่า "ผีน้อย" ซึ่งการจ้างงานอาราไบท์ พบมากในงานเกษตรกรรม แรงงานเข้าถึงการจ้างงานผ่านระบบนายหน้าและเครือข่ายแรงงานด้วยกันเอง

2.1 ทักษะการทำงาน สามารถจำแนกเป็น 4 ทักษะย่อย ดังนี้

2.1.1 ทักษะงานเกษตรและปศุสัตว์ E (นามสมมติ) ในฐานะแรงงานแบบผิดกฎหมายกล่าวว่ามีการเรียนรู้ฝึกฝนทักษะเกษตรพื้นฐานมาจากสมาชิกในครอบครัว ตั้งแต่ ในพื้นที่ต้นทาง อาทิ กระบวนการเตรียมดิน เมล็ดพันธุ์ การเก็บเกี่ยว และเข้าใจพื้นฐานของการดูแลพืชผลทางการเกษตร ด้าน C (นามสมมติ) ได้เรียนรู้วิธีการเลี้ยงสัตว์ เช่น การคัดเลือกพ่อ-แม่พันธุ์ การดูและให้อาหาร จากสมาชิกในครอบครัวเช่นเดียวกัน เนื่องจากทั้งคู่มีภูมิหลังที่มาจากครอบครัวของเกษตรกร เมื่อตัดสินใจย้ายถิ่นไปทำงานในเกาหลีใต้ทั้งคู่จึงคุ้นเคยและทำงานในประเภทนี้ได้เป็นอย่างดี ในพื้นที่ปลายทาง พบว่า C และ E (นามสมมติ) มีการใช้ความรู้และทักษะที่ติดตัวมาจากพื้นที่ต้นทาง มาต่อยอดเป็นทักษะในการทำงานเกษตรและปศุสัตว์รูปแบบใหม่ ในกรณีของ E (นามสมมติ) ได้รับการถ่ายทอดองค์ความรู้ อาทิ การปลูกพืชในโรงเรือน การคำนวณเวลารดน้ำพืช การคำนวณพื้นที่ต่อการปลูกพืช การควบคุมโรงเรือนผ่านโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อตรวจสอบค่าความชื้น ปริมาณปุ๋ย รวมไปถึงการเก็บเกี่ยวผลผลิตจากนายจ้างชาวเกาหลี ซึ่ง E (นามสมมติ) ระบุว่า เป็นการเรียนรู้การทำเกษตรแบบใหม่ ส่วน C (นามสมมติ) มีการสะสมทุนมนุษย์ที่เป็นทักษะเกี่ยวกับการดูแลปศุสัตว์ (ไก่ไข่) จากการเรียนรู้ตามที่นายจ้างทำเป็นตัวอย่างแล้วสามารถฝึกฝนเองจนเชี่ยวชาญ เช่น การให้อาหารไก่ การต้อนไก่ การฉีดวัคซีน การเก็บไข่และคัดแยกไข่เพื่อจำหน่าย ซึ่งเป็นความรู้ที่ทั้งคู่เห็นว่ามีความแตกต่างไปจากที่เคยเรียนรู้มาจากในพื้นที่ต้นทาง

2.1.2 ทักษะงานอุตสาหกรรม เป็นทักษะ A (นามสมมติ) พนักงานโรงงานกระดาษ และ B (นามสมมติ) พนักงานโรงงานชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ (แผงวงจรอะไหล่ตู้เย็น) ซึ่งทั้งคู่เป็นแรงงานแบบถูกกฎหมายตามระบบ EPS ได้มีการเรียนรู้การใช้เครื่องมืออิเล็กทรอนิกส์และเครื่องจักรในการทำงาน รวมไปถึงความรู้ในการป้องกันความเสี่ยงจากอุบัติเหตุที่อาจเกิดขึ้นได้ขณะทำงานกับเครื่องจักรภายในโรงงานอุตสาหกรรม ได้รับการอบรมและการสอนจากหน้างานโดยนายจ้าง หัวหน้างาน และเพื่อนร่วมงาน ผ่านการอธิบายวิธีการและทดลองลงมือทำ เช่น การทำงานกับเครื่องจักรผลิตกระดาษ หรือระบบเทคโนโลยีในการผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ (แผงวงจรอะไหล่ตู้เย็น) ที่ควบคุมด้วยระบบคอมพิวเตอร์ อีกทั้งยังเป็นเครื่องจักรที่ทันสมัย ซึ่งถือเป็นทักษะที่แรงงานอีสานข้ามชาติได้เรียนรู้เพิ่มจากการทำงานในเกาหลีใต้ โดยที่ทั้งคู่ต้องเรียนรู้เริ่มต้นใหม่เนื่องจากที่ไม่มีการสะสมทุนมนุษย์ในด้านทักษะงานอุตสาหกรรมในพื้นต้นทางเลย

2.1.3 ทักษะงานบริการ เป็นทักษะที่ D (นามสมมติ) มีพื้นฐานตั้งแต่ ในพื้นที่ต้นทาง โดยมีการเรียนรู้การนวดให้สมาชิกในครอบครัวบ้าง ทำให้มีทักษะพื้นฐานที่สามารถนำมาต่อยอดการทำงานในงานบริการในเกาหลีใต้ได้ ในขั้นแรก D (นามสมมติ) ให้ทัศนะที่ไม่ดีต่อการนวดเนื่องจาก เห็นว่า “การนวด” มักเกี่ยวข้องกับการค้าบริการทางเพศ ทำให้การตัดสินใจเดินทางไปทำงานในเกาหลีใต้นั้นยากพอสมควร ภายหลังการเดินทางไปทำงานในเกาหลีใต้แล้ว D (นามสมมติ) ได้ปรับเปลี่ยนทัศนคติต่อการทำงานบริการ (นวด) โดยระบุว่า เป็นอาชีพที่สามารถสร้างรายได้สามารถเลี้ยงดูตนเองและครอบครัวได้ โดย D (นามสมมติ) มีการเรียนรู้การนวดแผนไทย เทคนิค และทักษะต่าง ๆ จากการสอนงานในระหว่างการทำงานจากผู้ที่มีประสบการณ์มากกว่า (ซึ่งส่วนใหญ่เป็นรุ่นพี่คนไทย) ในฐานะผู้ช่วยนวดก่อนราว 1-2 สัปดาห์ เพื่อสังเกตความหนัก-เบาในการนวด วิธีดูแลลูกค้า รวมไปถึงข้อห้ามในการทำงาน ซึ่งเป็นทักษะที่ D (นามสมมติ) ไม่เคยเรียนรู้มาก่อน แม้จะเป็นการนวดเดียวเช่นกัน หากแต่มีรายละเอียดหลายส่วนที่ต้องเรียนรู้และเข้าใจเพิ่มเติม

2.1.4 สิทธิและสวัสดิการในการทำงาน ในกรณีของ A (นามสมมติ) และ B (นามสมมติ) ซึ่งเป็นแรงงานแบบถูกกฎหมาย ได้รับการฝึกอบรมตั้งแต่ ในพื้นที่ต้นทาง โดยได้รับการอบรมหลักสูตรสำหรับผู้ที่ได้รับสัญญาจ้าง (E-9) เพื่อเตรียมความพร้อมด้านภาษา วัฒนธรรม และกฎหมายแรงงาน จำนวน 45 ชั่วโมง จากโรงเรียนสอนภาษาเกาหลี ซึ่งได้รับการรับรองหลักสูตรจากกรมการจัดหางาน กระทรวงแรงงาน เกี่ยวกับข้อควรรู้และข้อปฏิบัติ โดยทั้งคู่ให้ข้อคิดเห็นว่า สิทธิและสวัสดิการในการทำงานเป็นประเด็นสำคัญสำหรับแรงงานข้ามชาติ ทั้งในแง่การเข้าถึงสิทธิประโยชน์ต่าง ๆ การคุ้มครองแรงงาน รวมไป

ถึงวิธีการในการขอความช่วยเหลือจากหน่วยงานรัฐในเกาหลีใต้หากเกิดเหตุฉุกเฉินต่าง ๆ นอกจากนี้ยังพบรูปแบบการเรียนรู้ด้านสิทธิและสวัสดิการ และการให้หรือขอความช่วยเหลือจากกลุ่มเครือข่ายสังคมออนไลน์ของแรงงานข้ามชาติอีกด้วย ในพื้นที่ปลายทาง กรณีของ A (นามสมมติ) และ B (นามสมมติ) ได้รับการอบรมกฎระเบียบและสวัสดิการต่าง ๆ จากนายจ้างเพิ่มเติม นอกจากนี้เจ้าหน้าที่ฝ่ายแรงงานของเกาหลียังมีการจัดอบรมให้ความรู้เรื่องกฎระเบียบและกฎหมายการจ้างงานอยู่เป็นระยะ ๆ อย่างสม่ำเสมอ ในขณะที่กรณีของ C (นามสมมติ) D (นามสมมติ) และ E (นามสมมติ) ซึ่งเป็นแรงงานแบบผิดกฎหมายพบว่า ไม่ได้รับการอบรมเกี่ยวกับสิทธิประโยชน์และกฎหมายแรงงานต่าง ๆ เท่าที่ควร

2.2 ทักษะปรับตัวและเครือข่ายทางสังคม จำแนกเป็น 3 ทักษะย่อย ดังนี้

2.2.1 การปรับตัวในพื้นที่ปลายทาง พบว่า แรงงานแบบถูกกฎหมายมีการสะสมทุนดังกล่าว ในพื้นที่ต้นทาง โดยมีการสืบค้นข้อมูลในการใช้ชีวิตในเกาหลีใต้ จากอินเทอร์เน็ต และกลุ่มเครือข่ายทางสังคมออนไลน์ของแรงงานข้ามชาติในแอปพลิเคชัน Facebook ซึ่ง A (นามสมมติ) และ B (นามสมมติ) ระบุว่า มีการเข้าเป็นสมาชิกเครือข่ายกลุ่มแรงงานไทยภายใต้โครงการร่วมมือระหว่างรัฐ (EPS) ซึ่งมีข้อมูลการเตรียมตัวสำหรับการเดินทางไปทำงานในเกาหลีใต้โดยเฉพาะ เช่น การใช้ชีวิต การทำงาน รวมไปถึงแนวทางการแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นจากแรงงานข้ามชาติรุ่นพี่ ในขณะที่ C (นามสมมติ) D (นามสมมติ) และ E (นามสมมติ) ซึ่งเป็นแรงงานอีสานข้ามชาติแบบผิดกฎหมายพบว่า มีเครือข่ายทางสังคมเฉพาะสำหรับการเตรียมตัวไปทำงานในเกาหลีใต้ เทคนิคและวิธีการในการผ่านด่านตรวจคนเข้าเมืองของเกาหลี รวมไปถึงวิธีการใช้ชีวิต การทำงาน ซึ่งมีลักษณะใกล้เคียงกับกลุ่มแรงงานอีสานข้ามชาติแบบถูกกฎหมาย ในพื้นที่ปลายทาง A (นามสมมติ) และ B (นามสมมติ) มีการปรับตัวในการใช้ชีวิตและทำงานในพื้นที่ปลายทาง (เกาหลีใต้) โดยประยุกต์ใช้ความรู้ที่ได้รับจากการฝึกอบรม (หลักสูตรอบรม 45 ชั่วโมง) และจากอินเทอร์เน็ต ได้เป็นอย่างดี ในขณะเดียวกันพบว่าแรงงานผิดกฎหมายอย่าง C (นามสมมติ) D (นามสมมติ) และ E (นามสมมติ) มีการปรับตัวในการใช้ชีวิตในพื้นที่ปลายทางด้วยความยากลำบาก ด้วยข้อจำกัดทางด้านกฎหมาย

2.2.2 การมีสุขภาพที่ดี พบว่า แรงงานแบบถูกกฎหมาย มีการสะสมทุนมนุษย์ด้านการดูแลรักษาสุขภาพได้ดี ในพื้นที่ต้นทาง จากการค้นคว้าข้อมูลจากอินเทอร์เน็ต เพื่อให้ผ่านการทดสอบสมรรถภาพร่างกาย (เป็นส่วนหนึ่งของการทดสอบ EPS) และป้องกันการมีปัญหาด้านสุขภาพในอนาคต เพื่อยืนยันว่าร่างกายแข็งแรงไม่เป็นปัญหาอุปสรรคในการทำงาน ซึ่งเป็นหนึ่งในวิธีการสะสมทุนมนุษย์ด้วยตนเอง ในขณะที่แรงงานแบบผิดกฎหมาย มีแนวทางในการดูแลรักษาสุขภาพคล้ายคลึงกับแรงงานแบบถูกกฎหมาย โดยหมั่นดูแลรักษาสุขภาพ เพื่อให้ร่างกายแข็งแรง และเตรียมความพร้อมสำหรับการเดินทาง โดยที่กลุ่มแรงงานทั้งแบบถูกและผิดกฎหมายให้ทัศนะตรงกันว่า หากมีสุขภาพร่างกายไม่แข็งแรงก็ไม่ควรเดินทางไปทำงานในเกาหลีใต้ เนื่องจากอาจก่อให้เกิดความเสี่ยงในชีวิตได้ สำหรับในพื้นที่ปลายทาง แรงงานแบบถูกกฎหมายระบุว่า มีการดูแลรักษาสุขภาพร่างกายและจิตใจ ด้วยการรับประทานอาหารให้ครบถ้วน หลีกเลี่ยงการใช้สารเสพติด และออกกำลังกายอย่างสม่ำเสมอ นอกจากนี้แรงงานกลุ่มนี้ยังได้รับสวัสดิการการตรวจสุขภาพร่างกายและสุขภาพจิตโดยไม่เสียค่าใช้จ่าย จากนายจ้างเป็นประจำทุกปี ๆ ละ 1 ครั้ง ในขณะที่แรงงานแบบผิดกฎหมายมีการสะสมทุนมนุษย์ประเภทนี้น้อยกว่าแรงงานแบบถูกกฎหมาย เนื่องจากไม่มีสวัสดิการในการทำงาน อีกทั้งยังมีความเสี่ยงในชีวิตหากเกิดอาการเจ็บป่วยกะทันหันอีกด้วย

2.2.3 เครือข่ายทางสังคม ในพื้นที่ต้นทาง แรงงานแบบถูกและผิดกฎหมาย มีการสะสมเครือข่ายทางสังคม โดยเรียนรู้จากการสร้างความสัมพันธ์กับเพื่อนร่วมงาน เช่น การทำความรู้จัก และช่วยเหลือเพื่อนร่วมงานในเรื่องที่ตนเองช่วยได้ วิธีการขอความช่วยเหลือ และรักษาความสัมพันธ์เครือข่ายทางสังคมอย่างสม่ำเสมอ เช่น การให้คำปรึกษา การเข้าร่วมงานเลี้ยงสังสรรค์ เป็นต้น สำหรับ ในพื้นที่ปลายทาง แรงงานได้เรียนรู้การคบเพื่อนและยังคงไปร่วมงานเลี้ยงสังสรรค์กับเพื่อนร่วมงานชาวไทยเป็นครั้งคราวในวาระโอกาสสำคัญต่าง ๆ เช่น งานวันเกิด วันปีใหม่ เป็นต้น นอกจากนี้ยังพบมีเครือข่ายทางสังคมออนไลน์ (ซึ่งจะลงรายละเอียดในทักษะถัดไป) โดยใช้เป็นช่องทางในการขอหรือให้ความเหลือ และอำนวยความสะดวกในการ

ดำรงชีวิตและการทำงาน อาทิ การซื้ออาหารไทย การขอความช่วยเหลือจากล่ามแปลภาษา แท็กซี่ไทยรับ-ส่งเพื่อการท่องเที่ยว หรือเพื่อการย้ายงาน เป็นต้น

2.3 ทักษะสมัยใหม่ แบ่งเป็น 2 ทักษะย่อย ดังนี้

2.3.1 การใช้อินเตอร์เน็ตและเครือข่ายสังคมออนไลน์ แรงงานแบบถูกกฎหมาย มีการใช้อินเทอร์เน็ตในการสืบค้นข้อมูลต่าง ๆ เกี่ยวกับระบบกฎหมาย และสวัสดิการในเบื้องต้น ในขณะที่แรงงานแบบผิดกฎหมาย มักใช้อินเทอร์เน็ตในการสืบค้นข้อมูลการทำงานในเกาหลีใต้ วิธีการหลบหนีตำรวจตรวจคนเข้าเมือง รวมไปถึงการใช้ชีวิตดังที่กล่าวมาแล้วในข้างต้น นอกจากนี้ทั้งแรงงานแบบถูกและผิดกฎหมายยังมีการใช้อินเทอร์เน็ตเพื่อติดต่อสื่อสารกับครอบครัว และกับเครือข่ายทางสังคมทั้งในถิ่นต้นทาง (ระบบ EPS, นายหน้า) และในพื้นที่ปลายทาง (เครือญาติ, เพื่อนร่วมงาน, คนรู้จัก) เช่น แจ้งข้อมูลข่าวสารต่าง ๆ และขอรับหรือให้ความช่วยเหลือ เป็นต้น ในพื้นที่ปลายทาง พบว่า แรงงานแบบผิดกฎหมาย มีเครือข่ายสังคมออนไลน์ที่มีความแน่นแฟ้นกว่าแรงงานแบบถูกกฎหมาย เนื่องจากหากไม่พอใจนายจ้าง หรือถูกนายจ้างเอารัดเอาเปรียบแรงงานกลุ่มนี้สามารถใช้เครือข่ายทางสังคมออนไลน์ ช่วยเหลือในการย้ายงานได้ ดังที่ C (นามสมมติ) ระบุว่า *"...ตอนมาทำงานใหม่ ๆ ทำงานอยู่ฟาร์มเลี้ยงนกกระทาอยู่ยองอัมได้ 1 ปี รู้สึกว่านายจ้างเอาเปรียบเกินไป พี่เลยติดต่อกับคนรู้จักกันในกลุ่มหางานในเฟซ จนได้งานใหม่เป็นฟาร์มไก่ที่อิมชิล ภาคใต้เหมือนกัน รู้สึกว่าดีกว่าเดิม เพราะนายจ้างมีที่พัก มีข้าวให้ฟรี แล้วก็ไม่ได้เสียเงินเพราะว่าคนรู้จักเขาหางานให้..."* ในขณะที่แรงงานแบบถูกกฎหมาย หากต้องการเปลี่ยนนายจ้างสามารถทำได้ผ่านระบบ EPS เท่านั้น หากเปลี่ยนงานโดยไม่ได้รับอนุญาตจะถือว่าผิดสัญญาจ้างและกลายเป็นแรงงานแบบผิดกฎหมายทันที

2.3.2 ทักษะภาษา แรงงานแบบถูกกฎหมายมีการสะสมทุนมนุษย์ในด้านทักษะภาษาตั้งแต่ในพื้นที่ต้นทาง ผ่านการเรียนรู้ในโรงเรียนสอนภาษาเกาหลี และเข้าอบรมเพื่อพัฒนาทักษะภาษาเกาหลี โดยต้องสอบวัดระดับภาษาเกาหลีให้ได้ตามเกณฑ์ที่เกาหลีใต้กำหนด ซึ่งเป็นการสะสมทุนมนุษย์ทางภาษาที่สามารถช่วยเป็นเครื่องมือในการดำรงชีวิตและทำงานในพื้นที่ปลายทางได้ ในขณะที่ C (นามสมมติ) D (นามสมมติ) และ E (นามสมมติ) ซึ่งเป็นแรงงานแบบผิดกฎหมายพบว่า ไม่ได้รับการเรียนรู้และอบรมทักษะภาษาเกาหลีเบื้องต้นเลย ในพื้นที่ปลายทาง แรงงานแบบถูกกฎหมายได้รับการเรียนรู้ด้านทักษะภาษาจากนายจ้าง หัวหน้างาน และเพื่อนร่วมงานชาวต่างชาติเพิ่มเติม (โดยใช้ทั้งภาษาอังกฤษและภาษาเกาหลีเป็นสื่อกลาง) ทั้งคู่ให้ทัศนะต่อทักษะภาษาว่า มีสำคัญต่อการทำงานอย่างยิ่ง เนื่องจากในการทำงานต้องเรียนรู้ศัพท์ที่เกี่ยวกับงานและเครื่องจักรต่าง ๆ เพื่อเข้าใจกระบวนการทำงานของเครื่องจักร ทั้งนี้แรงงานแบบถูกและผิดกฎหมายยังมีการเรียนรู้ภาษาเกาหลีด้วยตนเองเพิ่มเติมผ่านแอปพลิเคชัน YouTube และ Facebook เป็นต้น เพื่อใช้ทำงานและสื่อสารกับนายจ้าง ทั้งยังเป็นการป้องกันการถูกหลอกลวง หรือถูกเอารัดเอาเปรียบจากนายจ้างอีกด้วย

การอภิปรายผล

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการย้ายถิ่นกับการสะสมทุนมนุษย์ของแรงงานอีสานข้ามชาติในเกาหลีใต้ โดยสรุปผลการวิจัยและการอภิปรายผล ดังนี้

ส่วนที่ 1 คุณลักษณะทางประชากรของแรงงานอีสานข้ามชาติในเกาหลีใต้ ผลการศึกษาพบว่า ส่วนใหญ่เป็นแรงงานเพศชาย เนื่องจากแรงงานเพศชายมีโอกาสได้รับการคัดเลือกจากนายจ้างมากกว่าเพศหญิง นอกจากนี้ค่านิยมในโครงสร้างทางสังคมอีสานยังเป็นปัจจัยผลักดันที่ส่งผลให้แรงงานเพศชายย้ายถิ่นไปทำงานเพื่อเลื่อนสถานภาพทางเศรษฐกิจของครอบครัวให้มีฐานะดีขึ้น จะเห็นได้ว่าแรงงานอีสานข้ามชาติ มีคุณลักษณะทางประชากรเช่นเดียวกับแรงงานอีสานข้ามชาติที่มีการย้ายถิ่น

ไปทำงานในต่างประเทศจากงานศึกษาก่อนหน้านี้ อาทิ Ayuwat et al. (2024) เป็นต้น อย่างไรก็ตามแรงงานเพศหญิงก็มีโอกาสในการย้ายถิ่นข้ามชาติเพิ่มมากขึ้นด้วยเช่นกัน เมื่อพิจารณาในแง่อายุพบว่า มีอายุระหว่าง 27 – 48 ปี ซึ่งเป็นประชากรในกลุ่มวัยกำลังแรงงาน และจบการศึกษาขั้นต่ำในมัธยมศึกษา นอกจากนี้ปัจจัยความต้องการในการสถานภาพทางเศรษฐกิจให้แก่ครอบครัวแล้วยังพบว่า เงื่อนไขที่ส่งผลทำให้แรงงานเหล่านี้ย้ายถิ่นไปทำงานในเกาหลีใต้ได้สะดวกมากยิ่งขึ้น (ทั้งแบบถูกกฎหมายและผิดกฎหมาย) คือ การเข้าถึงข้อมูลอินเตอร์เน็ต ซึ่งมีสัดส่วนการเดินทางไปทำงานในเกาหลีใต้แบบผิดกฎหมายจากการชักชวนให้เดินทางไปทำงานผ่านนายหน้าในเครือข่ายสังคมออนไลน์เพิ่มมากขึ้น

ส่วนที่ 2 การสะสมทุนมนุษย์ ผลการศึกษาพบว่า แรงงานอีสานข้ามชาติมีแบบแผนการสะสมทุนมนุษย์ จากการเรียนรู้ด้วยตนเอง การเรียนรู้จากการทำงาน และการเรียนรู้จากการฝึกอบรม ตามคำนิยามเรื่อง “ทุน” ของ Coleman (1988) Giddens (1991) และ Putnam (1993) ซึ่งการสะสมทุนมนุษย์เกิดขึ้นภายใต้กระบวนการของการย้ายถิ่นตั้งแต่ในพื้นที่ต้นทาง และในพื้นที่ปลายทาง โดยจำแนกออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ **1) ทักษะการทำงาน** ประกอบด้วยทักษะย่อย 4 ทักษะ ได้แก่ ทักษะงานเกษตรและปศุสัตว์ ทักษะงานอุตสาหกรรม ทักษะงานบริการ และสิทธิและสวัสดิการในการทำงาน สอดคล้องกับงานของ Supunya and Ayuwat (2019) ที่ชี้ให้เห็นว่า การสะสมทุนมนุษย์ทั้งในพื้นที่ต้นทาง และการสะสมทุนมนุษย์รูปแบบใหม่ในพื้นที่ปลาย ช่วยให้แรงงานข้ามชาติสามารถใช้ทุนมนุษย์ที่มีอยู่พัฒนาไปสู่ทุนทางเศรษฐกิจได้ นอกจากนี้การที่แรงงานอีสานข้ามชาติทั้งแบบถูกและผิดกฎหมายได้มีการเรียนรู้ในประเด็นสิทธิและสวัสดิการต่าง ๆ ในการทำงานยังเป็นประโยชน์ต่อตัวแรงงานข้ามชาติ รวมไปถึงเพื่อนร่วมงาน ในฐานะที่เป็นเครื่องมือในการเข้าถึง และขอรับความช่วยเหลือจากหน่วยงานรัฐหรือเครือข่ายทางสังคมอีกด้วย (Abdulloev et al., 2014) เมื่อพิจารณาความแตกต่างระ **2) ทักษะการปรับตัวและเครือข่ายทางสังคม** ประกอบด้วย ทักษะย่อย 3 ทักษะ ได้แก่ การปรับตัวในพื้นที่ปลายทาง การมีสุขภาพที่ดี และเครือข่ายทางสังคม สอดคล้องกับงานของ Ayuwat et al. (2024); Tibajev (2019) ที่ระบุว่า แรงงานข้ามชาติมักใช้เครือข่ายทางสังคมออนไลน์ในการสะสมทุนมนุษย์ ซึ่งเป็นช่องทางให้แรงงานเหล่านี้สามารถเดินทางไปทำงานในต่างประเทศได้สะดวกยิ่งขึ้น นอกจากนี้ในประเด็นการมีสุขภาพที่ดีทั้งด้านร่างกายและจิตใจ ยังเป็นเงื่อนไขสำคัญตั้งแต่ในขั้นการตัดสินใจย้ายถิ่นและการดำรงชีวิตในพื้นที่ปลายทางอีกด้วย (Yang et al., 2025) และ **3) ทักษะสมัยใหม่** ประกอบด้วยทักษะย่อย 2 ทักษะ ได้แก่ การใช้อินเตอร์เน็ตและเครือข่ายสังคมออนไลน์ และทักษะภาษา เป็นทักษะที่แรงงานข้ามชาติควรมั่นฝึกฝน หากแรงงานข้ามชาติไม่ให้ความสำคัญกับทักษะเหล่านี้อาจก่อให้เกิดความเสี่ยงในการใช้ดำรงชีวิตในพื้นที่ปลายทางได้ (Tibajev, 2019) ซึ่งทุนที่แรงงานเหล่านี้สะสมถือเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้สามารถดำรงชีวิตได้อย่างเหมาะสมในพื้นที่ปลายทาง (van de Werfhorst & Heath, 2019) อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาเปรียบเทียบระหว่างแรงงานแบบถูกกฎหมายกับแรงงานแบบผิดกฎหมายพบว่า แรงงานแบบถูกกฎหมายมีความสามารถในการสะสมทุนมนุษย์ได้มากกว่าแรงงานแบบผิดกฎหมายเกือบทุกด้าน เนื่องจากมีความมั่นคงทางรายได้ และสวัสดิการในการทำงาน ทั้งยังมีหน่วยงานรัฐทั้งไทยและเกาหลีคอยให้ความเหลือหากเกิดเหตุฉุกเฉินขึ้น ในขณะที่แรงงานแบบผิดกฎหมายมีข้อจำกัดในการสะสมทุนมนุษย์ โดยเฉพาะการดำรงชีวิตในพื้นที่ปลายทาง เนื่องจากต้องอยู่ด้วยความวิตกกังวล ความไม่มั่นคงของรายได้ และขาดสวัสดิการขั้นพื้นฐาน ซึ่งอาจก่อให้เกิดความเสี่ยงได้ (Ayuwat et al., 2024)

บทสรุป

งานวิจัยชิ้นนี้ตั้งคำถามกับเรื่องเล่าหลัก ในการอธิบายปรากฏการณ์การย้ายถิ่นของแรงงานอีสานข้ามชาติ ภายใต้ปัจจัยทางเศรษฐกิจ เป็นตัวกำหนดการย้ายถิ่นของแรงงาน ซึ่งบทความนี้ชี้ชวนให้พิจารณามิติในการสะสมทุนมนุษย์เข้ามามาอธิบายปรากฏการณ์ดังกล่าว แม้ว่างานวิจัยชิ้นนี้จะตอกย้ำให้เห็นว่าการได้รับค่าจ้างแรงงานที่สูงกว่ายังเป็นปัจจัยหลักที่ดึงดูดให้แรงงานเหล่านี้เดินทางไปทำงานในเกาหลีใต้ อย่างไรก็ตามภายใต้การย้ายถิ่นครั้งนี้ยังพบข้อเท็จจริงเชิงประจักษ์ว่า ภายใต้ปรากฏการณ์ย้ายถิ่นของแรงงานอีสานข้ามชาติในครั้งนี้ยังปรากฏการสะสมทุนมนุษย์ ซึ่งทุนมนุษย์ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการการย้ายถิ่นอีกทั้งยังเป็นเครื่องมือสำคัญที่สามารถช่วยให้แรงงานเหล่านี้สามารถนำไปใช้ในปฏิบัติการในชีวิตประจำวันได้ แม้ว่ารูปแบบการย้ายถิ่นที่ปรากฏในงานวิจัยชิ้นนี้จะนำเสนอทั้งรูปแบบการย้ายถิ่นแบบถูกกฎหมาย (EPS) และผิดกฎหมาย ซึ่งถูกมองว่าอาจนำไปสู่ความเสี่ยงในรูปแบบต่าง ๆ ได้ อย่างไรก็ตามแรงงานอีสานข้ามชาติก็ได้เปิดโลกทัศน์ใหม่ในการศึกษาเกี่ยวกับประเด็นดังกล่าว โดยเฉพาะการสะสมทุนในมิติอื่น ๆ (ซึ่งในงานวิจัยนี้คือ “การสะสมทุนมนุษย์”) ที่นอกเหนือไปจากการสะสมทุนทางเศรษฐกิจ และทุนมนุษย์ที่แรงงานอีสานข้ามชาติเหล่านี้สะสมถือเป็นทักษะเฉพาะตัวของแรงงานผู้มีประสบการณ์ไปทำงานในเกาหลีใต้เท่านั้น

ข้อเสนอเชิงนโยบาย แรงงานอีสานข้ามชาติแบบผิดกฎหมายมีข้อจำกัดในการสะสมทุนมนุษย์มากกว่าแรงงานแบบถูกกฎหมาย ดังนั้น หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ควรกลไกผลักดันให้แรงงานเหล่านี้ไปทำงานแบบถูกกฎหมายมากขึ้น เพื่อให้แรงงานเข้าถึงสิทธิประโยชน์ สวัสดิการต่าง ๆ และเพิ่มโอกาสในการสะสมทุนมนุษย์มากยิ่งขึ้น *ข้อเสนอวิจัยครั้งถัดไป* ควรมีการเก็บข้อมูลในระยะยาว (Longitudinal Study) เพื่อทำการศึกษาว่ามีปัจจัยใดที่ส่งผลให้แรงงานอีสานข้ามชาติในเกาหลีใต้มีการสะสมทุนมนุษย์ได้ดี เพื่อส่งเสริมศักยภาพของแรงงาน และใช้เป็นแนวทางในการเตรียมความพร้อมให้กับผู้ที่มีต้องการย้ายถิ่นไปทำงานในเกาหลีใต้

เอกสารอ้างอิง

กองบริหารแรงงานไทยไปต่างประเทศ. (2567). จำนวนคนหางานที่ได้รับอนุญาตให้เดินทางไปทำงานต่างประเทศ (จำแนกตามภูมิลำเนา ประเทศ และวิธีการเดินทาง) สถิติรายปีงบประมาณ 2567. ค้นเมื่อ 20 มิถุนายน 2568. https://www.doe.go.th/prd/assets/upload/files/overseas_th/f6dfec90f99902a4160a589753578d98.pdf

ขวัญนคร สอนหมั่น และอภิศักดิ์ ธีระวิศิษฐ์. (2556). ปัจจัยการย้ายถิ่นไปทำงานในประเทศสาธารณรัฐเกาหลีและความสัมพันธ์กับเครือญาติของแรงงานไทย. JOURNAL OF LANGUAGE, RELIGION AND CULTURE, 2(2), 167-180. https://so03.tci-thaijo.org/index.php/gshskku/article/view/62693/51573

ณัฐกร มั่นจิตต์ และกตัญญู หิรัญญสมบูรณ์. (2563). แรงจูงใจของแรงงานไทยที่ต้องการไปทำงานในสาธารณรัฐเกาหลีอย่างถูกกฎหมาย. วารสารการบริหารและจัดการ. 10(2): 14-27.

ดุษฎี อายุวัฒน์. (2562). “คนอีสานย้ายถิ่น” สถานการณ์และผลกระทบ. คลังนานาวิทยา. ขอนแก่น.

ธันยพร บัวทอง. (2565, 26 พฤศจิกายน). เกาหลีใต้ : เปิดห้องเรียนภาษาที่อุดรธานี สู่ใบเบิกทางแรงงานหนุ่มสาวในแดนกิมจิ. ค้นเมื่อ 20 มิถุนายน 2568. https://www.bbc.com/thai/articles/cn0yx011nqqo

ประเสริฐ แรงกล้า. (2561). บทนำ: ชีวิตทางสังคมในการเคลื่อนย้าย. ใน ประเสริฐ แรงกล้า (บรรณาธิการ), ชีวิตทางสังคมในการเคลื่อนย้าย (Social Life on the Move). คณะสังคมวิทยาและมานุษยวิทยา มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. ปทุมธานี. 18-43.

ผู้จัดการออนไลน์. (2562, 9 มิถุนายน). ชาวอีสานนับหมื่นแห่สมัครทำงานเกาหลี จัดหางานเตือนถ้าไปอย่างผีน้อยเสียมากกว่าได้. ค้นเมื่อ 20 มิถุนายน 2568. https://mgronline.com/local/detail/9620000054856#google_vignette

พัชราวลัย วงศ์บุญสิน. (2552). การย้ายถิ่น: ทฤษฎีและความเป็นไปในเอเชีย. วิทยาลัยประชากรศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ.

รีนา ต๊ะดี. (2559). แรงงานไทยในเกาหลีใต้: ปัญหาและอุปสรรค ของการเข้าถึงความช่วยเหลือจากหน่วยงานภาครัฐ และเอกชนของไทยและเกาหลีใต้. ในการประชุมวิชาการ ประชากรและสังคม 2559 : ประเทศไทยกับศตวรรษแห่งการย้ายถิ่นข้ามชาติ 16 มีนาคม 2559. สถาบันวิจัยประชากรและสังคม. นครปฐม. 109-122.

รีนา ต๊ะดี. (2566, 4 เมษายน). เปลี่ยน 'ผี' ให้เป็น 'คน' : เหตุผลที่คนเลือกเป็น 'ผีน้อย' และปัญหาเชิงระบบของการส่งแรงงานไปเกาหลี. ค้นเมื่อ 26 มิถุนายน 2568. https://www.the101.world/illegal-thai-workers-in-south-korea/

วิลาสินี อารียะกิจโกศล และศยามล เจริญรัตน์. (2559). การย้ายถิ่นแบบไม่ปกติของหมอนวดหญิงแผนไทยในเกาหลีใต้. วารสารนานาชาติ มหาวิทยาลัยขอนแก่น สาขามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์. 6(3): 35-55. https://so04.tci-thaijo.org/index.php/KKUIJ/article/view/86104/78669

สุภางค์ จันทวานิช, สมาน เหล่าดำรงชัย, สุรวรรณี ลิม, สุมาลี วรรณรัตน์ และมงคล ไพเราะ. (2565). การบริหารจัดการแรงงานไทยไปทำงานในประเทศเกาหลีใต้อย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืนในช่วงโควิด. รายงานผลการวิจัยและนวัตกรรม. สถาบันเอเชียศึกษา. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ.

Abdulloev, I., Gang, I. N., & Yun, M.-S. (2014). Migration, Education and the Gender Gap in Labour Force Participation. The European Journal of Development Research. 26(4): 509-526. https://doi.org/10.1057/ejdr.2014.27

Ayuwat, D., Ruangchoengchum, P., Wongsiri, A., Khamnoi, S., & Auraiampai, N. (2024). Human Capital's Impact on the Labour Productivity: A Case Study of Thai International Returning Migrants. Kurdish Studies, 12(2), 2865-2879. https://doi.org/https://doi.org/10.58262/ks.v12i2.209

Becker, G. S. (1992). Human Capital and the Economy. Proceedings of the American Philosophical Society, 136(1), 85-92. http://www.jstor.org/stable/986801

Becker, G. S. (2008). Human Capital. The Concise Encyclopedia of Economic. Accessed 22 June 2025. https://www.econlib.org/library/Enc1/HumanCapital.html

Boccagni, P., & Baldassar, L. (2015). Emotions on the move: Mapping the emergent field of emotion and migration. Emotion, Space and Society, 16, 73-80. https://doi.org/10.1016/j.emospa.2015.06.009

Bontis, N., Chua Chong Keow, W., & Richardson, S. (2000). Intellectual capital and business performance in Malaysian industries. Journal of Intellectual Capital. 1(1): 85-100. https://doi.org/10.1108/14691930010324188

Bourdieu, P. (1984). Distinction: A Social Critique of the Judgement of Taste. Harvard University Press. Cambridge.

Bourdieu, P. (1986). The Forms of Capita. In J. G. Richardson (Ed.), Handbook of Theory and Research for the Sociology of Education. Greenwood Press. New York. 241-258.

Castels, S., & Miller, M. J. (1993). The Age of Migration: International Population Movements in the Modern World. Guilford Publications. New York.

Coleman, J. S. (1988). Social Capital in the Creation of Human Capital. American Journal of Sociology. 94(1): S95-S120 http://www.jstor.org/stable/2780243

de Haas, H., Castles, S., & Miller, M. J. (2019). The Age of Migration : International Population Movements in the Modern World (6th ed.). Macmillan Education. New York.

Department for International Development. (1999). Sustainable livelihoods guidance sheets. Department for International Development, . London.

Giddens, A. (1991). Modernity and Self-Identity: Self and Society in the Late Modern Age. Standford University Press. Standford.

Kamsing, P. (2021). Factors affecting the achievement of EPS Test of proficiency in Korean of Thai workers : focusing on Korean language schools in Udon Thani. M.A. Thesis. Graduate School. Chulalongkorn University.

Korea Immigration Service. (2024). Yearbook of Korea Immigration Statistics 2023. Immigration Big Data Division of Ministry of Justice. Gyeonggi-do.

Lee, E. S. (1966). A theory of migration. Demography 3, 47-57. https://doi.org/10.2307/2060063

Liu-Farrer, G., & Yeoh, B. S. A. (2018). “Introduction”. In G. Liu-Farrer & B. S. A. Yeoh (Eds.), Routledge Handbook of Asian Migrations. Routledge. New York. 1-18.

Lucas, R. E. B. (1997). Chapter 13 Internal migration in developing countries. In Handbook of Population and Family Economics (Vol. 1, pp. 721-798). Elsevier. https://doi.org/10.1016/S1574-003X(97)80005-0

Narotzky, S., & Besnier, N. (2014). Crisis, Value, and Hope: Rethinking the Economy: An Introduction to Supplement 9. Current Anthropology, 55(S9), S4-S16. https://doi.org/10.1086/676327

One 31. (2566, 9 มีนาคม). ผีน้อยทำพิษ! 4 จังหวัดอีสาน ถูกเกาหลี “ขึ้นบัญชีดำ”. ค้นเมื่อ 20 มิถุนายน 2568. https://www.one31.net/news/detail/61593

Putnam, R. D. (1993). Tuning In, Tuning Out: The Strange Disappearance of Social Capital in America. Political Science and Politics, 28(4), 664-683. https://doi.org/10.2307/420517

Schultz, T. W. (1961). Investment in Human Capital. The American Economic Review. 51(1): 1-17. http://www.jstor.org/stable/1818907.

Schultz, T. W. (1971). Investment in Human Capital; The Role of Education and of Research. The Free Press. New York.

Srisen, N. (2019). “Thai migrants’ Mobility and Illegality in South Korea”. Social Sciences Academic Journal, Faculty of Social Sciences, Chiang Mai University 31(1), 144-170. https://so04.tci-thaijo.org/index.php/jss/article/view/182421.

Supunya, P., & Ayuwat, D. (2019). Lifestyle of Generations in the Sub-Urban Case Study: Major Cities in Northeastern Thailand Journal of Social and Political Sciences. 2(2): 366-374. https://doi.org/10.2139/ssrn.3413399

Tajareonsuk, D. (2018). A Study of Thai ‘Illegal Workers’ in South Korea. M.A. Thesis. Department of Non-Government Ogranization. Chonnam National University.

Tibajev, A. (2019). Linking Self-Employment Before and After Migration: Migrant Selection and Human Capital. Sociological Science. 6: 609-634. https://doi.org/10.15195/v6.a23

van de Werfhorst, H. G., & Heath, A. (2019). Selectivity of Migration and the Educational Disadvantages of Second-Generation Immigrants in Ten Host Societies. Eur J Population. 35: 347-378. https://doi.org/10.1007/s10680-018-9484-2

Wahlbeck, Ö., & Fortelius, S. (2019). The Utilisation of Migrant Capital to Access the Labour Market: The Case of Swedish Migrants in Helsinki. Social Inclusion. 7(4): 181-189. https://doi.org/10.17645/si.v7i4.2325

Yang, G., Badri, M. A., Yaaqeib, S. I., AlRashdi, A. S., & AlMheiri, M. A. (2025). From South Asia to the United Arab Emirates with hope: The subjective well-being of blue-collar migrant workers revisited. International Migration, 63(1), e13364. https://doi.org/10.1111/imig.13364

ความน่าเชื่อถือของปัญญาประดิษฐ์กับประสบการณ์งานนิทรรศการอัจฉริยะ: การเปรียบเทียบข้ามวัฒนธรรมระหว่างนักท่องเที่ยวรุ่นใหม่ชาวไทยและชาวจีน ในงานแสดงสินค้าจีน-อาเซียน ครั้งที่ 22

AI Trust and Smart Expo Experience: A Cross-Cultural Comparison of Young Thai and Chinese Tourists at the 22nd China-ASEAN Expo

ปิยะดา ศรีบุศย์ดี[1] ศินีนาฎ พูลเกื้อ[2] และธนาภรณ์ โคตรพัฒน์[3*]
Piyada Sribusdi[1], Sineenart Poonkua[2] and Tanaporn Khotphat [3*]

[1]โรงเรียนการท่องเที่ยวและการบริการ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต กรุงเทพฯ
[1]School of Tourism and Hospitality Management, Suan Dusit University
[2]คณะศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย สงขลา
[2]Faculty of Liberal Arts, Rajamangala University of Technology Srivijaya, Songkha
[3]คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต กรุงเทพฯ
[3]Faculty of Management Science, Suan Dusit University, Bangkok
[*]Corresponding Author E-mail Address : tanaporn_kho@dusit.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของความน่าเชื่อถือของปัญญาประดิษฐ์ (AI Trust) ต่อประสบการณ์งานนิทรรศการอัจฉริยะ (Smart Expo Experience) และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างนักท่องเที่ยวชาวไทยและชาวจีน รวมถึงทดสอบบทบาทของสัญชาติในฐานะตัวแปรกำกับ วิจัยนี้เป็นรูปแบบการวิจัยเชิงสำรวจ เก็บข้อมูลด้วยแบบสอบถามจากกลุ่มตัวอย่าง 204 คน (ชาวไทย 102 คนและชาวจีน 102 คน) ณ งานแสดงสินค้าจีน-อาเซียน ครั้งที่ 22 เมืองหนานหนิง สาธารณรัฐประชาชนจีน วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนา Independent Samples t-test Simple, Linear Regression และ Hierarchical OLS Regression ผลการวิจัย พบว่า ความน่าเชื่อถือของปัญญาประดิษฐ์มีอิทธิพลเชิงบวกต่อประสบการณ์งานนิทรรศการอัจฉริยะอย่างมีนัยสำคัญ (β = .853, R^2 = .728, $p < .001$) และยังพบว่านักท่องเที่ยวชาวไทยมีระดับความน่าเชื่อถือของปัญญาประดิษฐ์และระดับประสบการณ์งานนิทรรศการอัจฉริยะสูงกว่าชาวจีนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งย้อนแย้งกับสมมติฐานแต่อธิบายได้ด้วย 'กลไกความคุ้นเคยที่สวนทาง (Familiarity Paradox)' ที่ค้นพบจากการวิจัยครั้งนี้ที่แสดงให้เห็นว่า ความคุ้นเคยกับปัญญาประดิษฐ์ในชีวิตประจำวันของนักท่องเที่ยวรุ่นใหม่ชาวจีนได้เข้าไปยกระดับมาตรฐานการประเมินเทคโนโลยีให้สูงขึ้น อีกทั้ง พบว่า สัญชาติไม่มีบทบาทเป็นตัวแปรกำกับในความสัมพันธ์ระหว่างความน่าเชื่อถือของปัญญาประดิษฐ์กับประสบการณ์งานนิทรรศการอัจฉริยะ (p = .344) ยิ่งไปกว่านั้น งานวิจัยนี้ยังพิสูจน์ว่า 'ความน่าเชื่อถือเป็นกลไกระดับสากล' ที่แปลงความไว้วางใจไปสู่การพัฒนาประสบการณ์งานนิทรรศการอัจฉริยะได้ในระดับที่เท่าเทียมกันทั้งในบริบทของชาวไทยและชาวจีน องค์ความรู้เหล่านี้ไม่เพียงแต่ช่วยยืนยันความสม่ำเสมอของกลไกความไว้วางใจ แต่ยังได้ขยายขอบเขตของทฤษฎีการยอมรับเทคโนโลยีไปสู่บริบทการท่องเที่ยวไมซ์ (MICE Tourism) ข้ามวัฒนธรรมได้อย่างเป็นรูปธรรม ในเชิงนโยบาย งานวิจัยนี้ได้เสนอ 4 กลยุทธ์สำหรับการพัฒนาประเทศไทยสู่การเป็นศูนย์กลางไมซ์อัจฉริยะแห่งภูมิภาคอาเซียน ดังนี้ (1) การกำหนดตำแหน่งของประเทศไทยในฐานะศูนย์กลางไมซ์อัจฉริยะของภูมิภาคอาเซียน (2) การสร้างต้นแบบการออกแบบประสบการณ์ปัญญาประดิษฐ์ (3) การกำหนดมาตรฐานความน่าเชื่อถือของปัญญาประดิษฐ์สำหรับธุรกิจไมซ์อัจฉริยะของประเทศไทย และ (4) การยกระดับคุณภาพปัญญาประดิษฐ์ในธุรกิจไมซ์อย่างต่อเนื่อง

คำสำคัญ: ความน่าเชื่อถือของปัญญาประดิษฐ์ งานนิทรรศการอัจฉริยะ นักท่องเที่ยวชาวไทยและชาวจีนรุ่นใหม่ ประสบการณ์การท่องเที่ยว งานแสดงสินค้าจีน-อาเซียน

Abstract

This study aims to examine the influence of AI Trust on Smart Expo Experience, compare differences between young Thai and Chinese tourists, and test the moderating role of nationality. A survey research design was employed, with data collected via questionnaire from 204 respondents (Thai = 102, Chinese = 102) at the 22nd China-ASEAN Expo, Nanning, People's Republic of China. Data were analyzed using descriptive statistics, Independent Samples t-test, Simple Linear Regression, and Hierarchical OLS Regression.

Results reveal that AI Trust has a significant positive influence on Smart Expo Experience (β = .853, R^2 = .728, $p < .001$). And young Thai tourists demonstrated significantly higher levels of both AI Trust and Smart Expo Experience than their Chinese tourists. Contrary to the hypothesis, this outcome can be elucidated by the "Familiarity Paradox" discovered in this study. The paradox demonstrates that the younger generation of Chinese tourists' daily familiarity with artificial intelligence has elevated their baseline standards for technology evaluation. Furthermore, the findings reveal that nationality does not play a moderating role in the relationship between AI Trust and smart expo experiences (p = .344). Crucially, this research proves that "trust as universal mechanism" that translates trust into enhanced smart expo experiences equally within both Thai and Chinese contexts. These insights not only validate the consistency of the trust mechanism but also tangibly expand the scope of technology acceptance theories into cross-cultural MICE tourism. In terms of policy implications, this study proposes four strategies to advance Thailand as an ASEAN Smart MICE Hub: (1) positioning Thailand as the regional hub for smart MICE, (2) establishing design prototypes for AI experiences, (3) defining AI trust standards for Thailand's smart MICE industry, and (4) continuously upgrading AI quality within the MICE sector.

Keywords: AI Trust, Smart Expo, young Thai and Chinese tourists, travel experiences, China-ASEAN Expo.

บทนำ

ในโลกยุคปัจจุบันเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence: AI) ได้เข้ามามีบทบาทต่ออุตสาหกรรมการท่องเที่ยวและบริการ รวมทั้งอุตสาหกรรมไมซ์ (MICE Industry) ที่เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ได้กลายเป็นกลไกหลักในการขับเคลื่อนการเติบโตและสร้างความได้เปรียบในการแข่งขัน ผ่านการปรับเปลี่ยนกระบวนการทำงานในทุกมิติตั้งแต่การดำเนินงานภายในไปจนถึงการส่งมอบประสบการณ์แก่ผู้เข้าร่วมงาน (TCEB, 2026) โดยการประยุกต์ใช้ AI ในการเป็นสื่อกลางระหว่างผู้จัดงานนิทรรศการและผู้เข้าชม เช่น บริการตอบคำถามอัตโนมัติ การแปลภาษาแบบเรียลไทม์ และระบบนำทางภายในงาน เป็นต้น ส่งผลให้เกิดการยกระดับบทบาทของงานนิทรรศการนานาชาติจากพื้นที่จัดแสดงสู่พื้นที่สร้างประสบการณ์อัจฉริยะได้อย่างเป็นรูปธรรม (UNWTO, 2024) สอดคล้องกับแนวคิดของ Pine & Gilmore (1999) ที่ระบุว่าในยุคเศรษฐกิจประสบการณ์ ผู้บริโภคไม่ได้แสวงหาสินค้าหรือบริการเท่านั้น แต่แสวงหาประสบการณ์ที่มีความหมายและคงอยู่ในความทรงจำ ดังนั้น การแข่งขันในอุตสาหกรรมไมซ์จึงไม่ได้ขึ้นอยู่กับเนื้อหาหรือขนาดของงานอีกต่อไป แต่ยังขึ้นอยู่กับคุณภาพของประสบการณ์อัจฉริยะ (Smart Experience) เป็นสำคัญ

อีกด้วย โดยบทบาทของเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ในฐานะผู้สร้างประสบการณ์ มักถูกกำกับโดยความน่าเชื่อถือของเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ (AI Trust) ซึ่งเป็นปัจจัยพื้นฐานที่จะเป็นตัวกำหนดการรับรู้และการประเมินประสบการณ์โดยรวมของผู้ใช้งาน นอกจากนี้ ความน่าเชื่อถือของเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ ยังประกอบไปด้วยความถูกต้องของข้อมูล ความปลอดภัยของข้อมูลส่วนบุคคล และความเสถียรของระบบ ซึ่งทั้งสามมิตินี้มีอิทธิพลโดยตรงต่อคุณค่าที่รับรู้และความพึงพอใจในการใช้งาน (McKnight et al., 2002) สอดคล้องกับแบบจำลองการยอมรับเทคโนโลยี (Technology Acceptance Model: TAM) ของ Davis (1989) ที่กล่าวว่าการรับรู้ถึงประโยชน์และความง่ายในการใช้งาน เป็นปัจจัยพื้นฐานของการยอมรับเทคโนโลยี โดยกระบวนการรับรู้ทั้งสองจะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อมีฐานของความไว้วางใจรองรับอยู่ก่อน ในบริบทดิจิทัลความน่าเชื่อถือมีบทบาทสำคัญเทียบเท่ากับตัวแปรหลักในทฤษฎี TAM และเมื่อขยายสู่บริบทปัญญาประดิษฐ์แล้ว ความน่าเชื่อถือจึงไม่ใช่เพียงตัวแปรหนึ่งในแบบจำลองการยอมรับเทคโนโลยี หากแต่เป็นรากฐานที่กำหนดว่าประสบการณ์จะถูกสร้างขึ้นได้มากน้อยเพียงใด (Gefen et al., 2003) โดยเฉพาะในมิติข้ามวัฒนธรรม ที่ประสบการณ์งานนิทรรศการอัจฉริยะไม่ได้เกิดจากเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์เท่านั้น แต่ถูก ตีความผ่านนักท่องเที่ยวผู้ใช้งานจริง โดยเฉพาะกลุ่มนักท่องเที่ยวรุ่นใหม่ ที่มีความคุ้นเคยกับเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ในชีวิตประจำวัน พร้อมเปิดรับนวัตกรรมใหม่ และให้คุณค่ากับประสบการณ์ที่ไร้รอยต่อและมีความหมายเชิงดิจิทัลมากกว่าประสบการณ์รูปแบบเดิม (Tussyadiah, 2020) ด้วยเหตุนี้ การรับรู้ของนักท่องเที่ยวรุ่นใหม่จึงไม่ใช่เพียงตัวแปรประกอบ แต่เป็นตัวแปรหลักที่จะกำหนดว่าบริการปัญญาประดิษฐ์ที่เกิดขึ้นในงานนิทรรศการนั้นจะถูกมองว่าช่วยเพิ่มคุณค่าหรือสร้างความซับซ้อนในการใช้บริการ อีกทั้งกลุ่มผู้เข้าร่วมงานรุ่นใหม่ ยังมีบทบาทเป็นกลุ่มที่จะกำหนดทิศทางของของเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์และอุตสาหกรรมไมซ์ในอนาคตอีกด้วย ดังนั้น งานวิจัยนี้มุ่งเน้นศึกษานักท่องเที่ยวรุ่นใหม่ทั้งชาวไทยและชาวจีนที่เข้าร่วมงานนิทรรศการแสดงสินค้าจีน-อาเซียน ครั้งที่ 22 เนื่องจากนักท่องเที่ยวสองกลุ่มนี้มีบริบททางสังคมด้านเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ที่แตกต่างกัน โดยนักท่องเที่ยวรุ่นใหม่ชาวจีนมีความคุ้นเคยกับเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ในชีวิตประจำวันเป็นอย่างดี เช่น ระบบชำระเงินอัจฉริยะและแพลตฟอร์มบริการต่าง ๆ ในขณะที่นักท่องเที่ยวรุ่นใหม่ชาวไทยมีการเข้าถึงเทคโนโลยีในวงกว้าง แต่ความคุ้นเคยกับเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ในชีวิตประจำวันยังอยู่ในระยะการพัฒนา ซึ่งสอดคล้องกับที่ Hofstede (2001) ได้ระบุไว้ว่าความแตกต่างทางวัฒนธรรมในมิติการหลีกเลี่ยงความไม่แน่นอนและการวางแผนระยะยาวส่งผลต่อรูปแบบการยอมรับเทคโนโลยี ทั้งยังสอดคล้องกับทฤษฎีการยอมรับและการใช้เทคโนโลยีแบบบูรณาการ (Unified Theory of Acceptance and Use of Technology: UTAUT) ของ Venkatesh et al. (2003) ที่ระบุว่าบริบทสังคมและวัฒนธรรมทำหน้าที่เป็นตัวแปรกำกับ หรือตัวแปรแทรกกลาง (Moderator Variable) ที่สำคัญในกระบวนการรับรู้และใช้เทคโนโลยี

จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่า งานวิจัยส่วนใหญ่มักตั้งสมมติฐานว่านักท่องเที่ยวจากประเทศที่มีระบบนิเวศดิจิทัลที่พัฒนาสูงกว่าจะมีความน่าเชื่อถือต่อเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ (AI Trust) ที่สูงกว่าประเทศที่กำลังพัฒนาระบบนิเวศดิจิทัล (Venkatesh et al., 2003; Hofstede, 2001) โดยสมมติฐานดังกล่าวยังขาดหลักฐานเชิงประจักษ์ในบริบทของประสบการณ์งานนิทรรศการอัจฉริยะที่จัดขึ้นจริง นอกจากนี้การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความน่าเชื่อถือของปัญญาประดิษฐ์กับประสบการณ์งานนิทรรศการอัจฉริยะในบริบทของงานนิทรรศการนานาชาติและมิติข้ามวัฒนธรรมระหว่างไทยและจีน ยังคงเป็นช่องว่างงานวิจัยในปัจจุบัน ดังนั้น งานแสดงสินค้าจีน-อาเซียน ครั้งที่ 22 (China-ASEAN Expo 2025) ณ เมืองหนานหนิง มณฑลกวางสี สาธารณรัฐประชาชนจีน ซึ่งเป็นงานนิทรรศการที่ยิ่งใหญ่ระดับภูมิภาคและครั้งนี้เป็นครั้งแรกที่ถูกออกแบบภายใต้แนวคิด "ปัญญาดิจิทัลและนวัตกรรมเพื่อขับเคลื่อนการพัฒนา" เพื่อแสดงการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ตั้งแต่ระดับโครงสร้างพื้นฐานไปจนถึงการส่งมอบประสบการณ์ผู้ใช้ในงาน (caexpo.org.cn, 2026) โดยมีการจัดตั้ง AI Pavilion ขึ้นโดยเฉพาะ จึงมีความเหมาะสมในการเป็นพื้นที่ทดสอบสมมติฐานนี้ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความน่าเชื่อถือของปัญญาประดิษฐ์ (AI Trust) และ ประสบการณ์งานนิทรรศการอัจฉริยะ (Smart Expo Experience) พร้อมทั้งเปรียบเทียบความ

แตกต่างระหว่างนักท่องเที่ยวชาวไทยและชาวจีนในบริบทของงานแสดงสินค้าจีน-อาเซียน ครั้งที่ 22 เพื่อสร้างองค์ความรู้ด้านการท่องเที่ยวไมซ์ (MICE Tourism) และเสนอกลยุทธ์ในการพัฒนาประเทศไทยสู่การเป็นศูนย์กลางไมซ์อัจฉริยะ (Smart MICE Hub) แห่งภูมิภาคอาเซียนอย่างยั่งยืนต่อไป

การทบทวนวรรณกรรม

การนำปัญญาประดิษฐ์มาประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรม MICE ได้เปลี่ยนบทบาทของงานนิทรรศการนานาชาติจากพื้นที่จัดแสดงไปสู่พื้นที่สร้างประสบการณ์อัจฉริยะ (UN Tourism, 2024) ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดเศรษฐกิจเชิงประสบการณ์ (Experience Economy) ของ Pine & Gilmore (1999) ที่ชี้ว่าผู้บริโภคยุคใหม่แสวงหาประสบการณ์ที่มีความหมายมากกว่าสินค้าหรือบริการในรูปแบบดั้งเดิม ด้าน Tussyadiah (2020) กล่าวเสริมว่า ปัญญาประดิษฐ์ไม่ได้เพียงช่วยยกระดับประสิทธิภาพการให้บริการ แต่ยังสร้างรูปแบบประสบการณ์ใหม่ที่ไม่สามารถเกิดขึ้นได้จากบริการแบบเดิม ในบริบทของงานนิทรรศการขนาดใหญ่ Chang (2022) แสดงให้เห็นว่าเทคโนโลยีการท่องเที่ยวอัจฉริยะภายในงาน mega-event สามารถยกระดับประสบการณ์ผู้เข้าชมและภาพลักษณ์ของจุดหมายปลายทางได้โดยตรง ผ่านกลไกการถ่ายโอนความไว้วางใจ (Trust Transfer) จากเทคโนโลยีสู่การรับรู้ของผู้ใช้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Ku & Chen (2024) ที่เก็บข้อมูลจากนักท่องเที่ยวในปักกิ่ง หางโจว ไทเป และสิงคโปร์ โดยผลการวิจัยพบว่า นวัตกรรมปัญญาประดิษฐ์ของธุรกิจท่องเที่ยวส่งผลโดยตรงต่อความพึงพอใจและความตั้งใจในการใช้บริการซ้ำ

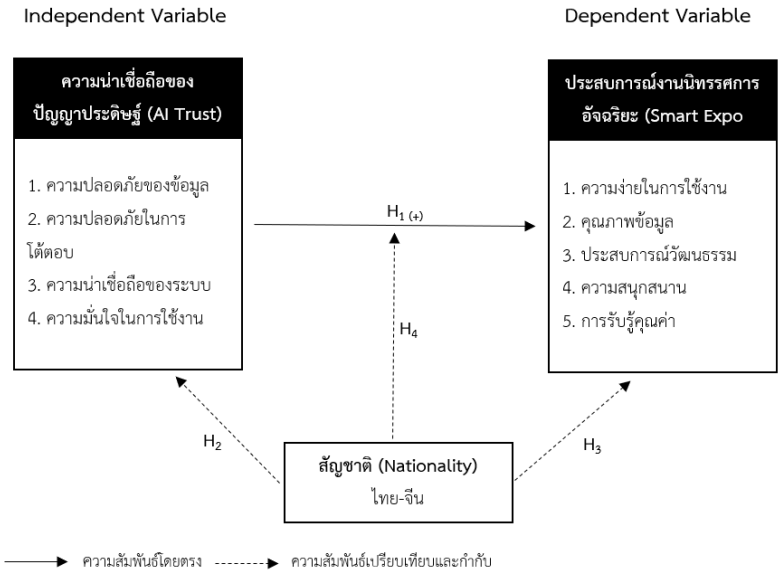
อย่างไรก็ตาม ประสิทธิผลของปัญญาประดิษฐ์ในฐานะผู้สร้างประสบการณ์ถูกกำกับโดยความน่าเชื่อถือของผู้ใช้ต่อระบบ (AI Trust) เป็นสำคัญ Mayer, Davis & Schoorman (1995) ได้นิยาม ความน่าเชื่อถือ (trust) ไว้ว่าเป็นความเต็มใจที่จะเปราะบางต่อการกระทำของระบบบนฐานของความคาดหวังเชิงบวก ทางด้าน McKnight, Choudhury & Kacmar (2002) ระบุว่าในบริบทดิจิทัลความน่าเชื่อถือครอบคลุมความถูกต้องของข้อมูล ความปลอดภัยของข้อมูลส่วนบุคคล และความเสถียรของระบบ ขณะที่ทางด้าน Gefen, Karahanna & Straub (2003) ได้แสดงหลักฐานเชิงประจักษ์ว่า ความน่าเชื่อถือมีบทบาทสำคัญเทียบเท่าตัวแปรหลักในแบบจำลองการยอมรับเทคโนโลยี (TAM) ของ Davis (1989) และยังเป็นรากฐานที่กำหนดว่าประสบการณ์ดิจิทัลจะถูกสร้างขึ้นได้มากน้อยเพียงใด

ในมิติข้ามวัฒนธรรม Venkatesh et al. (2003) ระบุผ่านทฤษฎีการยอมรับและการใช้เทคโนโลยีแบบบูรณาการ (UTAUT) ว่าบริบทสังคมวัฒนธรรมทำหน้าที่เป็นตัวแปรกำกับสำคัญในกระบวนการยอมรับเทคโนโลยี ซึ่งสอดคล้องกับ Hofstede (2001) ที่ชี้ให้เห็นว่า ความแตกต่างทางวัฒนธรรมในมิติการหลีกเลี่ยงความไม่แน่นอน (Uncertainty Avoidance) และมิติการวางแผนระยะยาว (Long-Term Orientation) ส่งผลต่อระดับความเชื่อมั่นต่อเทคโนโลยี สอดคล้องกับ Dang & Li (2025) ที่ได้ยืนยันผ่านการทบทวนวรรณกรรมเชิงระบบจาก 562 งานวิจัยเชิงประจักษ์ว่า ปัจจัยทางวัฒนธรรมปรับเปลี่ยนลำดับความสำคัญของตัวแปรที่กำหนดความน่าเชื่อถือของปัญญาประดิษฐ์ได้อย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะในด้านความสามารถของระบบและการรับรู้ความปลอดภัยด้านความเป็นส่วนตัว ในบริบทเฉพาะของนักท่องเที่ยวไทยและจีน จากรายงาน Global AI Sentiment Report โดย Booking.com (2025) ที่สำรวจกลุ่มตัวอย่าง 37,325 คนจาก 33 ประเทศ รวมถึงประเทศไทยและจีน พบว่า แม้ผู้บริโภคทั่วโลกจะมีความตื่นเต้นต่อปัญญาประดิษฐ์สูงถึงร้อยละ 91 แต่มีเพียงร้อยละ 6 เท่านั้นที่ไว้วางใจและเชื่อถือปัญญาประดิษฐ์อย่างเต็มที่ จากจุดนี้สะท้อนให้เห็นช่องว่างของ "ความคาดหวังสูง–ความไว้วางใจต่ำ" ที่มีนัยสำคัญต่อการออกแบบประสบการณ์อัจฉริยะ

ด้วยเหตุนี้ คณะผู้วิจัยจึงมุ่งศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความน่าเชื่อถือของปัญญาประดิษฐ์กับประสบการณ์งานนิทรรศการอัจฉริยะในบริบทของงานแสดงสินค้าจีน-อาเซียน ซึ่งถือเป็นงานนิทรรศการนานาชาติข้ามวัฒนธรรมระหว่างไทยและจีนที่สำคัญและยังไม่มีการศึกษาเชิงประจักษ์มาก่อน งานวิจัยนี้จึงมุ่งเติมเต็มช่องว่างทางการวิจัยดังกล่าว

กรอบแนวคิดการวิจัย

กรอบแนวคิดการวิจัยครั้งนี้พัฒนาขึ้นจากการบูรณาการทฤษฎีหลักสามกลุ่ม ได้แก่ Technology Acceptance Model (Davis, 1989) Trust Theory (Mayer et al., 1995; McKnight et al., 2002) และทฤษฎีมิติวัฒนธรรมของ Hofstede (2001) ร่วมกับ UTAUT (Venkatesh et al., 2003) โดยกำหนดให้ ความน่าเชื่อถือของปัญญาประดิษฐ์ (AI Trust) เป็นตัวแปรอิสระ (Independent Variable) ประสบการณ์งานนิทรรศการอัจฉริยะ (Smart Expo Experience) เป็นตัวแปรตาม (Dependent Variable) และ สัญชาติ (Nationality) เป็นตัวแปรกำกับ (Moderator Variable) ดังรูปที่1



รูปที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

จากรูปที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัยได้แสดงให้เห็นถึงนิยามและการวัดตัวแปรในงานวิจัย ดังนี้

ด้านตัวแปรอิสระ คือ ความน่าเชื่อถือของปัญญาประดิษฐ์ (AI Trust) วัดผ่าน 4 มิติ ได้แก่ (1) ความปลอดภัยของข้อมูลส่วนบุคคล (Data Security) (2) ความปลอดภัยในการโต้ตอบกับระบบ (Safety in Interaction) (3) ความน่าเชื่อถือและสม่ำเสมอของระบบ (Reliability and Consistency) และ (4) ความมั่นใจในการใช้งานต่อเนื่อง (Future Confidence) โดยอ้างอิงจาก McKnight et al. (2002) และ Mayer et al. (1995)

ด้านตัวแปรตาม คือ ประสบการณ์งานนิทรรศการอัจฉริยะ (Smart Expo Experience) วัดผ่าน 5 มิติ รวม 10 ข้อ ได้แก่ (1) ความง่ายในการใช้งาน (Ease of Use) (2) คุณภาพข้อมูล (Information Quality) (3) ประสบการณ์ทางวัฒนธรรม (Cultural Experience) (4) ความสนุกสนาน (Enjoyment) และ (5) การรับรู้คุณค่า (Value Perception) โดยบูรณาการจากทฤษฎีของ Davis (1989) DeLone & McLean (2003) และ Pine & Gilmore (1999)

ด้านตัวแปรกำกับ คือ สัญชาติ (Nationality) ซึ่งเป็นตัวแทนของความแตกต่างในระบบนิเวศดิจิทัลและมิติทางวัฒนธรรม ตามแนวคิดของ Hofstede (2001) และ Venkatesh et al. (2003)

คำถามการวิจัย

RQ1: นักท่องเที่ยวชาวไทยและชาวจีนรุ่นใหม่มีระดับการรับรู้ความน่าเชื่อถือของปัญญาประดิษฐ์และประสบการณ์งานนิทรรศการอัจฉริยะเป็นอย่างไร? แตกต่างกันหรือไม่?

RQ2: ความน่าเชื่อถือของปัญญาประดิษฐ์ส่งผลต่อประสบการณ์งานนิทรรศการอัจฉริยะของนักท่องเที่ยวอย่างไร?

RQ3: ความแตกต่างด้านวัฒนธรรมและระบบนิเวศดิจิทัลมีบทบาทต่อความสัมพันธ์ดังกล่าวหรือไม่

RQ4: สัญชาติของนักท่องเที่ยว (ไทยและจีน) มีบทบาทเป็นตัวแปรกำกับความสัมพันธ์ระหว่างความน่าเชื่อถือของปัญญาประดิษฐ์ และ ประสบการณ์งานนิทรรศการอัจฉริยะ หรือไม่ และอย่างไร?

วัตถุประสงค์การวิจัย

RO1: เพื่อศึกษาระดับความน่าเชื่อถือของปัญญาประดิษฐ์และประสบการณ์งานนิทรรศการอัจฉริยะของนักท่องเที่ยวชาวไทยและชาวจีนรุ่นใหม่ในงานแสดงสินค้าจีน-อาเซียนครั้งที่22

RO2: เพื่อวิเคราะห์อิทธิพลของความน่าเชื่อถือของปัญญาประดิษฐ์ที่มีต่อประสบการณ์งานนิทรรศการอัจฉริยะ

RO3: เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของความน่าเชื่อถือของปัญญาประดิษฐ์และประสบการณ์งานนิทรรศการอัจฉริยะระหว่างนักท่องเที่ยวรุ่นใหม่ชาวไทยและชาวจีน

RO4: เพื่อทดสอบบทบาทของสัญชาติ (ไทยและจีน) ในฐานะตัวแปรกำกับ (moderator) ที่มีต่อความสัมพันธ์ระหว่างความน่าเชื่อถือของปัญญาประดิษฐ์และประสบการณ์งานนิทรรศการอัจฉริยะ

สมมติฐานการวิจัย

H1: ความน่าเชื่อถือของปัญญาประดิษฐ์ (AI Trust) มีอิทธิพลเชิงบวกต่อประสบการณ์งานนิทรรศการอัจฉริยะ (Smart Expo Experience)

H2: นักท่องเที่ยวชาวจีนรุ่นใหม่มีระดับความน่าเชื่อถือของปัญญาประดิษฐ์ (AI Trust) สูงกว่านักท่องเที่ยวชาวไทยรุ่นใหม่อย่างมีนัยสำคัญ

H3: นักท่องเที่ยวชาวจีนรุ่นใหม่มีระดับประสบการณ์งานนิทรรศการอัจฉริยะ (Smart Expo Experience) สูงกว่านักท่องเที่ยวชาวไทยอย่างมีนัยสำคัญ

H4: สัญชาติ (ไทยและจีน) ทำหน้าที่เป็นตัวแปรกำกับ (moderator) ในความสัมพันธ์ระหว่างความน่าเชื่อถือของปัญญาประดิษฐ์ (AI Trust) และ ประสบการณ์งานนิทรรศการอัจฉริยะ (Smart Expo Experience) โดยความสัมพันธ์ดังกล่าวมีความแรงแตกต่างกันระหว่างสองกลุ่ม

ระเบียบวิธีวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงปริมาณ (quantitative research) โดยใช้รูปแบบการวิจัยเชิงสำรวจ (Survey Research Design) ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาบทบาทของความน่าเชื่อถือของปัญญาประดิษฐ์ (AI Trust) ที่มีต่อประสบการณ์งาน

นิทรรศการอัจฉริยะ (Smart Expo Experience) พร้อมทั้งเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างนักท่องเที่ยวรุ่นใหม่ชาวไทยและชาวจีนในบริบทของงานแสดงสินค้าจีน–อาเซียน ครั้งที่ 22 รวมถึงวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงสาเหตุและบทบาทของสัญชาติในฐานะตัวแปรกำกับ (moderator variable) ทั้งนี้ ทางคณะผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลในสถานที่จริง ณ งานแสดงสินค้าจีน-อาเซียน ครั้งที่ 22 (The 22nd China-ASEAN Expo) เมืองหนานหนิง สาธารณรัฐประชาชนจีน ระหว่างวันที่ 17 - 21 กันยายน 2568

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรและกลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักท่องเที่ยวชาวไทยและชาวจีนรุ่นใหม่ที่มีอายุ 18-40 ปี ที่เข้าร่วมงานแสดงสินค้าจีน–อาเซียน ครั้งที่ 22 ณ เมืองหนานหนิง สาธารณรัฐประชาชนจีน ระหว่างวันที่ 17 - 21 กันยายน 2568 และมีประสบการณ์ใช้บริการเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ภายในงาน สำหรับการกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่าง ทางคณะผู้วิจัยใช้วิธีการสุ่มแบบเจาะจง (Purposive Sampling) ร่วมกับวิธีการสุ่มแบบโควตา (Quota Sampling) เพื่อให้ได้จำนวนกลุ่มตัวอย่างที่สมดุลกันระหว่างสองสัญชาติ โดยมีการกำหนดโควตาเป็นสัญชาติจีน 102 คน และสัญชาติไทย 102 คน รวมทั้งสิ้น 204 คน (n ไทย = 102, n จีน = 102) ซึ่งสอดคล้องกับข้อกำหนดขนาดตัวอย่างขั้นต่ำสำหรับการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (multiple regression) ตามเกณฑ์ของ Hair et al. (2019) ที่แนะนำให้มีอัตราส่วนไม่น้อยกว่า 10:1 ต่อตัวแปรพยากรณ์

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือแบบสอบถาม (Questionnaire) ที่พัฒนาขึ้นจากตัวแปรที่ค้นพบจากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง โดยแบบสอบถามจะถูกจัดทำเป็น 2 ภาษา ได้แก่ ภาษาไทย ภาษาจีนกลาง เพื่อให้สอดคล้องกับกลุ่มตัวอย่าง ประกอบด้วย 4 ส่วนหลัก ดังนี้

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปและลักษณะทางประชากรศาสตร์ (Demographic Information) ได้แก่ เพศ อายุ สัญชาติ ระดับการศึกษา ประสบการณ์การเข้าร่วมงาน และประเภทบริการปัญญาประดิษฐ์ที่ใช้ภายในงาน

ส่วนที่ 2 ความน่าเชื่อถือของปัญญาประดิษฐ์ (AI Trust Scale) ประกอบด้วย 4 ข้อคำถาม (Items)

ส่วนที่ 3 ประสบการณ์งานนิทรรศการอัจฉริยะ (Smart Expo Experience Scale) ประกอบด้วย 10 ข้อคำถาม

ส่วนที่ 4 คำถามปลายเปิดเกี่ยวกับความประทับใจและข้อเสนอแนะ

ทั้งนี้ ข้อคำถามทั้งหมดในส่วนที่ 2 และ 3 ใช้มาตรวัดแบบลิเคิร์ต 5 ระดับ (5-Point Likert Scale) ตั้งแต่ 1 = ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง ถึง 5 = เห็นด้วยอย่างยิ่ง

3. การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

แบบสอบถามผ่านการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) โดยผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ด้านการท่องเที่ยวไมซ์ ด้านเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ และด้านการวัดประเมินผล โดยมีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของทุกข้อคำถามผ่านเกณฑ์ที่กำหนด (IOC ≥ 0.67) จากนั้น ได้ทำการทดสอบนำร่อง (Pilot Test)กับกลุ่มตัวอย่าง 30คน ก่อนปรับแก้ถ้อยคำและเก็บข้อมูลจริง

ด้านการตรวจสอบความเชื่อมั่นภายใน (Internal Consistency) ตรวจสอบด้วยค่าสัมประสิทธิ์อัลฟาของครอนบาค จากกลุ่มตัวอย่างจริง (n = 204) พบว่า ความน่าเชื่อถือของปัญญาประดิษฐ์ (4 ข้อ) มีค่า α = .890 และ ประสบการณ์งานนิทรรศการอัจฉริยะ (10 ข้อ) มีค่า α = .926 ซึ่งทั้งสองมาตรวัดสูงกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำที่ α ≥ .70 (Nunnally, 1978) แสดงว่าเครื่องมือมีความเชื่อมั่นอยู่ในระดับดีถึงดีเยี่ยมสำหรับการวิจัยทางสังคมศาสตร์

4. การเก็บรวบรวมข้อมูล (Data Collection)

เก็บรวบรวมข้อมูลระหว่างการจัดงานแสดงสินค้าจีน-อาเซียน ครั้งที่ 22 ณ ศูนย์นิทรรศการและการประชุมนานาชาติกว่างซี (Guangxi International Convention and Exhibition Center) เมืองหนานหนิง มณฑลกวางสี สาธารณรัฐประชาชนจีน โดยแบบสอบถามเผยแพร่ผ่านระบบออนไลน์ QR Code ซึ่งผู้เข้าร่วมงานสแกนผ่านสมาร์ทโฟน เกณฑ์การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่าง

คือ (1) มีสัญชาติไทยหรือจีน (2) มีอายุระหว่าง 18–40 ปี และ (3) เคยใช้บริการปัญญาประดิษฐ์อย่างน้อย 1 รายการภายในงาน โดยในการเก็บข้อมูลทางคณะผู้วิจัยได้รับแบบสอบถามที่สมบูรณ์ครบตามโควตา จำนวน 204 ชุด (ไทย 102 ชุด จีน 102 ชุด)

5. การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมสถิติ งานวิจัยนี้ใช้การวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

5.1 การวิเคราะห์ความเชื่อมั่นของเครื่องมือ (Reliability Analysis) เพื่อใช้ตรวจสอบความเชื่อมั่นของมาตรวัดด้วยค่าสัมประสิทธิ์อัลฟาของครอนบาค (Cronbach's Alpha Coefficient) โดยกำหนดเกณฑ์ขั้นต่ำที่ยอมรับได้ที่ $\alpha \geq .70$ ตามเกณฑ์ของ Nunnally (1978)

5.2 การวิเคราะห์สถิติเชิงพรรณา (Descriptive Statistics) ได้แก่ การคำนวนค่าเฉลี่ย (Mean) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ค่าความเบ้ (Skewness) และค่าความโด่ง (Kurtosis) เพื่อตอบวัตถุประสงค์ข้อที่1 (RO1)

5.3 การทดสอบความแตกต่างระหว่างกลุ่ม (Independent Samples t-test) เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความน่าเชื่อถือของปัญญาประดิษฐ์ (AI Trust) และประสบการณ์งานนิทรรศการอัจฉริยะ (Smart Expo Experience) ระหว่างนักท่องเที่ยวไทยและจีน พร้อมรายงานขนาดอิทธิพล (Effect Size) ด้วยค่า Cohen's d เพื่อตอบวัตถุประสงค์ข้อที่3 (RO3) และทดสอบสมมติฐานข้อที่ 2 (H2) และข้อที่ 3 (H3)

5.4 การวิเคราะห์การถดถอยอย่างง่าย (Simple Linear Regression) เพื่อทดสอบอิทธิพลของความน่าเชื่อถือของปัญญาประดิษฐ์ (AI Trust) ต่อประสบการณ์งานนิทรรศการอัจฉริยะ (Smart Expo Experience) โดยรายงาน Standardized Beta (β), R^2, และ F-statistic เพื่อตอบวัตถุประสงค์ข้อที่2 (RO2) และทดสอบสมมติฐานข้อที่1 (H1)

5.5 การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นแบบลำดับชั้น (Hierarchical OLS Regression) เพื่อทดสอบบทบาทของสัญชาติในฐานะตัวแปรกำกับตามแนวทางของ Baron & Kenny (1986) และ Hayes (2018) โดยใช้การถดถอยแบบลำดับชั้น 3 ขั้น ได้แก่ ขั้นที่ 1 ตัวแปรความน่าเชื่อถือของปัญญาประดิษฐ์ (mean-centered) ขั้นที่ 2 เพิ่มตัวแปรสัญชาติ (mean-centered) และขั้นที่ 3 เพิ่มพจน์ปฏิสัมพันธ์ (interaction term) ระหว่างความน่าเชื่อถือของปัญญาประดิษฐ์ และสัญชาติ (Trust × Nationality) เพื่อรายงาน ΔR^2 และค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย (b) ของพจน์ปฏิสัมพันธ์ (interaction term) การวิเคราะห์นี้เพื่อตอบวัตถุประสงค์การวิจัยข้อที่4 (RO4) และทดสอบสมมติฐานข้อที่4 (H4)

6. จริยธรรมการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ดำเนินการโดยคำนึงถึงหลักจริยธรรมการวิจัย กลุ่มตัวอย่างทุกคนได้รับทราบวัตถุประสงค์ของการวิจัยและยินยอมเข้าร่วมโดยสมัครใจก่อนการตอบแบบสอบถาม ข้อมูลที่เก็บรวบรวมเป็นข้อมูลในภาพรวม ไม่มีการระบุตัวตนรายบุคคล และนำไปใช้เพื่อประโยชน์ทางวิชาการเท่านั้น

ผลการวิจัย

1. ผลการวิเคราะห์ความเชื่อมั่นของเครื่องมือ

จากการวิเคราะห์พบว่า มาตรวัดทั้งสองชุดที่ใช้ในงานวิจัยนี้ มีค่าความเชื่อมั่นสูงกว่าเกณฑ์ที่ยอมรับได้ ($\alpha \geq .70$) ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ความเชื่อมั่นของมาตรวัด

มาตรวัด	จำนวนข้อ	Cronbach's α	ระดับความเชื่อมั่น
ความน่าเชื่อถือของปัญญาประดิษฐ์ (AI Trust)	4	.890	ดี
ประสบการณ์งานนิทรรศการอัจฉริยะ (Smart Expo Experience)	10	.926	ดีเยี่ยม

2. ผลการวิเคราะห์สถิติเชิงพรรณนา (RO1)

ตารางที่ 2 ค่าสถิติเชิงพรรณนาของตัวแปรหลัก จำแนกตามสัญชาติ

ตัวแปร	รวม (n=204)	ไทย (n=102)	จีน (n=102)
	M (SD)	M (SD)	M (SD)
ความน่าเชื่อถือของปัญญาประดิษฐ์ (AI Trust)	4.17 (0.66)	4.33 (0.60)	4.01 (0.69)
ประสบการณ์งานนิทรรศการอัจฉริยะ (Smart Expo Experience)	4.28 (0.54)	4.42 (0.47)	4.14 (0.56)

หมายเหตุ : มาตราส่วน 1–5 (1 = ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง, 5 = เห็นด้วยอย่างยิ่ง)

จากตารางที่ 2 พบว่า ค่าเฉลี่ยโดยรวมของความน่าเชื่อถือของปัญญาประดิษฐ์ และประสบการณ์งานนิทรรศการอัจฉริยะอยู่ในระดับสูง (M > 4.00) บนมาตราส่วน 5 ระดับ โดยกลุ่มตัวอย่างชาวไทยมีค่าเฉลี่ยสูงกว่าชาวจีนในทั้งสองตัวแปร

3. ผลการทดสอบความแตกต่างระหว่างกลุ่ม (RO3, H2, H3)

จากผลการทดสอบ Independent Samples t-test พบว่านักท่องเที่ยวรุ่นใหม่ชาวไทยมีระดับความน่าเชื่อถือของปัญญาประดิษฐ์ และ ระดับประสบการณ์งานนิทรรศการอัจฉริยะสูงกว่านักท่องเที่ยวรุ่นใหม่ชาวจีนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทั้งสองตัวแปร โดยขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับปานกลาง ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบ Independent Samples t-test ระหว่างนักท่องเที่ยวไทยและจีน

ตัวแปร	ไทย M (SD)	จีน M (SD)	t(202)	p	Cohen's d	ผล
ความน่าเชื่อถือของปัญญาประดิษฐ์ (AI Trust)	4.33 (0.60)	4.01 (0.69)	3.52	.001	0.49	ไทย > จีน**
ประสบการณ์งานนิทรรศการอัจฉริยะ (Smart Expo Experience)	4.42 (0.47)	4.14 (0.56)	3.90	<.001	0.55	ไทย > จีน***

หมายเหตุ : ** p < .01, *** p < .001 | Cohen's d: 0.2 = small, 0.5 = medium, 0.8 = large

จากผลการวิเคราะห์ในตารางที่ 3 สนับสนุนสมมติฐาน H2 และ H3 ในแง่ที่ว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างสองกลุ่ม อย่างไรก็ตาม **ทิศทางของความแตกต่างเป็นไปในทางตรงกันข้ามกับที่ตั้งสมมติฐานไว้** กล่าวคือนักท่องเที่ยวรุ่นใหม่ชาวไทยมีค่าเฉลี่ยสูงกว่านักท่องเที่ยวรุ่นใหม่ชาวจีน

4. ผลการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น (RO2, H1)

ผลการวิเคราะห์ Simple Linear Regression แสดงให้เห็นว่า ความน่าเชื่อถือของปัญญาประดิษฐ์มีอิทธิพลเชิงบวกต่อประสบการณ์งานนิทรรศการอัจฉริยะอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยสามารถอธิบายความแปรปรวนของประสบการณ์งานนิทรรศการอัจฉริยะได้ถึงร้อยละ 72.8 ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์ Simple Linear Regression

ตัวแปรพยากรณ์	β	R^2	F(1,202)	p
ความน่าเชื่อถือของปัญญาประดิษฐ์ (AI Trust)	.853	.728	539.3	<.001

หมายเหตุ : β = Standardized Beta Coefficient

จากผลในตารางที่4 พบว่า ผลสนับสนุนสมมติฐานข้อที่1 (**H1** supported)

5. ผลการวิเคราะห์ Moderation (RO4, H4)

ผลการวิเคราะห์ Hierarchical OLS Regression 3 ขั้น แสดงในตารางที่ 5 พบว่า ความน่าเชื่อถือของปัญญาประดิษฐ์มีอิทธิพลต่อประสบการณ์งานนิทรรศการอัจฉริยะอย่างมีนัยสำคัญ (b = .675, p < .001) อย่างไรก็ตาม **พจน์ปฏิสัมพันธ์ระหว่างความน่าเชื่อถือของปัญญาประดิษฐ์ (AI Trust) และสัญชาติไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ** (b = .059, p = .344, ΔR^2 = .005) และ simple slopes ของทั้งสองกลุ่มมีความชันใกล้เคียงกัน (ไทย = .646; จีน = .704)

ตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์ Hierarchical OLS Regression

ตัวแปร	b	SE	t	p
ขั้นที่ 1				
ความน่าเชื่อถือของปัญญาประดิษฐ์ (AI Trust (mean-centered)	.675	.031	21.89	<.001
ขั้นที่ 2				
ความน่าเชื่อถือของปัญญาประดิษฐ์ (AI Trust)	.675	.031	21.89	<.001
สัญชาติ (Nationality)	−.069	.041	−1.71	.089
ขั้นที่ 3				
ความน่าเชื่อถือของปัญญาประดิษฐ์ (AI Trust)	.646	.044	14.77	<.001
สัญชาติ (Nationality)	−.069	.041	−1.71	.089
ความน่าเชื่อถือของปัญญาประดิษฐ์ (AI Trust) × (Nationality)	.059	.062	0.95	.344
R^2 (full model) = .732, ΔR^2 = .005				

หมายเหตุ : Simple slopes — ไทย b = .646; จีน b = .704

จากผลในตารางที่ 5 ดังกล่าว พบว่า **ไม่สนับสนุน** สมมติฐานข้อที่ 4 (H4 not supported)

6. สรุปผลการทดสอบสมมติฐาน

จากผลการทดสอบสมมติฐานโดยรวมในตารางที่6 พบว่า จากสมมติฐานทั้ง 4 ข้อ มีสมมติฐานที่ได้รับการสนับสนุน 3 ข้อ (H1, H2, H3) และไม่ได้รับการสนับสนุน 1 ข้อ (H4) อย่างไรก็ตาม สมมติฐาน H2 และ H3 แม้จะได้รับการสนับสนุนในแง่ที่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างสองกลุ่ม แต่ทิศทางของความแตกต่างเป็นไปในทางตรงกันข้ามกับที่ตั้งสมมติฐานไว้ กล่าวคือ นักท่องเที่ยวรุ่นใหม่ชาวไทยมีระดับความน่าเชื่อถือของปัญญาดิษฐ์ (AI Trust) และประสบการณ์งานนิทรรศการอัจฉริยะ (Smart Expo Experience) สูงกว่านักท่องเที่ยวรุ่นใหม่ชาวจีนอย่างมีนัยสำคัญ ($p < .001$)

การอภิปรายผล

1. อิทธิพลของความน่าเชื่อถือของปัญญาประดิษฐ์ต่อประสบการณ์งานนิทรรศการอัจฉริยะ

ผลการวิจัยยืนยันสมมติฐาน H1 อย่างชัดเจนว่า ความน่าเชื่อถือของปัญญาประดิษฐ์มีอิทธิพลเชิงบวกต่อประสบการณ์งานนิทรรศการอัจฉริยะ(β = .853, R^2 = .728, $p < .001$) เนื่องจากความน่าเชื่อถือของปัญญาประดิษฐ์สามารถอธิบายความแปรปรวนของประสบการณ์งานนิทรรศการอัจฉริยะได้ถึงร้อยละ 72.8 ซึ่งสอดคล้องกับหลักฐานเชิงประจักษ์ของ Gefen, Karahanna & Straub (2003) ที่แสดงให้เห็นว่าความน่าเชื่อถือมีบทบาทสำคัญเทียบเท่าตัวแปรหลักในกระบวนการรับรู้และยอมรับเทคโนโลยี และยังสอดคล้องกับ Ku & Chen (2024) ที่พบว่านวัตกรรมปัญญาประดิษฐ์ส่งผลโดยตรงต่อความพึงพอใจของนักท่องเที่ยวในบริบทเอเชีย ยิ่งกว่านั้น ขนาดอิทธิพลที่สูงผิดปกติในการวิจัยครั้งนี้ยิ่งชี้ให้เห็นถึงปรากฏการณ์ที่เรียกว่า "ความไว้วางใจและการพึ่งพากัน (Trust Dependency)" กล่าวคือในบริบทของงานนิทรรศการอัจฉริยะที่ผู้เข้าชมต้องพึ่งพาปัญญาประดิษฐ์เป็นสื่อกลางหลัก ความน่าเชื่อถือของระบบจึงกลายเป็นปัจจัยครอบงำประสบการณ์โดยรวมในระดับที่สูงกว่าบริบทดิจิทัลทั่วไป ซึ่งจุดนี้ได้ขยายกรอบแนวคิดของแบบจำลองการยอมรับเทคโนโลยี หรือ TAM ของ Davis (1989) ออกไปสู่บริบทการท่องเที่ยวงานนิทรรศการอัจฉริยะที่ยังมีงานวิจัยจำกัด

2. ความแตกต่างระหว่างวัฒนธรรม: กลไกลความคุ้นเคยที่สวนทาง (Familiarity Paradox)

การค้นพบที่เป็นองค์ความรู้ใหม่ของงานวิจัยครั้งนี้ คือ การพบว่า นักท่องเที่ยวรุ่นใหม่ชาวไทยมีระดับความน่าเชื่อถือของปัญญาประดิษฐ์ (M = 4.33) และ ระดับประสบการณ์งานนิทรรศการอัจฉริยะ (M = 4.42) สูงกว่านักท่องเที่ยวรุ่นใหม่ชาวจีน (M = 4.01 และ 4.14 ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งขัดแย้งกับสมมติฐาน H2 และ H3 ที่ตั้งไว้บนพื้นฐานของทฤษฎี UTAUT (Venkatesh et al., 2003) และบนแนวคิดมิติวัฒนธรรมของ Hofstede (2001) ที่มักสันนิษฐานว่าผู้ที่มีระบบนิเวศดิจิทัล (Digital Eco System) ที่พัฒนาสูงกว่าจะมีความไว้วางใจปัญญาประดิษฐ์มากกว่า ซึ่งผลที่ย้อนแย้งดังกล่าวสามารถอธิบายได้ด้วย 'กลไกความคุ้นเคยที่สวนทาง (Familiarity Paradox)' กล่าวคือ นักท่องเที่ยวรุ่นใหม่ชาวจีนซึ่งมีความคุ้นเคยและใช้งานปัญญาประดิษฐ์อย่างเข้มข้นในชีวิตประจำวัน ได้ยกระดับมาตรฐานภายใน (Internal Benchmark) และเกณฑ์ความคาดหวังพื้นฐาน (Baseline Expectation) ในการประเมินเทคโนโลยีให้เข้มงวดขึ้น ปรากฏการณ์นี้สอดคล้องกับทฤษฎีการยืนยันความคาดหวัง (Expectation-Disconfirmation Theory) ของ Oliver (1980) ซึ่งชี้ว่า "เมื่อผู้บริโภคมีประสบการณ์สะสมในระดับสูง ความคาดหวังจะถูกปรับฐานให้สูงตามมาตรฐานเดิม ส่งผลให้เกิดการหักล้างความคาดหวังเชิงลบ (Negative Disconfirmation) ทำให้เกิดความพึงพอใจและยอมรับได้ยากขึ้น หากนวัตกรรมนั้นไม่ได้เหนือกว่าสิ่งที่พวกเขาใช้เป็นประจำ"

ในทางตรงกันข้าม นักท่องเที่ยวรุ่นใหม่ชาวไทยที่เปิดรับและตื่นเต้นกับการใช้ปัญญาประดิษฐ์สูง (Booking.com, 2025) เมื่อได้ใช้บริการปัญญาประดิษฐ์ในงานนิทรรศการอัจฉริยะระดับนานาชาติ อาจได้รับอิทธิพลจาก 'ผลกระทบจากความแปลกใหม่ (Novelty Effect)' ดังที่ Mitas et al. (2012) อธิบายไว้ว่า "ความแปลกใหม่ของเทคโนโลยีที่ไม่คุ้นเคยในชีวิตประจำวัน

จะกระตุ้นให้อารมณ์เชิงบวกและการรับรู้คุณค่าเกิดความรุนแรงและเด่นชัดกว่าปกติ" ส่งผลทำให้ระดับความน่าเชื่อถือและระดับการรับรู้ประสบการณ์งานนิทรรศการอัจฉริยะของกลุ่มนักท่องเที่ยวชาวไทยสูงกว่าชาวจีนอย่างมีนัยสำคัญ"

3. บทบาทของสัญชาติในฐานะตัวแปรกำกับ: ความน่าเชื่อถือเป็นกลไกระดับสากล (Trust-as-Universal-Mechanism)

แม้สัญชาติจะส่งผลต่อระดับความน่าเชื่อถือของปัญญาประดิษฐ์ในขั้นต้น แต่ผลการวิเคราะห์ตัวแปรกำกับ (moderation) กลับพบว่า **สัญชาติ ไม่ได้มีอิทธิพลในการกำกับความสัมพันธ์ระหว่างความน่าเชื่อถือของปัญญาประดิษฐ์และประสบการณ์งานนิทรรศการอัจฉริยะอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ** ($b = .059$, $p = .344$, $\Delta R^2 = .005$) โดยผลการวิเคราะห์ simple slopes ของทั้งสองกลุ่มมีความชันใกล้เคียงกัน (ไทย = .646; จีน = .704) ซึ่งไม่สนับสนุนสมมติฐาน H4 ผลการค้นพบที่ย้อนแย้งนี้ท้าทายสมมติฐานดั้งเดิมของ Hofstede (2001) ที่มักคาดการณ์ว่า "ความแตกต่างทางวัฒนธรรมในมิติการหลีกเลี่ยงความไม่แน่นอน(Uncertainty Avoidance) จะส่งผลให้กลไกการแปลงความน่าเชื่อถือเป็นประสบการณ์มีความแตกต่างกัน"

นอกจากนี้ งานวิจัยนี้ยังได้เสนอแนวคิด 'ความน่าเชื่อถือเป็นกลไกระดับสากล (Trust-as-Universal- Mechanism)' ในบริบทงานนิทรรศการอัจฉริยะ ได้ชี้ให้เห็นแล้วว่า เมื่อนักท่องเที่ยวสามารถข้ามผ่านกำแพงความกังวลจนเกิดความเชื่อมั่นต่อระบบปัญญาประดิษฐ์ได้ในระดับที่เท่ากันแล้ว ปัจจัยด้านชาติพันธุ์หรืออิทธิพลทางวัฒนธรรมจะลดบทบาทลง และส่งผลให้พวกเขาได้รับประสบการณ์จากการใช้เทคโนโลยีอัจฉริยะในระดับที่สูงใกล้เคียงกันโดยไม่มีข้อจำกัดด้านสัญชาติ จุดนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Dang & Li (2025) ที่ยืนยันผ่านการทบทวนงานวิจัย 562 ชิ้นว่า "กลไกของความน่าเชื่อถือของปัญญาประดิษฐ์มีความสม่ำเสมอเชิงโครงสร้างและมีความสามารถในการข้ามผ่านวัฒนธรรมได้ในหลากหลายบริบท" การค้นพบองค์ความรู้ใหม่นี้ถือเป็นการขยายขอบเขตและต่อยอดกรอบแนวคิดการวัดความไว้วางใจ (Trust Mechanism) ของ McKnight et al. (2002) สู่บริบทการท่องเที่ยวเชิงอัจฉริยะ (Smart Tourism) ข้ามวัฒนธรรม ซึ่งยังไม่มีการศึกษามาก่อน

อย่างไรก็ตาม งานวิจัยนี้ยังมีข้อจำกัดเนื่องจากการเก็บข้อมูลในบริบทนิทรรศการรูปแบบเดียว ซึ่งอาจเผชิญกับความคลาดเคลื่อนอันเกิดจากวิธีวิทยาการวิจัย (Common Method Bias) คณะผู้วิจัยจึงเสนอแนะให้งานวิจัยในอนาคตทำการขยายขอบเขตการเก็บข้อมูลไปยังกลุ่มนักท่องเที่ยวสัญชาติอื่นในภูมิภาคอาเซียน และควรรวมการวิเคราะห์ความไม่แปรเปลี่ยนของแบบวัดข้ามกลุ่ม (Measurement Invariance Testing) ผ่านโมเดลสมการโครงสร้าง (SEM) เพื่อยืนยันความตรงเชิงโครงสร้างและความเที่ยงตรงของโมเดลในการเปรียบเทียบต่างวัฒนธรรมให้มีความแข็งแกร่งและเป็นสากลยิ่งขึ้น

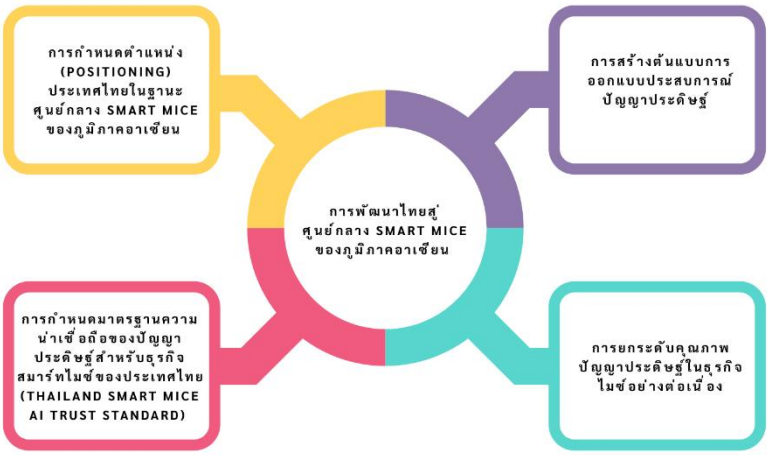
บทสรุป

จากผลการวิจัยในครั้งนี้ได้ยืนยันสมมติฐานที่ว่าความน่าเชื่อถือของปัญญาประดิษฐ์ (AI Trust) มีอิทธิพลเชิงบวกต่อประสบการณ์งานนิทรรศการอัจฉริยะ (Smart Expo Experience) ($\beta = .853$, $R^2 = .728$) และเป็นการสะท้อนให้เห็นว่าในยุคปัจจุบัน เทคโนโลยีดิจิทัลและปัญญาประดิษฐ์เป็นปัจจัยที่มีความสำคัญในอุตสาหกรรมไมซ์ ดังนั้นความน่าเชื่อถือของปัญญาประดิษฐ์ จึงเป็นปัจจัยที่กำหนดคุณภาพการรับรู้ประสบการณ์ของนักท่องเที่ยวผู้เข้าชมงาน นอกจากนี้ จากผลการศึกษานี้ ยังพบว่านักท่องเที่ยวรุ่นใหม่ชาวไทยมีระดับความน่าเชื่อถือของปัญญาประดิษฐ์ (AI Trust) และประสบการณ์งานนิทรรศการอัจฉริยะ (Smart Expo Experience) สูงกว่านักท่องเที่ยวรุ่นใหม่ชาวจีนอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งอธิบายได้ด้วย 'กลไกความคุ้นเคยที่สวนทาง (Familiarity Paradox)' ที่ค้นพบจากการวิจัยครั้งนี้ที่แสดงให้เห็นว่า ความคุ้นเคยกับปัญญาประดิษฐ์ในชีวิตประจำวันของนักท่องเที่ยวรุ่นใหม่ชาวจีนได้เข้าไปยกระดับมาตรฐานการประเมินเทคโนโลยีให้เข้มงวดสูงขึ้น ยิ่งไปกว่านั้น งานวิจัยนี้ยังพิสูจน์ว่า 'ความน่าเชื่อถือเป็นกลไกระดับสากล' ที่แปลงความไว้วางใจไปสู่การพัฒนาประสบการณ์งาน

นิทรรศการอัจฉริยะได้ในระดับที่เท่าเทียมกันทั้งในบริบทของชาวไทยและชาวจีน องค์ความรู้เหล่านี้ไม่เพียงแต่ช่วยยืนยันความสม่ำเสมอของกลไกความไว้วางใจ แต่ยังได้ขยายขอบเขตของทฤษฎีการยอมรับเทคโนโลยีไปสู่บริบทการท่องเที่ยวไมซ์ (MICE Tourism) ข้ามวัฒนธรรมได้อย่างเป็นรูปธรรม

ในเชิงนโยบาย งานวิจัยนี้ได้เสนอ 4 กลยุทธ์สำหรับการพัฒนาประเทศไทยสู่การเป็นศูนย์กลางไมซ์อัจฉริยะแห่งภูมิภาคอาเซียน(รูปที่2) ดังนี้

ประการแรก การกำหนดตำแหน่งของประเทศไทยในฐานะศูนย์กลางไมซ์อัจฉริยะ (Smart MICE) ของภูมิภาคอาเซียน เนื่องจากปัจจุบันสำนักงานส่งเสริมการจัดประชุมและนิทรรศการ (องค์การมหาชน) ได้กำหนดตำแหน่งประเทศไทยในการเป็นศูนย์กลางอุตสาหกรรมไมซ์ของเอเชีย ซึ่งจากผลการวิจัยที่พบว่าระดับความน่าเชื่อถือของปัญญาประดิษฐ์ (AI Trust) ที่สูงในกลุ่มนักท่องเที่ยวไทยถือเป็นข้อได้เปรียบเชิงกลยุทธ์ที่ควรนำมาใช้ต่อยอดสู่การกำหนดตำแหน่งของประเทศไทยเพื่อดึงดูดนักลงทุนและผู้จัดงานระดับนานาชาติมากขึ้น **ประการที่สอง การสร้างต้นแบบการออกแบบประสบการณ์ปัญญาประดิษฐ์** เพื่อเป็นแนวทางให้ผู้ประกอบการธุรกิจไมซ์ได้นำต้นแบบไปประยุกต์ใช้กับสินค้าและบริการที่เกี่ยวข้องเพื่อรองรับนักท่องเที่ยวทุกสัญชาติได้อย่างมีประสิทธิภาพ และช่วยลดต้นทุนการพัฒนาต้นแบบหรือระบบเฉพาะสำหรับแต่ละประเทศ **ประการที่สาม การกำหนดมาตรฐานความน่าเชื่อถือของปัญญาประดิษฐ์สำหรับธุรกิจไมซ์อัจฉริยะของประเทศไทย** โดยสำนักงานส่งเสริมการจัดประชุมและนิทรรศการ (องค์การมหาชน) ควรมีการกำหนดเป็นมาตรฐานความน่าเชื่อถือของปัญญาประดิษฐ์สำหรับไมซ์อัจฉริยะของประเทศไทย (Thailand Smart MICE AI Trust Standard) เป็นมาตรฐานระดับชาติ ซึ่งครอบคลุม 5 มิติ ได้แก่ ข้อมูล ความปลอดภัย ความเป็นส่วนตัว ความน่าเชื่อถือ และ ความเชื่อมั่นในอนาคต เนื่องจากผลวิจัยนี้ได้แสดงให้เห็นแล้วว่า การลงทุนในโครงสร้างพื้นฐานด้านความน่าเชื่อถือมีน้ำหนักต่อประสบการณ์ผู้เข้าชมมากกว่าการลงทุนด้านอื่นอย่างมีนัยสำคัญ และ**ประการที่สี่ การยกระดับคุณภาพปัญญาประดิษฐ์ในธุรกิจไมซ์อย่างต่อเนื่อง** เนื่องจากในปัจจุบันนักท่องเที่ยวมีความคุ้นเคยกับปัญญาประดิษฐ์มากขึ้นอย่างต่อเนื่อง ส่งผลทำให้นักท่องเที่ยวมีความคาดหวังต่อความสามารถของปัญญาประดิษฐ์ที่สูงมากขึ้นอย่างต่อเนื่องเช่นกัน ดังนั้น หน่วยงานที่เกี่ยวข้องจึงควรสนับสนุนทรัพยากรในการพัฒนาปัญญาประดิษฐ์อย่างต่อเนื่อง เพื่อรักษาความได้เปรียบในการแข่งขันในระยะยาว



รูปที่ 2 แผนผังแสดง 4 กลยุทธ์สู่การเป็นศูนย์กลางไมซ์อัจฉริยะ (Smart MICE) ของภูมิภาคอาเซียน

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสถานกงสุลใหญ่ ณ นครหนานหนิง สาธารณรัฐประชาชนจีน คณะผู้จัดงานแสดงสินค้าจีน-อาเซียน ครั้งที่22 และมหาวิทยาลัยการเงินและเศรษฐศาสตร์กวางสีที่ให้ความอนุเคราะห์และอำนวยความสะดวกในการเก็บรวบรวมข้อมูลภาคสนาม ณ งานแสดงสินค้าจีน-อาเซียน ครั้งที่ 22 เมืองหนานหนิง มณฑลกวางสี สาธารณรัฐประชาชนจีน รวมถึงขอขอบคุณนักท่องเที่ยวชาวไทยและชาวจีนทุกท่านที่สละเวลาเข้าร่วมตอบแบบสอบถามจนทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงได้

เอกสารอ้างอิง

Baron R.M. and Kenny D.A. (1986). The moderator–mediator variable distinction in social psychological research: Conceptual, strategic, and statistical considerations. Journal of Personality and Social Psychology. 51(6): 1173–1182. https://doi.org/10.1037/0022-3514.51.6.1173

Booking.com. (2025). The global AI sentiment report. Accessed 15 May 2026. https://news.booking.com/bookingcom-releases-the-global-ai-sentiment-report

caexpo.org.cn. (2026). The 22nd China-ASEAN Expo: Digital intelligence and innovation empower development. Accessed 15 May 2026. https://www.caexpo.org.cn

Chang S. (2022). Can smart tourism technology enhance destination image? The case of the 2018 Taichung World Flora Exposition. Journal of Hospitality and Tourism Technology. 13(4): 590–607. https://doi.org/10.1108/JHTT-07-2020-0182

Dang Q. and Li G. (2025). Unveiling trust in AI: the interplay of antecedents, consequences, and cultural dynamics. AI & Society. 41(1): 669–692. https://doi.org/10.1007/s00146-025-02477-6

Davis F.D. (1989). Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. MIS Quarterly. 13(3): 319–340. https://doi.org/10.2307/249008

DeLone W.H. and McLean E.R. (2003). The DeLone and McLean model of information systems success: A ten-year update. Journal of Management Information Systems. 19(4): 9–30. https://doi.org/10.1080/07421222.2003.11045748

Gefen D., Karahanna E. and Straub D.W. (2003). Trust and TAM in online shopping: An integrated model. MIS Quarterly. 27(1): 51–90. https://doi.org/10.2307/30036519

Hair J.F., Black W.C., Babin B.J. and Anderson R.E. (2019). Multivariate Data Analysis. 8th Edition. Cengage Learning: Boston.

Hayes A.F. (2018). Introduction to Mediation, Moderation, and Conditional Process Analysis: A Regression-Based Approach. 2nd Edition. Guilford Press: New York.

Hofstede G. (2001). Culture's Consequences: Comparing Values, Behaviors, Institutions, and Organizations Across Nations. 2nd Edition. Sage Publications: Thousand Oaks.

Ku E.C.S. and Chen C.-D. (2024). Artificial intelligence innovation of tourism businesses: From satisfied tourists to continued service usage intention. International Journal of Information Management. 76: 102757. https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2024.102757

Mitas O., Yarnal C., Adams R. and Ram N. (2012). Taking a "peak" at leisure travelers' positive emotions. Leisure Sciences. 34(2): 115–135. https://doi.org/10.1080/01490400.2012.652503

Nunnally J.C. (1978). Psychometric Theory. 2nd Edition. McGraw-Hill: New York.

Oliver R.L. (1980). A cognitive model of the antecedents and consequences of satisfaction decisions. Journal of Marketing Research. 17(4): 460–469. https://doi.org/10.1177/002224378001700405

TCEB. (2026). พลิกโฉมสู่วันพรุ่งนี้: โอกาสและความท้าทายของอุตสาหกรรมไมซ์ไทยในยุค Digital Society ที่ขับเคลื่อนด้วย AI. https://innocatalog.tceb.or.th/en/winnovation/21

Tussyadiah I.P. (2020). A review of research into automation in tourism: Launching the Annals of Tourism Research curated collection on artificial intelligence and robotics in tourism. Annals of Tourism Research. 81: 102883. https://doi.org/10.1016/j.annals.2020.102883

Venkatesh V., Morris M.G., Davis G.B. and Davis F.D. (2003). User acceptance of information technology: Toward a unified view. MIS Quarterly. 27(3): 425–478. https://doi.org/10.2307/30036540

ภาวะการมีงานทำของบัณฑิตระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต ปีการศึกษา 2566
Employment Status of Undergraduate Graduates from Suan Dusit Universityin Academic Year 2023

พนารัตน์ พรมมา[1*] ชลากร อยู่คเชนทร์[1] พรทิพย์ รดด้วง[2] และจิตต์วิมล คล้ายสุบรรณ[1]
Phanarat Phromma[1*], Chalakorn Yookhachen[1], Pornthip Rodduang[2] and Jitwimon Klaysubun[1]

[1]*สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยสวนดุสิต*
[1]*Research and Development Institute, Suan Dusit University*
[2]*สำนักงานมหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสวนดุสิต*
[2]*Office of the President,Suan Dusit University*
[*]*Corresponding Author E-mail Address : phanarat_phr@dusit.ac.th*

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อติดตามภาวะการมีงานทำและวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อภาวะการมีงานทำของบัณฑิตระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต ภายหลังสำเร็จการศึกษาในปีการศึกษา 2566 ภายในระยะเวลา 1 ปี โดยใช้การวิจัยเชิงสำรวจ (Survey Research) ด้วยแบบสอบถามภาวะการมีงานทำเป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล กลุ่มประชากร คือ บัณฑิตระดับปริญญาตรีที่สำเร็จการศึกษารวมจำนวน 1,359 คน ซึ่งมีผู้ตอบแบบสอบถาม 1,267 คน คิดเป็นร้อยละ 93.23 วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติภาคบรรยาย ได้แก่ ค่าร้อยละและค่าเฉลี่ย ผลการวิจัย พบว่า บัณฑิตที่ได้งานทำหรือประกอบอาชีพอิสระภายใน 1 ปี มีจำนวน 1,080 คน คิดเป็นร้อยละ 86.61 โดยทำงานตรงสาขา 759 คน ไม่ตรงสาขา 191 คน และประกอบอาชีพอิสระ 68 คน เงินเดือนเฉลี่ย 22,429.70 บาท โดยคณะพยาบาลศาสตร์มีอัตราการมีงานทำสูงสุดคิดเป็นร้อยละ 100 รองลงมา คือ โรงเรียนการเรือน คิดเป็นร้อยละ 93.02 คณะที่มีเงินเดือนเฉลี่ยสูงสุด คือ คณะพยาบาลศาสตร์ เงินเดือนเฉลี่ย 29,499.72 บาท ผลการวิจัยสอดคล้องกับยุทธศาสตร์การเป็นมหาวิทยาลัยเฉพาะทางด้านอาหาร การพยาบาลและสุขภาวะ การศึกษาปฐมวัย และอุตสาหกรรมการบริการ ข้อเสนอแนะสำคัญในการนำไปใช้ประโยชน์ คือ ควรเร่งปรับปรุงหลักสูตรสาขาที่มีอัตราการมีงานทำต่ำให้บูรณาการทักษะดิจิทัลสมัยใหม่ และควรมีการศึกษาวิจัยเชิงคุณภาพเพิ่มเติมในกลุ่มนายจ้างในอนาคต

คำสำคัญ: ภาวะการมีงานทำ การติดตามผลบัณฑิต มหาวิทยาลัยสวนดุสิต มหาวิทยาลัยเฉพาะทาง คุณภาพบัณฑิต

Abstract

This research aimed to investigate and analyze the factors affecting the employment status of undergraduate graduates from Suan Dusit University who completed their studies in the academic year 2023, within one year after graduation. A survey research design was employed using an employment status questionnaire. The population comprised 1,359 undergraduate graduates, of which 1,267 (93.23%)

responded. Descriptive statistics including percentages and means were used for data analysis. The findings revealed that 1,080 graduates (86.61%) were employed or self-employed within one year, with 759 working in fields related to their majors, 191 in unrelated fields, and 68 as freelancers. The average monthly salary was 22,429.70 baht. The Faculty of Nursing achieved the highest employment rate at 100%, followed by the School of Culinary Arts at 93.02%. The Faculty of Nursing also had the highest average salary at 29,499.72 baht. These results align with the university's strategic positioning in food science, nursing and public health, early childhood education, and hospitality services. Key recommendations for utilization include urgent curriculum revision for programs with low employment rates by integrating modern digital skills, and future qualitative research involving employers.

Keywords: Employment Status, Graduate Follow-up, Suan Dusit University, Specialized University, Graduate Quality

บทนำ

การติดตามผลบัณฑิตเป็นกลไกสำคัญในการประเมินคุณภาพการจัดการศึกษาของสถาบันอุดมศึกษา โดยเฉพาะอย่างยิ่งในบริบทที่ตลาดแรงงานมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว สถาบันอุดมศึกษาจำเป็นต้องติดตามภาวะการมีงานทำของบัณฑิตอย่างเป็นระบบ เพื่อนำข้อมูลมาใช้ในการพัฒนาหลักสูตร และการเรียนการสอนให้สอดคล้องกับความต้องการของสังคม (สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา, 2561) ทั้งนี้ สำนักงานรับรองมาตรฐานและประเมินคุณภาพการศึกษาได้กำหนดให้ภาวะการมีงานทำของบัณฑิตเป็นหนึ่งในตัวบ่งชี้สำคัญของการประกันคุณภาพการศึกษา

มหาวิทยาลัยสวนดุสิตเป็นมหาวิทยาลัยที่มียุทธศาสตร์ชัดเจนในการเป็นมหาวิทยาลัยเฉพาะทาง

4 ด้าน ได้แก่ ด้านอาหาร การศึกษาปฐมวัย อุตสาหกรรมบริการ การพยาบาลและสุขภาวะ (มหาวิทยาลัย

สวนดุสิต, 2566) อย่างไรก็ตาม จากการทบทวนวรรณกรรม พบว่า ช่องว่างการวิจัยในปัจจุบัน คือ งานวิจัยส่วนใหญ่มักมุ่งเน้นการศึกษาภาวะการมีงานทำในภาพรวมของมหาวิทยาลัยทั่วไป แต่ยังขาดการศึกษาเชิงลึก

ที่วิเคราะห์ความเชื่อมโยงระหว่างภาวะการมีงานทำกับผลสัมฤทธิ์ของการขับเคลื่อนยุทธศาสตร์เฉพาะทางของสถาบัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งยุทธศาสตร์ด้านอาหารที่ต้องอาศัยทักษะวิชาชีพขั้นสูง

จากการศึกษาที่เกี่ยวข้องพบว่า ปัจจัยที่ส่งผลต่อภาวะการมีงานทำของบัณฑิตมีความหลากหลาย

ทั้งปัจจัยด้านหลักสูตร คุณลักษณะของบัณฑิต และสภาพเศรษฐกิจ (ศิริวรรณ และคณะ, 2565) โดยสาขาวิชาชีพเฉพาะทาง เช่น พยาบาลศาสตร์ มักมีอัตราการมีงานทำสูง เนื่องจากมีความต้องการบุคลากรอย่างต่อเนื่อง ขณะที่สาขาทั่วไปอาจเผชิญกับการแข่งขันที่สูงกว่า (สุวิมล, 2564) นอกจากนี้ งานวิจัยหลายชิ้นยังชี้ให้เห็นว่าทักษะด้านเทคโนโลยีดิจิทัลและความสามารถในการปรับตัวเป็นคุณสมบัติที่นายจ้างให้ความสำคัญมากขึ้นในตลาดแรงงานยุคปัจจุบัน (World Economic Forum, 2023)

ด้วยเหตุนี้ สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยสวนดุสิต จึงได้ดำเนินโครงการศึกษาวิจัย โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาภาวะการมีงานทำของบัณฑิตระดับปริญญาตรี ภายในระยะเวลา 1 ปี หลังสำเร็จการศึกษา 2) วิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผล

ต่อภาวะการมีงานทำ ความสอดคล้องของงานกับสาขาวิชา และระดับเงินเดือนของบัณฑิตจำแนกตามคณะและสาขาวิชา และ 3) เสนอแนะแนวทางการพัฒนาหลักสูตรที่สอดคล้องกับยุทธศาสตร์การเป็นมหาวิทยาลัยเฉพาะทาง

วิธีการ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงสำรวจ (Survey Research) โดยมีรายละเอียดวิธีการดำเนินงานดังนี้

กรอบแนวคิดในการวิจัย (Conceptual Framework) กำหนดให้ตัวแปรอิสระ ได้แก่ สังกัดคณะ/โรงเรียน สาขาวิชา และสถานที่ตั้งศูนย์การศึกษา และตัวแปรตาม ได้แก่ ภาวะการมีงานทำ ระดับเงินเดือน และความสอดคล้องของการประกอบอาชีพกับสาขาวิชาที่สำเร็จการศึกษา

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง ประชากร คือ บัณฑิตระดับปริญญาตรีที่สำเร็จการศึกษาจากมหาวิทยาลัยสวนดุสิต ในปีการศึกษา 2566 จำนวนทั้งสิ้น 1,359 คน จาก 8 คณะ/โรงเรียน (ไม่นับรวมบัณฑิตวิทยาลัย)

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ใช้แบบสอบถามภาวะการมีงานทำของบัณฑิต ผ่านระบบออนไลน์ เครื่องมือผ่านการตรวจสอบคุณภาพด้านความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) จากผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่าง 0.67-1.00 และได้รับการทดสอบความเชื่อมั่น (Reliability) นำไปทดลองใช้ (Try-out) ได้ค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's Alpha) เท่ากับ 0.86 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

การวิเคราะห์ข้อมูล ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติภาคบรรยาย (Descriptive Statistics) ได้แก่ ความถี่ ร้อยละ และค่าเฉลี่ย โดยในการคำนวณอัตราการมีงานทำ ได้หักจำนวนบัณฑิตที่มีงานทำก่อนเรียนจบ ผู้ศึกษาต่อ ผู้ลาบวช และผู้เกณฑ์ทหารออก เพื่อให้สะท้อนภาวะการมีงานทำที่แท้จริง

ผลการวิจัย

ผลการติดตามภาวะการมีงานทำของบัณฑิตระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต ปีการศึกษา 2566 จึงสามารถสรุปข้อมูลได้ดังนี้

1. ข้อมูลทั่วไปของบัณฑิตที่ตอบแบบสอบถาม

บัณฑิตระดับปริญญาตรีที่สำเร็จการศึกษาในปีการศึกษา 2566 มีจำนวน 1,359 คน ตอบแบบสอบถาม 1,267 คน คิดเป็นร้อยละ 93.23 คณะพยาบาลศาสตร์มีอัตราการตอบร้อยละ 100 รองลงมา คือ คณะครุศาสตร์ (ร้อยละ 97.70) ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 จำนวนและร้อยละของบัณฑิตที่ตอบแบบสอบถาม จำแนกตามคณะ/โรงเรียน

ลำดับ	คณะ/โรงเรียน	บัณฑิตจบ (คน)	ตอบแบบสอบถาม (คน)	ร้อยละ
1	คณะครุศาสตร์	87	85	97.70
2	คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์	173	160	92.49
3	คณะวิทยาการจัดการ	256	241	94.14
4	คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี	80	77	96.25

ลำดับ	คณะ/โรงเรียน	บัณฑิตจบ (คน)	ตอบแบบสอบถาม (คน)	ร้อยละ
5	คณะพยาบาลศาสตร์	86	86	100.00
6	โรงเรียนการเรือน	236	229	97.03
7	โรงเรียนการท่องเที่ยวและบริการ	282	242	85.82
8	โรงเรียนกฎหมายและการเมือง	159	147	92.45
	รวม	1,359	1,267	93.23

2. ภาวะการมีงานทำของบัณฑิต

บัณฑิตที่สำเร็จการศึกษาในปีการศึกษา 2566 ที่ได้งานทำหรือประกอบอาชีพอิสระภายใน 1 ปี มีจำนวนรวม 1,082 คน คิดเป็นร้อยละ 86.65 โดยในจำนวนนี้มีผู้ทำงานตรงสาขาที่เรียน จำนวน 759 คน คิดเป็นร้อยละ 70.15 ของผู้มีงานทำ ไม่ตรงสาขา จำนวน 191 คน คิดเป็นร้อยละ 17.65 และประกอบอาชีพอิสระจำนวน 68 คน คิดเป็นร้อยละ 6.28 นอกจากนี้ มีบัณฑิตที่มีงานทำก่อนเรียนจบ จำนวน 37 คน ศึกษาต่อ จำนวน 26 คน และยังไม่มีงานทำ จำนวน 161 คน

เมื่อจำแนกตามคณะ/โรงเรียน พบว่า คณะพยาบาลศาสตร์มีอัตราการมีงานทำมากสุดร้อยละ 100 โดยบัณฑิตทุกคนได้งานทำตรงสาขาวิชาชีพ รองลงมา คือ โรงเรียนการเรือน ร้อยละ 93.02 คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ร้อยละ 87.01 โรงเรียนการท่องเที่ยวและบริการ ร้อยละ 86.70 และโรงเรียนกฎหมายและการเมือง ร้อยละ 85.50 ขณะที่คณะวิทยาการจัดการมีอัตราน้อยสุดที่ร้อยละ 80.69 ดังตารางที่ 2 ทั้งนี้ ข้อค้นพบที่น่าสนใจ คือ โรงเรียนการเรือนมีสัดส่วนบัณฑิตที่ประกอบอาชีพอิสระสูงที่สุดถึง 42 คน สะท้อนถึงศักยภาพในการสร้างผู้ประกอบการด้านอาหาร

ตารางที่ 2 ภาวะการมีงานทำของบัณฑิต จำแนกตามคณะ/โรงเรียน

ลำดับ	คณะ/โรงเรียน	มีงานทำ (คน)	ร้อยละ	ตรงสาขา	ไม่ตรงสาขา	อาชีพอิสระ	ไม่มีงานทำ
1	คณะครุศาสตร์	70	83.33	58	6	-	13
2	คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์	129	81.46	76	38	9	28
3	คณะวิทยาการจัดการ	196	80.69	141	39	8	45
4	คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี	67	87.01	59	7	1	10
5	คณะพยาบาลศาสตร์	86	100.00	85	1	-	-
6	โรงเรียนการเรือน	203	93.02	113	21	42	15
7	โรงเรียนการท่องเที่ยวและการบริการ	208	86.70	158	38	6	31
8	โรงเรียนกฎหมายและการเมือง	121	85.50	69	41	2	19
9	บัณฑิตวิทยาลัย	2	100.00	-	-	-	-
	รวม	1,082	86.65	759	191	68	161

3. เงินเดือนและรายได้

เงินเดือนเฉลี่ยของบัณฑิตที่ได้งานทำหรือประกอบอาชีพอิสระภายใน 1 ปี ในภาพรวมอยู่ที่ 22,462.18 บาทต่อคน โดยคณะพยาบาลศาสตร์มีเงินเดือนเฉลี่ยสูงสุดที่ 29,499.72 บาท รองลงมาคือโรงเรียนกฎหมายและการเมือง 28,062.75 บาท และโรงเรียนการท่องเที่ยวและบริการ 23,470.71 บาท ขณะที่คณะครุศาสตร์มีเงินเดือนเฉลี่ยต่ำสุดที่ 16,235.89 บาท ซึ่งสอดคล้องกับโครงสร้างค่าตอบแทนของวิชาชีพครูในระบบราชการ ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ยเงินเดือนของบัณฑิตที่มีงานทำ จำแนกตามคณะ/โรงเรียน

ลำดับ	คณะ/โรงเรียน	จำนวน (คน)	เงินเดือนเฉลี่ยน (บาท)	อันดับ
1	คณะครุศาสตร์	70	16,235.89	9
2	คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์	129	22,518.00	5
3	คณะวิทยาการจัดการ	196	21,099.45	6
4	คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี	67	19,390.38	7
5	คณะพยาบาลศาสตร์	86	29,499.72	2
6	โรงเรียนการเรือน	203	19,151.44	8
7	โรงเรียนการท่องเที่ยวและบริการ	208	23,470.71	4
8	โรงเรียนกฎหมายและการเมือง	121	28,062.75	3
9	บัณฑิตวิทยาลัย	2	40,000.00	1
	รวม	1,082	22,462.18	

เมื่อพิจารณาในระดับสาขาวิชา พบว่า สาขาที่มีผลการดำเนินงานโดดเด่นและสาขาที่ควรเฝ้าระวัง โดยสาขาที่มีอัตราการมีงานทำสูงอย่างเด่นชัด ได้แก่ พยาบาลศาสตร์บัณฑิต (ร้อยละ 100) สาขาวิชาคหกรรมศาสตร์ (ร้อยละ 100) บัญชีบัณฑิต (ร้อยละ 97.87) และสาขาวิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย (ร้อยละ 94.74) ขณะที่สาขาที่มีอัตราต่ำกว่าค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญ ได้แก่ สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ (ร้อยละ 50.00) และสาขาวิชาการศึกษาปฐมวัย ศูนย์การศึกษาลำปาง (ร้อยละ 33.33) ในด้านเงินเดือน สาขาวิชาธุรกิจการบิน (กรุงเทพฯ) มีเงินเดือนเฉลี่ยสูงถึง 33,912.50 บาท สาขาวิชานิเทศศาสตร์นวัตกรรมฯ 30,543.56 บาท และสาขาวิชาเทคโนโลยีการประกอบอาหารฯ (กรุงเทพฯ) 29,087.71 บาท ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 สาขาวิชาที่มีผลการดำเนินงานโดดเด่นและสาขาที่ควรเฝ้าระวัง

ลำดับ	สาขาวิชา	ร้อยละการมีงานทำ	เงินเดือนเฉลี่ย (บาท)
1	สาขาบัญชี (คณะวิทยาการจัดการ)	97.87	26,389.78
2	สาขาอาชีวอนามัยฯ (คณะวิทย์ฯ)	94.74	23,867.65
3	สาขาการศึกษาปฐมวัย (ศูนย์นครนายก)	93.33	13,124.62
4	สาขาธุรกิจการบิน (กรุงเทพฯ)	90.91	33,912.50

ลำดับ	สาขาวิชา	ร้อยละการมีงานทำ	เงินเดือนเฉลี่ย (บาท)
5	สาขาเทคโนโลยีการประกอบอาหารฯ (กรุงเทพฯ)	90.53	29,087.71
6	สาขาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ (คณะวิทยาการจัดการ)	50.00	17,093.13
7	สาขาการศึกษาปฐมวัย (ศูนย์ลำปาง)	33.33	16,560.00

การอภิปรายผล

ผลการติดตามบัณฑิตระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต ปีการศึกษา 2566 พบว่าอัตราการมีงานทำโดยรวมอยู่ที่ร้อยละ 86.65 ซึ่งสามารถอภิปรายผลได้ในประเด็นสำคัญ ดังนี้

ประการแรก ผลการวิจัยสะท้อนความสอดคล้องอย่างชัดเจนกับยุทธศาสตร์การเป็นมหาวิทยาลัยเฉพาะทาง คณะพยาบาลศาสตร์ซึ่งเป็นหนึ่งในสาขาเฉพาะทางมีอัตราการมีงานทำร้อยละ 100 ตรงสาขาวิชาชีพเกือบทั้งหมด พร้อมเงินเดือนเฉลี่ยสูง สอดคล้องกับสภาวะขาดแคลนบุคลากรพยาบาลในระบบสาธารณสุข (สภาการพยาบาล, 2566) ขณะเดียวกัน โรงเรียนการเรือนมีอัตราการมีงานทำร้อยละ 93.02 โดยมีบัณฑิตประกอบอาชีพอิสระมากที่สุด สะท้อนว่าหลักสูตรด้านอาหารสามารถสร้างผู้ประกอบการได้จริง ซึ่งตอบโจทย์ยุทธศาสตร์ด้านอาหารของมหาวิทยาลัย

ประการที่สอง ความแตกต่างของอัตราการมีงานทำระหว่างศูนย์การศึกษาในสาขาเดียวกันเป็นประเด็นที่น่าสนใจ กรณีสาขาวิชาธุรกิจการบิน กรุงเทพฯ (ร้อยละ 90.91 เงินเดือน 33,912.50 บาท) เทียบกับศูนย์การศึกษาหัวหิน (ร้อยละ 85.00 เงินเดือน 22,524.26 บาท) อาจเกิดจากปัจจัยด้านเครือข่ายผู้ประกอบการ และโอกาสในการฝึกประสบการณ์วิชาชีพที่แตกต่างกันตามภูมิศาสตร์ ทำนองเดียวกัน สาขาวิชาการศึกษาปฐมวัยมีอัตราการมีงานทำที่แตกต่างกันมากระหว่างศูนย์การศึกษา ตั้งแต่ร้อยละ 93.33 (ศูนย์การศึกษานครนายก) จนถึงร้อยละ 33.33 (ศูนย์การศึกษาลำปาง) ซึ่งอาจเกี่ยวข้องกับอุปสงค์ของตลาดแรงงานในพื้นที่ภาคเหนือที่ยังจำกัด

ประการที่สาม ด้านเงินเดือน ค่าเฉลี่ยรวม 22,462.18 บาท อยู่ในระดับที่สูงกว่าอัตราเงินเดือนขั้นต่ำตามวุฒิปริญญาตรีของ ก.พ. (15,000 บาท) อย่างมีนัยสำคัญ สะท้อนว่าบัณฑิตมหาวิทยาลัยสวนดุสิตมีขีดความสามารถในการแข่งขันในตลาดแรงงาน อย่างไรก็ตาม ค่าเฉลี่ยเงินเดือนของคณะครุศาสตร์ (16,235.89 บาท) ที่ต่ำกว่าค่าเฉลี่ยมหาวิทยาลัยเป็นปรากฏการณ์ที่พบในสถาบันผลิตครูทั่วไป เนื่องจากโครงสร้างเงินเดือนของวิชาชีพครูถูกกำหนดโดยบัญชีเงินเดือนข้าราชการ (สำนักงาน ก.ค.ศ., 2565)

ประการที่สี่ กรณีสาขาวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจที่มีอัตราการมีงานทำเพียงร้อยละ 50.00 นั้น อาจสะท้อนว่าเนื้อหาหลักสูตรยังไม่ทันต่อการเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยีดิจิทัล ในขณะที่ตลาดแรงงานด้าน IT มีความต้องการทักษะเฉพาะด้าน เช่น วิทยาศาสตร์ข้อมูล ปัญญาประดิษฐ์ และคลาวด์คอมพิวติง มากกว่าทักษะคอมพิวเตอร์ธุรกิจทั่วไป (World Economic Forum, 2023) ซึ่งเป็นประเด็นที่ต้องเร่งดำเนินการปรับปรุง

บทสรุป

การติดตามผลบัณฑิตระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต ปีการศึกษา 2566 พบว่า บัณฑิตที่ได้งานทำหรือประกอบอาชีพอิสระภายใน 1 ปี มีจำนวน 1,082 คน จากผู้ตอบแบบสอบถาม 1,269 คน คิดเป็นร้อยละ 86.65 โดยร้อยละ 70.15

ของผู้มีงานทำได้ทำงานตรงสาขาที่เรียน เงินเดือนเฉลี่ย 22,462.18 บาท ผลการวิจัยยืนยันความสำเร็จของยุทธศาสตร์มหาวิทยาลัยเฉพาะทาง โดยเฉพาะด้านการพยาบาลและสุขภาวะ (อัตราการมีงานทำร้อยละ 100) และด้านอาหาร (อัตราการมีงานทำร้อยละ 93.02) ข้อเสนอแนะสำคัญ ได้แก่ ควรเร่งปรับปรุงหลักสูตรสาขาวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ โดยบูรณาการทักษะดิจิทัลสมัยใหม่ ควรวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อความแตกต่างของอัตราการมีงานทำระหว่างศูนย์การศึกษาในสาขาเดียวกัน ควรส่งเสริมสหกิจศึกษาและการฝึกประสบการณ์วิชาชีพในสาขาที่มีอัตราการมีงานทำต่ำ และควรจัดทำระบบเชื่อมโยงข้อมูลบัณฑิตกับตลาดแรงงานเพื่อให้หลักสูตรปรับตัวได้ทันต่อการเปลี่ยนแปลง

เอกสารอ้างอิง

มหาวิทยาลัยสวนดุสิต. (2566). แผนยุทธศาสตร์มหาวิทยาลัยสวนดุสิต พ.ศ. 2566-2570. มหาวิทยาลัยสวนดุสิต: กรุงเทพฯ.

ศิริวรรณ วณิชวัฒนวรชัย, สมบัติ คชสิทธิ์ และณิชาภา จันทร์โชติ. (2565). ปัจจัยที่ส่งผลต่อภาวะการมีงานทำของบัณฑิตระดับปริญญาตรี. วารสารศึกษาศาสตร์. 33(2): 45-58.

สภาการพยาบาล. (2566). รายงานสถานการณ์กำลังคนด้านการพยาบาล ปี 2566. สภาการพยาบาล: นนทบุรี.

สำนักงาน ก.ค.ศ. (2565). บัญชีเงินเดือนข้าราชการครูและบุคลากรทางการศึกษา พ.ศ. 2565. สำนักงาน ก.ค.ศ.: กรุงเทพฯ.

สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา. (2561). คู่มือการประกันคุณภาพการศึกษาภายใน ระดับอุดมศึกษา พ.ศ. 2561. สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา: กรุงเทพฯ.

สุวิมล มธุรส. (2564). การศึกษาภาวะการมีงานทำของบัณฑิตสาขาวิชาชีพเฉพาะทาง: กรณีศึกษาเปรียบเทียบ. วารสารวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏ. 16(1): 112-125.

World Economic Forum. (2023). The Future of Jobs Report 2023. Accessed 15 Sep. 2024. https://www.weforum.org/reports/the-future-of-jobs-report-2023

1

ความท้าทายทางกฎหมายของธุรกิจพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ในยุคโลกาภิวัตน์
Legal Challenges of E-commerce Businesses in the Era of Globalization

สร้อย ไชยเดช[1*]
Soi Chaiyadej

[1]*โรงเรียนกฎหมายและการเมือง มหาวิทยาลัยสวนดุสิต กรุงเทพฯ*
**Corresponding Author E-mail Address : sam_chaise@hotmail.com*

บทคัดย่อ

บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ความท้าทายทางกฎหมายของธุรกิจพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ ภายใต้บริบทของโลกาภิวัตน์ ซึ่งส่งผลให้การดำเนินธุรกิจข้ามพรมแดนมีความซับซ้อนและมีความเสี่ยงเพิ่มขึ้น โดยมุ่งเน้นประเด็นสำคัญ ได้แก่ การคุ้มครองข้อมูลส่วนบุคคล การทำธุรกรรมทางอิเล็กทรอนิกส์ การคุ้มครองผู้บริโภค และการจัดเก็บภาษีดิจิทัล การศึกษานี้ใช้วิธีการวิจัยเชิงเอกสาร โดยวิเคราะห์กฎหมายและแหล่งข้อมูลที่เกี่ยวข้องทั้งในระดับประเทศและระหว่างประเทศ ผลการศึกษาพบว่า แม้กฎหมายจะมีการปรับตัวให้สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยีและรูปแบบธุรกิจดิจิทัล แต่ยังคงมีข้อจำกัดในการบังคับใช้ โดยเฉพาะในธุรกรรมข้ามพรมแดนที่เกี่ยวข้องกับหลายเขตอำนาจศาล อีกทั้งความแตกต่างของกฎหมายในแต่ละประเทศยังส่งผลต่อการกำหนดกลยุทธ์และการบริหารความเสี่ยงขององค์กรธุรกิจ ดังนั้น ผู้ประกอบการควรบูรณาการความรู้ด้านกฎหมายเข้ากับการบริหารธุรกิจเชิงกลยุทธ์ โดยให้ความสำคัญกับการบริหารความเสี่ยงทางกฎหมาย เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการแข่งขันและความยั่งยืนขององค์กรในระยะยาว

คำสำคัญ: พาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์, กฎหมายธุรกิจ, โลกาภิวัตน์, การบริหารความเสี่ยงทางกฎหมาย, เศรษฐกิจดิจิทัล

Abstract

This article aims to examine the legal challenges faced by E-commerce businesses in the context of globalization, where cross-border transactions have become increasingly complex and risk-prone. The study focuses on key legal issues, including personal data protection, electronic contracts, consumer protection, and digital taxation. A documentary research approach is employed, analyzing relevant laws and secondary data from both domestic and international sources. The findings reveal that although legal frameworks have evolved to accommodate rapid technological advancements and digital business models, significant limitations in enforcement remain, particularly in cross-border transactions involving multiple jurisdictions. Furthermore, discrepancies among national legal systems affect strategic and legal risk management within business organizations. Therefore, it is essential for business operators to integrate legal knowledge into strategic management practices, with a strong emphasis on legal risk management. Such integration can enhance competitive advantage and support long-term organizational sustainability.

Keywords: E-commerce, business law, globalization, legal risk management, digital economy

บทนำ

ในยุคโลกาภิวัตน์ เทคโนโลยีดิจิทัลได้เข้ามามีบทบาทสำคัญต่อการดำเนินธุรกิจในทุกมิติ โดยเฉพาะธุรกิจพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ (E-Commerce) ซึ่งมีการเติบโตอย่างรวดเร็วและต่อเนื่องจากการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานด้านอินเทอร์เน็ตและการใช้งานอุปกรณ์ดิจิทัลของผู้บริโภคที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ (Organisation for Economic Co-operation and Development [OECD], 2020) การเชื่อมโยงของตลาดโลกผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัลทำให้ผู้ประกอบการสามารถเข้าถึงลูกค้าได้ในระดับนานาชาติ ลดข้อจำกัดด้านสถานที่และเวลา และเปิดโอกาสในการขยายตลาดอย่างไร้พรมแดน อย่างไรก็ตาม การดำเนินธุรกิจในลักษณะดังกล่าวก่อให้เกิดความท้าทายทางกฎหมายที่มีความซับซ้อนและหลากหลายมากยิ่งขึ้น

หนึ่งในประเด็นสำคัญคือความแตกต่างของกฎหมายในแต่ละประเทศ ซึ่งส่งผลต่อการดำเนินธุรกิจข้ามพรมแดนอย่างมีนัยสำคัญ โดยธุรกิจพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ต้องเผชิญกับข้อกำหนดทางกฎหมายที่แตกต่างกันในแต่ละเขตอำนาจศาล เช่น กฎหมายเกี่ยวกับการคุ้มครองข้อมูลส่วนบุคคล กฎหมายผู้บริโภค และกฎหมายภาษี ซึ่งอาจมีความไม่สอดคล้องกันหรือมีข้อกำหนดที่ขัดแย้งกัน (United Nations Commission on International Trade Law [UNCITRAL], 1996) ความแตกต่างดังกล่าวก่อให้เกิดต้นทุนในการปฏิบัติตามกฎหมาย (compliance cost) ที่เพิ่มขึ้น และส่งผลต่อการกำหนดกลยุทธ์ทางธุรกิจขององค์กรในระดับสากล

นอกจากนี้ การคุ้มครองข้อมูลส่วนบุคคลได้กลายเป็นประเด็นสำคัญในยุคเศรษฐกิจดิจิทัล เนื่องจากข้อมูลของผู้บริโภคถือเป็นทรัพยากรที่มีมูลค่าสูง ธุรกิจพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ต้องเก็บ รวบรวม และวิเคราะห์ข้อมูลลูกค้าเพื่อพัฒนากลยุทธ์ทางการตลาดและเพิ่มประสิทธิภาพในการดำเนินงาน อย่างไรก็ตาม การใช้ข้อมูลดังกล่าวต้องอยู่ภายใต้กรอบกฎหมายที่เข้มงวด เช่น กฎหมายคุ้มครองข้อมูลส่วนบุคคลของสหภาพยุโรป หรือ General Data Protection Regulation (GDPR) ซึ่งมีผลบังคับใช้ครอบคลุมธุรกิจที่ดำเนินการกับข้อมูลของพลเมืองสหภาพยุโรป (European Parliament and Council of the European Union, 2016) รวมถึงกฎหมายภายในประเทศ เช่น พระราชบัญญัติคุ้มครองข้อมูลส่วนบุคคล พ.ศ. 2562 ของประเทศไทย ซึ่งกำหนดให้ผู้ประกอบการต้องมีมาตรการคุ้มครองข้อมูลและได้รับความยินยอมจากเจ้าของข้อมูลอย่างชัดเจน (สำนักงานคณะกรรมการคุ้มครองข้อมูลส่วนบุคคล, 2562)

อีกประเด็นหนึ่งที่มีความสำคัญคือการทำสัญญาทางอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งเป็นหัวใจสำคัญของธุรกรรมพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ โดยกฎหมายได้มีการพัฒนาเพื่อรองรับการทำธุรกรรมในรูปแบบดิจิทัล เช่น การยอมรับลายมือชื่ออิเล็กทรอนิกส์และเอกสารอิเล็กทรอนิกส์ให้มีผลทางกฎหมาย (UNCITRAL, 1996) อย่างไรก็ตาม ปัญหาที่เกิดขึ้นในทางปฏิบัติ เช่น การพิสูจน์ตัวตนของคู่สัญญา ความถูกต้องของข้อมูล และการบังคับใช้สัญญาในกรณีข้ามพรมแดน ยังคงเป็นประเด็นที่ต้องได้รับการพิจารณาอย่างรอบคอบ

ในขณะเดียวกัน การคุ้มครองผู้บริโภคในธุรกิจพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ก็เป็นอีกหนึ่งความท้าทายที่สำคัญ เนื่องจากผู้บริโภคไม่สามารถตรวจสอบสินค้าได้โดยตรงก่อนการตัดสินใจซื้อ และอาจเผชิญกับความเสี่ยงจากการฉ้อโกงหรือการให้ข้อมูลที่ไม่ครบถ้วน (OECD, 2020) กฎหมายจึงมีบทบาทสำคัญในการสร้างความเป็นธรรมและความเชื่อมั่นในตลาดออนไลน์ อย่างไรก็ตามไม่ว่าจะประกอบธุรกิจในรูปแบบใดก็ตาม ต้องยึดถือหลักมาตรการคุ้มครองผู้บริโภคขั้นพื้นฐาน ตามพระราชบัญญัติคุ้มครองผู้บริโภค พ.ศ. 2522 ซึ่งมีอยู่ 5 ประการ คือ ผู้ประกอบธุรกิจจะต้องมีการเปิดเผยข้อมูลสินค้าอย่างเพียงพอและชัดเจน ผู้บริโภคมีสิทธิที่จะมีอิสระในการเลือกหาสินค้าหรือบริการ มีสิทธิที่จะได้รับความปลอดภัยจากสินค้าหรือบริการ มีสิทธิที่จะได้รับความเป็นธรรมในการทำสัญญา และมีสิทธิที่ได้จะรับการพิจารณาและชดเชยความเสียหาย (สำนักงานคณะกรรมการคุ้มครองผู้บริโภค, 2569)

นอกจากนี้ ประเด็นการจัดเก็บภาษีดิจิทัลยังเป็นความท้าทายที่สำคัญในระดับนานาชาติ เนื่องจากธุรกิจพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์สามารถดำเนินการโดยไม่จำเป็นต้องมีสถานประกอบการทางกายภาพในประเทศที่ให้บริการ ส่งผลให้เกิดปัญหาในการกำหนดเขตอำนาจภาษีและการจัดเก็บรายได้ของรัฐ (OECD, 2020) ความพยายามในการพัฒนากรอบความร่วมมือระหว่างประเทศเพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าวจึงเป็นประเด็นที่ได้รับความสนใจอย่างต่อเนื่อง

จากบริบทดังกล่าว จะเห็นได้ว่ากฎหมายไม่ได้เป็นเพียงข้อจำกัดในการดำเนินธุรกิจเท่านั้น แต่ยังสามารถเป็นเครื่องมือเชิงกลยุทธ์ที่ช่วยสร้างความได้เปรียบในการแข่งขันให้กับองค์กร ธุรกิจที่สามารถปรับตัวให้สอดคล้องกับข้อกำหนดทางกฎหมายได้อย่างมีประสิทธิภาพ จะสามารถลดความเสี่ยง เพิ่มความน่าเชื่อถือ และสร้างความยั่งยืนในระยะยาวได้ (Porter, 1985)

ดังนั้น การศึกษาความท้าทายทางกฎหมายของธุรกิจพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ในยุคโลกาภิวัตน์จึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง ทั้งในเชิงวิชาการและเชิงปฏิบัติ โดยบทความนี้มุ่งวิเคราะห์ประเด็นทางกฎหมายที่สำคัญ พร้อมทั้งเชื่อมโยงกับการบริหารธุรกิจ เพื่อเสนอแนะแนวทางเชิงนโยบาย และเพื่อสนับสนุนการพัฒนาธุรกิจและลดอุปสรรคทางกฎหมาย

ภาพรวมของธุรกิจพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ และกฎหมายที่เกี่ยวข้อง

ธุรกิจพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ (E-Commerce) หมายถึง การดำเนินกิจกรรมทางการค้าผ่านสื่ออิเล็กทรอนิกส์ เช่น เว็บไซต์ แอปพลิเคชัน หรือแพลตฟอร์มดิจิทัล ซึ่งครอบคลุมตั้งแต่การเสนอขายสินค้า การทำสัญญา การชำระเงิน ไปจนถึงการให้บริการหลังการขาย โดยรูปแบบธุรกิจมีความหลากหลาย เช่น ธุรกิจระหว่างผู้ประกอบการกับผู้บริโภค (Business to Consumer: B2C) ธุรกิจระหว่างผู้ประกอบการ (Business-to-Business: B2B) และธุรกิจระหว่างผู้บริโภค (Consumer to Consumer: C2C) (Organisation for Economic Co-operation and Development [OECD], 2019) การเติบโตของ E-commerce ได้รับแรงสนับสนุนจากการพัฒนาเทคโนโลยีดิจิทัล ระบบโลจิสติกส์ และพฤติกรรมผู้บริโภคที่เปลี่ยนแปลงไปสู่การใช้แพลตฟอร์มออนไลน์อย่างแพร่หลาย

ในเชิงบริหารธุรกิจพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ไม่ได้เป็นเพียงช่องทางการจัดจำหน่ายเท่านั้น แต่ยังเป็น “ระบบนิเวศทางธุรกิจ (Business Ecosystem)” ที่เชื่อมโยงผู้มีส่วนได้ส่วนเสียหลายฝ่าย ได้แก่ ผู้ขาย ผู้ให้บริการแพลตฟอร์ม ผู้ให้บริการชำระเงิน และผู้ให้บริการโลจิสติกส์ การบริหารจัดการในระบบดังกล่าวจำเป็นต้องอาศัยทั้งกลยุทธ์ทางธุรกิจและการปฏิบัติตามข้อกำหนดทางกฎหมายอย่างเคร่งครัด เนื่องจากความผิดพลาดในด้านกฎหมายอาจส่งผลกระทบต่อความน่าเชื่อถือขององค์กรและความสามารถในการแข่งขันในระยะยาว (Laudon & Traver, 2021)

1. กฎหมายธุรกรรมทางอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Transactions Law)

กฎหมายธุรกรรมทางอิเล็กทรอนิกส์มีบทบาทสำคัญในการรองรับการทำสัญญาและการดำเนินธุรกรรมในรูปแบบดิจิทัล โดยให้การยอมรับสถานะทางกฎหมายของข้อมูลอิเล็กทรอนิกส์และลายมือชื่ออิเล็กทรอนิกส์ เช่น หลักการของกฎหมายต้นแบบว่าด้วยพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ของ UNCITRAL ที่กำหนดให้ข้อมูลอิเล็กทรอนิกส์มีผลทางกฎหมายเทียบเท่ากับเอกสารกระดาษ (United Nations Commission on International Trade Law [UNCITRAL], 1996)

ในประเทศไทย พระราชบัญญัติว่าด้วยธุรกรรมทางอิเล็กทรอนิกส์ พ.ศ. 2544 และที่แก้ไขเพิ่มเติม ได้กำหนดหลักเกณฑ์เกี่ยวกับการทำธุรกรรมอิเล็กทรอนิกส์ การรับรองลายมือชื่ออิเล็กทรอนิกส์ และความน่าเชื่อถือของระบบสารสนเทศ ซึ่งมีบทบาทสำคัญต่อการสร้างความมั่นใจในการทำธุรกรรมออนไลน์ อย่างไรก็ตาม ในทางปฏิบัติยังคงมีความท้าทาย เช่น การพิสูจน์ตัวตนของคู่สัญญา และการบังคับใช้สัญญาในกรณีที่คู่สัญญาอยู่ต่างประเทศ

2. กฎหมายคุ้มครองข้อมูลส่วนบุคคล (Data Protection Law)

ข้อมูลส่วนบุคคลถือเป็นทรัพยากรสำคัญของธุรกิจพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ เนื่องจากสามารถนำไปใช้ในการวิเคราะห์พฤติกรรมผู้บริโภคและพัฒนากลยุทธ์ทางการตลาดได้ อย่างไรก็ตาม การใช้ข้อมูลดังกล่าวต้องอยู่ภายใต้กฎหมายที่เข้มงวด เช่น กฎหมายคุ้มครองข้อมูลส่วนบุคคลของสหภาพยุโรป (GDPR) ซึ่งกำหนดหลักการสำคัญ ได้แก่ ความโปร่งใส ความยินยอมของเจ้าของข้อมูล และความรับผิดชอบของผู้ควบคุมข้อมูล (European Parliament and Council of the European Union, 2016)

ในประเทศไทย พระราชบัญญัติคุ้มครองข้อมูลส่วนบุคคล พ.ศ. 2562 ได้กำหนดหน้าที่ของผู้ประกอบการในการเก็บใช้ และเปิดเผยข้อมูลส่วนบุคคลอย่างเหมาะสม รวมถึงการรักษาความปลอดภัยของข้อมูล (สำนักงานคณะกรรมการคุ้มครองข้อมูลส่วนบุคคล, 2562) จากมุมมองเชิงบริหาร การปฏิบัติตามกฎหมายดังกล่าวไม่เพียงช่วยลดความเสี่ยงทางกฎหมาย แต่ยังเป็นเครื่องมือในการสร้างความไว้วางใจ (Trust) และความภักดีของลูกค้า (Customer Loyalty)

3. กฎหมายคุ้มครองผู้บริโภค (Consumer Protection Law)

ในธุรกิจพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ ผู้บริโภคมักเผชิญกับความไม่สมดุลของข้อมูล (Information Asymmetry) เนื่องจากไม่สามารถตรวจสอบสินค้าได้โดยตรงก่อนการตัดสินใจซื้อ ดังนั้น กฎหมายคุ้มครองผู้บริโภคจึงมีบทบาทสำคัญในการสร้างความเป็นธรรมในตลาด เช่น การกำหนดให้ผู้ขายต้องเปิดเผยข้อมูลสินค้าอย่างครบถ้วน การกำหนดสิทธิในการยกเลิกสัญญา และการเยียวยาความเสียหาย (OECD, 2016)

ในเชิงธุรกิจ การปฏิบัติตามกฎหมายคุ้มครองผู้บริโภคสามารถส่งผลเชิงบวกต่อภาพลักษณ์องค์กรและความพึงพอใจของลูกค้า ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการแข่งขันในตลาดออนไลน์ที่มีการแข่งขันสูง (Kotler & Keller, 2016)

4. กฎหมายภาษีอิเล็กทรอนิกส์ (Digital Taxation Law)

การจัดเก็บภาษีจากธุรกิจพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ เป็นประเด็นที่มีความซับซ้อน เนื่องจากธุรกิจสามารถดำเนินการข้ามพรมแดนโดยไม่จำเป็นต้องมีสถานประกอบการทางกายภาพในประเทศที่ให้บริการ ส่งผลให้เกิดปัญหาในการกำหนดฐานภาษีและเขตอำนาจภาษี (OECD, 2020) แนวทางแก้ไขในระดับสากล เช่น โครงการ Base Erosion and Profit Shifting (BEPS) ของ OECD มีเป้าหมายเพื่อสร้างความเป็นธรรมในการจัดเก็บภาษีในเศรษฐกิจดิจิทัล

ในประเทศไทย ได้มีการจัดเก็บภาษีมูลค่าเพิ่ม (VAT) สำหรับผู้ให้บริการอิเล็กทรอนิกส์จากต่างประเทศ (e-Service) ซึ่งสะท้อนถึงความพยายามของภาครัฐในการปรับตัวให้ทันกับการเปลี่ยนแปลงของรูปแบบธุรกิจดิจิทัล จากมุมมองเชิงบริหาร ภาษีดิจิทัลถือเป็นปัจจัยที่มีผลต่อโครงสร้างต้นทุนและกลยุทธ์การกำหนดราคาของธุรกิจ

5. ความท้าทายจากความแตกต่างของกฎหมายในระดับนานาชาติ

ในบริบทของโลกาภิวัตน์ ความแตกต่างของกฎหมายในแต่ละประเทศเป็นปัจจัยสำคัญที่เพิ่มความซับซ้อนในการดำเนินธุรกิจพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ โดยเฉพาะในประเด็นเขตอำนาจศาล (Jurisdiction) การบังคับใช้กฎหมาย และการระงับข้อพิพาทระหว่างประเทศ (UNCITRAL, 1996) ผู้ประกอบการจำเป็นต้องพิจารณาเลือกกฎหมายที่ใช้บังคับ (Choice of Law) และศาลที่มีอำนาจพิจารณาคดีอย่างรอบคอบ

นอกจากนี้ ความไม่สอดคล้องของกฎหมายยังส่งผลต่อการออกแบบกลยุทธ์ธุรกิจ เช่น การเลือกตลาดเป้าหมาย การตั้งสถานประกอบการ และการจัดโครงสร้างองค์กรระหว่างประเทศ (Hill, 2020) องค์กรที่สามารถบริหารจัดการความซับซ้อนทางกฎหมายได้อย่างมีประสิทธิภาพจะมีความได้เปรียบในการแข่งขันในระดับสากล

สังเคราะห์เชิงบริหาร

จากการวิเคราะห์กรอบกฎหมายที่เกี่ยวข้อง สามารถสังเคราะห์ได้ว่า กฎหมายเป็นทั้ง “ข้อจำกัด” และ “โอกาส” สำหรับธุรกิจพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ในยุคโลกาภิวัตน์ โดยองค์กรที่สามารถบูรณาการกฎหมายเข้ากับการบริหารธุรกิจเชิงกลยุทธ์ จะสามารถลดความเสี่ยง สร้างความน่าเชื่อถือ และเพิ่มความสามารถในการแข่งขันได้อย่างยั่งยืน (Porter, 1985)

ผลการวิเคราะห์

ผลการวิเคราะห์ชี้ให้เห็นว่า ความท้าทายทางกฎหมายของธุรกิจพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ในยุคโลกาภิวัตน์สามารถสังเคราะห์ได้เป็น 4 ประเด็นหลัก ได้แก่ (1) ความแตกต่างของกฎหมายระหว่างประเทศ (2) การคุ้มครองข้อมูลส่วนบุคคล (3) ความเชื่อมั่นของผู้บริโภค และ (4) การจัดเก็บภาษีดิจิทัล ซึ่งแต่ละประเด็นมีนัยสำคัญต่อการกำหนดกลยุทธ์และการบริหารความเสี่ยงขององค์กรธุรกิจอย่างมีนัยสำคัญ (Organisation for Economic Co-operation and Development [OECD], 2020)

1. ความแตกต่างของกฎหมายระหว่างประเทศ (Cross-border Legal Fragmentation)

ธุรกิจพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ที่ดำเนินการข้ามพรมแดนต้องปฏิบัติตามกฎหมายของหลายประเทศ ซึ่งมีความแตกต่างกันทั้งในด้านเนื้อหาและการบังคับใช้ เช่น กฎหมายคุ้มครองข้อมูล กฎหมายผู้บริโภค และกฎหมายภาษี ส่งผลให้เกิด “ความซับซ้อนเชิงกฎระเบียบ (Regulatory Complexity)” และต้นทุนในการปฏิบัติตามกฎหมาย (Compliance Costs) ที่เพิ่มขึ้น (Hill, 2020)

นอกจากนี้ ประเด็นเรื่องเขตอำนาจศาล (Jurisdiction) และการเลือกกฎหมายที่ใช้บังคับ (Choice of Law) ยังเป็นปัจจัยสำคัญในการบริหารความเสี่ยงทางกฎหมาย โดยเฉพาะในกรณีที่เกิดข้อพิพาทระหว่างประเทศ (United Nations Commission on International Trade Law [UNCITRAL], 1996)

ตัวอย่างเช่น Agoda ซึ่งเป็นแพลตฟอร์มจองที่พักออนไลน์ที่มีสำนักงานใหญ่ในประเทศไทย แต่ให้บริการลูกค้าทั่วโลก จึงต้องปฏิบัติตามกฎหมายของหลายเขตอำนาจศาลพร้อมกัน ทั้งกฎหมายคุ้มครองผู้บริโภคของสหภาพยุโรป กฎหมายสัญญาของสหรัฐอเมริกา และกฎหมายธุรกิจของแต่ละประเทศที่ให้บริการ ในต่างประเทศ Amazon เป็นกรณีศึกษาที่สำคัญ เนื่องจากต้องออกแบบเงื่อนไขสัญญาและนโยบายการคืนสินค้าที่แตกต่างกันในแต่ละตลาด เช่น สหรัฐอเมริกา สหราชอาณาจักร เยอรมนี และญี่ปุ่น เพื่อให้สอดคล้องกับกฎหมายท้องถิ่นที่ไม่เหมือนกัน สะท้อนให้เห็นถึงต้นทุนในการปฏิบัติตามกฎหมายและความจำเป็นของการพัฒนา Legal Capability ในระดับองค์กร

ตารางที่ 1 ความแตกต่างของกฎหมายระหว่างประเทศ

ประเด็น	ความเสี่ยง	ผลกระทบทางธุรกิจ	แนวทางบริหาร
เขตอำนาจศาล	กฎหมายหลายประเทศซ้อนกัน	ความไม่แน่นอนทางกฎหมาย	กำหนดเงื่อนไขสัญญาชัดเจน
การบังคับใช้กฎหมาย	ความแตกต่างด้านการบังคับใช้	ความเสี่ยงคดีความ	ใช้ที่ปรึกษากฎหมายระหว่างประเทศ
มาตรฐานกฎหมาย	ไม่สอดคล้องกัน	เพิ่มต้นทุนการปฏิบัติตาม	ปรับโครงสร้างองค์กร

ที่มา: ผู้เขียน, 2569

2. การคุ้มครองข้อมูลส่วนบุคคล (Data Protection and Privacy Compliance)

ข้อมูลส่วนบุคคลถือเป็นทรัพยากรสำคัญของธุรกิจ E-commerce โดยองค์กรใช้ข้อมูลในการวิเคราะห์พฤติกรรมผู้บริโภคและพัฒนากลยุทธ์การตลาด อย่างไรก็ตาม กฎหมายด้านนี้มีความเข้มงวดมากขึ้น เช่น GDPR และ PDPA ซึ่งกำหนดให้ผู้ประกอบการต้องมีมาตรการด้านความปลอดภัยและความโปร่งใส (European Parliament and Council of the European Union, 2016)

ในเชิงบริหาร การลงทุนในระบบ Data Governance และ Cybersecurity กลายเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อความสามารถในการแข่งขัน (Laudon & Traver, 2021)

ตัวอย่างเช่น LINE MAN Wongnai ในฐานะแพลตฟอร์มสั่งอาหารและรีวิวร้านอาหาร จำเป็นต้องเก็บรวบรวมข้อมูลส่วนบุคคลของผู้ใช้งานจำนวนมาก ทั้งที่อยู่พฤติกรรมการสั่งอาหาร และข้อมูลการชำระเงิน ซึ่งต้องดำเนินการภายใต้ PDPA อย่างเคร่งครัด รวมถึงต้องขอความยินยอม (Consent) อย่างชัดเจนก่อนนำข้อมูลไปใช้ประโยชน์ทางการตลาด ในต่างประเทศ Meta (Facebook) ถูกปรับโดยคณะกรรมการ GDPR ของสหภาพยุโรปเป็นมูลค่าสูง เนื่องจากการโอนข้อมูลส่วนบุคคลของผู้ใช้ไปยังสหรัฐอเมริกาโดยไม่มีกลไกคุ้มครองที่เพียงพอ กรณีนี้แสดงให้เห็นว่าการไม่ปฏิบัติตามกฎหมายคุ้มครองข้อมูลไม่เพียงแต่ก่อให้เกิดความเสี่ยงทางกฎหมาย แต่ยังส่งผลกระทบโดยตรงต่อความไว้วางใจของผู้บริโภคและภาพลักษณ์องค์กรในระยะยาว

ตารางที่ 2 การคุ้มครองข้อมูลส่วนบุคคล

ประเด็น	ความเสี่ยง	แนวทางบริหาร	ผลทางธุรกิจ
การเก็บข้อมูล	ละเมิดสิทธิ	การขอความยินยอม	ความไว้วางใจเพิ่ม
การใช้ข้อมูล	ใช้ผิดวัตถุประสงค์	การธรรมาภิบาลข้อมูล	เพิ่มประสิทธิภาพ
ความปลอดภัย	การรั่วไหลของข้อมูล	ความมั่นคงปลอดภัยไซเบอร์	ลดความเสียหาย

ที่มา: ผู้เขียน, 2569

3. ความเชื่อมั่นของผู้บริโภค (Consumer Trust and Protection)

ความเชื่อมั่นของผู้บริโภคเป็นปัจจัยสำคัญต่อความสำเร็จของธุรกิจพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ โดยเฉพาะในบริบทที่ผู้บริโภคไม่สามารถตรวจสอบสินค้าได้โดยตรง ปัญหาการฉ้อโกงออนไลน์และการละเมิดสิทธิผู้บริโภคจึงเป็นความท้าทายสำคัญ (OECD, 2016)

กฎหมายคุ้มครองผู้บริโภคมีบทบาทในการสร้างความเป็นธรรมในตลาด เช่น การเปิดเผยข้อมูลสินค้า การคืนสินค้าและการเยียวยาความเสียหาย ซึ่งมีผลโดยตรงต่อความพึงพอใจของลูกค้า (Kotler & Keller, 2016)

ตัวอย่างเช่น Lazada Thailand เป็นกรณีศึกษาที่น่าสนใจ โดยแพลตฟอร์มได้พัฒนาระบบ LazMall เพื่อรับรองว่าสินค้าเป็นของแท้จากแบรนด์ที่ได้รับการรับรอง พร้อมนโยบายคืนสินค้าภายใน 30 วัน และระบบประเมินร้านค้า ซึ่งล้วนเป็นกลไกที่ช่วยสร้างความเชื่อมั่นและลดความไม่สมดุลของข้อมูล (Information Asymmetry) ระหว่างผู้ขายและผู้ซื้อ ในต่างประเทศ Alibaba ได้พัฒนาระบบ Alipay และ Escrow ที่กักเงินค่าสินค้าไว้จนกว่าผู้ซื้อจะยืนยันการรับสินค้า ซึ่งเป็นกลไกทางธุรกิจที่สอดรับกับหลักการคุ้มครองผู้บริโภคและช่วยสร้าง “ทุนทางความเชื่อมั่น (Trust Capital)” ที่ยากต่อการเลียนแบบ

ตารางที่ 3 ความเชื่อมั่นของผู้บริโภค

ประเด็น	ความเสี่ยง	กฎหมาย	ผลทางธุรกิจ
ความโปร่งใส	ข้อมูลไม่ครบ	การเปิดข้อมูล	ความไว้วางใจเพิ่ม
ความปลอดภัย	การฉ้อโกง (Fraud)	กฎหมายคุ้มครองผู้บริโภค	ความภักดี
การเยียวยา	การพิพาท/การโต้แย้ง	นโนบายการคืนเงิน	ภาพลักษณ์ตราสินค้า

ที่มา: ผู้เขียน, 2569

4. การจัดเก็บภาษีดิจิทัล (Digital Taxation Challenges)

การจัดเก็บภาษีจากธุรกิจพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์เป็นประเด็นที่ซับซ้อน เนื่องจากธุรกิจสามารถดำเนินการโดยไม่ต้องมีสถานประกอบการทางกายภาพในประเทศที่ให้บริการ ส่งผลให้เกิดปัญหาในการกำหนดฐานภาษี (OECD, 2020)

การพัฒนากรอบ BEPS และการจัดเก็บ VAT e-Service เป็นตัวอย่างของการปรับตัวของภาครัฐ ขณะที่ในเชิงธุรกิจภาษีมีผลต่อโครงสร้างต้นทุนและกลยุทธ์ราคา (Hill, 2020)

ตัวอย่างเช่น Netflix และ Spotify ซึ่งเป็นผู้ให้บริการอิเล็กทรอนิกส์จากต่างประเทศ ถูกกำหนดให้ต้องจดทะเบียนและนำส่งภาษีมูลค่าเพิ่ม (VAT) ในอัตราร้อยละ 7 ต่อกรมสรรพากรไทย ภายใต้ระบบ VAT e-Service ที่มีผลบังคับใช้ตั้งแต่ พ.ศ. 2564 สะท้อนให้เห็นถึงความพยายามของภาครัฐในการขยายฐานภาษีให้ครอบคลุมธุรกิจดิจิทัลข้ามพรมแดน ในต่างประเทศ Google และ Apple ถูกตรวจสอบโดยหน่วยงานภาษีของหลายประเทศในยุโรปและเอเชีย เนื่องจากการจัดโครงสร้างบริษัทในลักษณะที่ทำให้ฐานกำไรกระจุกตัวอยู่ในเขตภาษีต่ำ (Tax Haven) ซึ่งเป็นแรงผลักดันสำคัญที่ทำให้ OECD พัฒนากรอบ BEPS เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าวในระดับโลก

ตารางที่ 4 การจัดเก็บภาษีดิจิทัล

ประเด็น	ความเสี่ยง	ผลกระทบ	แนวทางบริหาร
ฐานภาษี	ไม่มีการปรากฏตัวทางกายภาพ	รายได้รัฐลด	ปรับโครงสร้าง
อัตราภาษี	แตกต่างกัน	ต้นทุนเพิ่ม	กลยุทธ์ราคา
การปฏิบัติตามมาตรการภาษี	ซับซ้อน	ความเสี่ยงสูง	วางแผนภาษี

ที่มา: ผู้เขียน, 2569

การอภิปรายผลเชิงกลยุทธ์

จากผลการวิเคราะห์ทั้ง 4 ประเด็น ได้แก่ ความแตกต่างของกฎหมายระหว่างประเทศ การคุ้มครองข้อมูลส่วนบุคคล ความเชื่อมั่นของผู้บริโภค และการจัดเก็บภาษีดิจิทัล สามารถอภิปรายเชิงกลยุทธ์ได้ว่า “กฎหมาย” มิได้ทำหน้าที่เพียงเป็นข้อจำกัดในการดำเนินธุรกิจเท่านั้น หากแต่เป็น “ทรัพยากรเชิงกลยุทธ์ (Strategic Resource)” ที่องค์กรสามารถใช้เพื่อสร้างความได้เปรียบในการแข่งขันได้อย่างยั่งยืน (Porter, 1985)

ประการแรก ในด้านความแตกต่างของกฎหมายระหว่างประเทศ ความซับซ้อนของกฎระเบียบในแต่ละเขตอำนาจศาลสะท้อนให้เห็นถึงความจำเป็นของการพัฒนา “ความสามารถเชิงองค์กรด้านกฎหมาย (Legal Capability)” ซึ่งรวมถึงความสามารถในการตีความกฎหมาย การบริหารความเสี่ยง และการวางแผนเชิงกลยุทธ์ในระดับนานาชาติ องค์กร

ที่สามารถออกแบบโครงสร้างธุรกิจและกระบวนการดำเนินงานให้สอดคล้องกับข้อกำหนดทางกฎหมายในหลายประเทศได้อย่างมีประสิทธิภาพ จะสามารถลดต้นทุนความไม่แน่นอน (Uncertainty Cost) และเพิ่มความคล่องตัวในการขยายตลาด (Hill, 2020) นอกจากนี้ การกำหนดเงื่อนไขสัญญา เช่น การเลือกกฎหมายที่ใช้บังคับและเขตอำนาจศาล ยังถือเป็นเครื่องมือเชิงกลยุทธ์ในการบริหารความเสี่ยงทางกฎหมาย (UNCITRAL, 1996)

ประการที่สอง ในด้านการคุ้มครองข้อมูลส่วนบุคคล พบว่า กฎหมายมิได้เป็นเพียงข้อบังคับ แต่เป็นกลไกสำคัญในการสร้าง “ความไว้วางใจเชิงดิจิทัล (Digital Trust)” ซึ่งเป็นปัจจัยพื้นฐานของความสัมพันธ์ระหว่างธุรกิจกับผู้บริโภคในยุคเศรษฐกิจดิจิทัล (European Parliament and Council of the European Union, 2016) องค์กรที่สามารถพัฒนาระบบการบริหารจัดการข้อมูล (Data Governance) และการรักษาความมั่นคงปลอดภัยไซเบอร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ จะสามารถเปลี่ยนข้อกำหนดทางกฎหมายให้เป็นข้อได้เปรียบทางการแข่งขัน โดยสร้างภาพลักษณ์ของความโปร่งใสและความรับผิดชอบ ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อความภักดีของลูกค้า (Laudon & Traver, 2021)

ประการที่สาม ในด้านความเชื่อมั่นของผู้บริโภค กฎหมายคุ้มครองผู้บริโภคมีบทบาทสำคัญในการลดความไม่สมดุลของข้อมูล (Information Asymmetry) และสร้างความเป็นธรรมในตลาดออนไลน์ (OECD, 2016) จากมุมมองเชิงกลยุทธ์ องค์กรที่ปฏิบัติตามกฎหมายอย่างเคร่งครัดและสื่อสารนโยบายอย่างโปร่งใส จะสามารถเสริมสร้าง “ทุนทางความเชื่อมั่น (Trust Capital)” ซึ่งเป็นทรัพยากรที่มีคุณค่าในระยะยาว และยากต่อการเลียนแบบโดยคู่แข่ง (Kotler & Keller, 2016) ดังนั้น การลงทุนในมาตรการคุ้มครองผู้บริโภค เช่น ระบบคืนสินค้า การรับประกัน และการบริการลูกค้า จึงไม่ควรถูกมองเป็นต้นทุน แต่เป็นการลงทุนเชิงกลยุทธ์

ประการสุดท้าย ในด้านการจัดเก็บภาษีดิจิทัล พบว่า ความไม่แน่นอนของกฎเกณฑ์ภาษีในระดับนานาชาติส่งผลต่อการกำหนดโครงสร้างต้นทุนและกลยุทธ์การกำหนดราคาขององค์กร (OECD, 2020) องค์กรที่มีความสามารถในการวางแผนภาษี (Tax Planning) และการปรับโครงสร้างธุรกิจให้สอดคล้องกับกฎหมาย จะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการดำเนินงานและลดความเสี่ยงจากการถูกลงโทษทางกฎหมายได้ (Hill, 2020)

โดยสังเคราะห์แล้ว จะเห็นได้ว่าความสามารถในการบริหารความเสี่ยงทางกฎหมาย (Legal Risk Management Capability) เป็นปัจจัยสำคัญที่เชื่อมโยงทั้ง 4 ประเด็นเข้าด้วยกัน ซึ่งประเด็นที่ 1 ความแตกต่างของกฎหมายระหว่างประเทศจะก่อให้เกิดความเสี่ยงด้านความไม่แน่นอน จากการที่กฎระเบียบในแต่ละประเทศแตกต่างกัน องค์กรจึงต้องพัฒนาความสามารถในการตีความและออกแบบโครงสร้างธุรกิจให้สอดคล้องกับหลายเขตอำนาจศาลพร้อมกัน ประเด็นที่ 2 การคุ้มครองข้อมูลส่วนบุคคล ก่อให้เกิดความเสี่ยงด้านความไว้วางใจ หากองค์กรไม่สามารถบริหารจัดการข้อมูลได้ตามกฎหมาย ความน่าเชื่อถือในตลาดดิจิทัลย่อมลดลง ประเด็นที่ 3 ความเชื่อมั่นของผู้บริโภค จะเชื่อมโยงกับประเด็นที่ 2 อย่างแยกไม่ออก เพราะการปฏิบัติตามกฎหมายคุ้มครองข้อมูลและกฎหมายคุ้มครองผู้บริโภคอย่างเคร่งครัดเป็นเงื่อนไขพื้นฐานของการสร้าง “ทุนทางความเชื่อมั่น” ซึ่งหากสูญเสียไปย่อมยากต่อการฟื้นคืน และประเด็นที่ 4 การจัดเก็บภาษีดิจิทัล ก่อให้เกิดความเสี่ยงด้านต้นทุนและการลงโทษ โดยองค์กรที่ขาดความสามารถในการวางแผนภาษีอาจแบกรับต้นทุนที่สูงกว่าคู่แข่ง และเสี่ยงต่อบทลงโทษทางกฎหมายซึ่งกระทบภาพลักษณ์องค์กรในภาพรวม

กล่าวโดยสรุป ทั้ง 4 ประเด็นมีความสัมพันธ์แบบลูกโซ่ คือ การจัดการกฎหมายระหว่างประเทศที่ดีช่วยลดความไม่แน่นอน การคุ้มครองข้อมูลที่เข้มแข็งช่วยสร้างความเชื่อมั่น และการวางแผนภาษีที่ถูกต้องช่วยเสริมความยั่งยืนทางธุรกิจ องค์กรที่มีความสามารถในการบริหารความเสี่ยงทางกฎหมายจึงสามารถบริหารทั้ง 4 ประเด็นได้พร้อมกันอย่างเป็นระบบแทนที่จะแก้ปัญหาแบบแยกส่วน

ดังนั้น ธุรกิจพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ในยุคโลกาภิวัตน์ กฎหมายควรถูกบูรณาการเข้าเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการวางแผนเชิงกลยุทธ์ (Strategic Planning) มากกว่าการถูกพิจารณาในฐานะข้อจำกัดเชิงปฏิบัติการ โดยองค์กรควรพัฒนากลไกภายใน เช่น หน่วยงานด้านกฎหมายเชิงกลยุทธ์ (Strategic Legal Function) และระบบการบริหารความเสี่ยงแบบบูรณาการ เพื่อให้สามารถตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมทางกฎหมายได้อย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืน

บทสรุป

ธุรกิจพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ (E-commerce) ในยุคโลกาภิวัตน์ต้องเผชิญกับความท้าทายทางกฎหมายที่มีความซับซ้อนและเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว อันเป็นผลมาจากการพัฒนาเทคโนโลยีดิจิทัลและการขยายตัวของธุรกรรมข้ามพรมแดน ซึ่งส่งผลให้กรอบกฎหมายต้องปรับตัวอย่างต่อเนื่องเพื่อให้สอดคล้องกับบริบทของเศรษฐกิจดิจิทัล จากการศึกษาพบว่าความท้าทายหลักสามารถจำแนกได้เป็น 4 ประเด็นสำคัญ ได้แก่ ความแตกต่างของกฎหมายระหว่างประเทศ การคุ้มครองข้อมูลส่วนบุคคล ความเชื่อมั่นของผู้บริโภค และการจัดเก็บภาษีดิจิทัล ซึ่งล้วนมีผลกระทบโดยตรงต่อการดำเนินธุรกิจและการกำหนดกลยุทธ์ขององค์กร

ในการบริหารธุรกิจ กฎหมายมิได้เป็นเพียงข้อจำกัดที่องค์กรต้องปฏิบัติตามเท่านั้น หากแต่เป็น “ปัจจัยเชิงกลยุทธ์” ที่สามารถนำมาใช้สร้างความได้เปรียบในการแข่งขันได้ องค์กรที่สามารถบูรณาการความรู้ด้านกฎหมายเข้ากับกระบวนการบริหารจัดการได้อย่างมีประสิทธิภาพ จะสามารถลดความไม่แน่นอนในการดำเนินธุรกิจ เพิ่มความสามารถในการปรับตัวต่อสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลง และสร้างความเชื่อมั่นให้กับผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย โดยเฉพาะผู้บริโภคในตลาดออนไลน์ที่ให้ความสำคัญกับความโปร่งใสและความปลอดภัยของข้อมูล

นอกจากนี้ การบริหารความเสี่ยงทางกฎหมาย (Legal Risk Management) ควรถูกพัฒนาให้เป็นระบบที่มีความเชื่อมโยงกับการวางแผนเชิงกลยุทธ์ขององค์กร ไม่ว่าจะเป็นในด้านการกำหนดนโยบาย การออกแบบโครงสร้างองค์กร หรือการตัดสินใจลงทุนในเทคโนโลยีและนวัตกรรม ทั้งนี้ องค์กรควรให้ความสำคัญกับการพัฒนาศักยภาพบุคลากรด้านกฎหมายและการจัดตั้งกลไกภายในที่สามารถติดตามและประเมินความเสี่ยงทางกฎหมายได้อย่างต่อเนื่อง

ในระดับนโยบาย ภาครัฐและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรมีบทบาทในการพัฒนากรอบกฎหมายที่มีความยืดหยุ่นและสอดคล้องกับบริบทสากล รวมถึงส่งเสริมความร่วมมือระหว่างประเทศเพื่อแก้ไขปัญหาความไม่สอดคล้องของกฎหมายในระดับข้ามพรมแดน ซึ่งจะช่วยลดอุปสรรคในการดำเนินธุรกิจและส่งเสริมการเติบโตของเศรษฐกิจดิจิทัลในระยะยาว

โดยสรุป ความสำเร็จของธุรกิจพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ในยุคโลกาภิวัตน์มิได้ขึ้นอยู่เพียงกับความสามารถด้านเทคโนโลยีหรือการตลาดเท่านั้น แต่ยังขึ้นอยู่กับความสามารถในการบริหารจัดการความเสี่ยงทางกฎหมายและการใช้กฎหมายเป็นเครื่องมือเชิงกลยุทธ์ องค์กรที่สามารถปรับตัวและพัฒนาแนวทางการดำเนินธุรกิจให้สอดคล้องกับกฎหมายที่เปลี่ยนแปลงอยู่เสมอ จะสามารถสร้างความยั่งยืนและความได้เปรียบในการแข่งขันในระยะยาวได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย

จากผลการศึกษาความท้าทายทางกฎหมายของธุรกิจ E-commerce ในยุคโลกาภิวัตน์ สามารถเสนอแนะแนวทางเชิงนโยบายเพื่อสนับสนุนการพัฒนาธุรกิจและลดอุปสรรคทางกฎหมายได้ดังนี้

1. การพัฒนากรอบกฎหมายให้สอดคล้องกับเศรษฐกิจดิจิทัล

ภาครัฐควรปรับปรุงกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับธุรกิจ E-commerce ให้มีความทันสมัย ยืดหยุ่น และสอดคล้องกับรูปแบบธุรกิจดิจิทัลที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะในประเด็นการทำธุรกรรมอิเล็กทรอนิกส์ การคุ้มครองข้อมูลส่วนบุคคล และการกำกับดูแลแพลตฟอร์มดิจิทัล ทั้งนี้ ควรลดความซ้ำซ้อนของกฎหมายและเพิ่มความชัดเจนในการบังคับใช้เพื่อเอื้อต่อการดำเนินธุรกิจของผู้ประกอบการ (OECD, 2020)

2. การส่งเสริมความสอดคล้องของกฎหมายระหว่างประเทศ

เนื่องจากธุรกิจ E-commerce มีลักษณะข้ามพรมแดน ภาครัฐควรส่งเสริมความร่วมมือระหว่างประเทศในการกำหนดมาตรฐานทางกฎหมายร่วมกัน เช่น มาตรฐานด้านข้อมูลส่วนบุคคลและการจัดเก็บภาษีดิจิทัล เพื่อแก้ไขปัญหาความไม่สอดคล้องของกฎหมายและลดความซับซ้อนในการปฏิบัติตามข้อกำหนด (UNCITRAL, 1996)

3. การพัฒนาระบบกำกับดูแลข้อมูลส่วนบุคคลและความมั่นคงปลอดภัยไซเบอร์

หน่วยงานภาครัฐควรสนับสนุนการพัฒนามาตรฐานด้าน Data Governance และ Cybersecurity รวมถึงการให้คำแนะนำแก่ผู้ประกอบการ โดยเฉพาะธุรกิจ SMEs เพื่อให้สามารถปฏิบัติตามกฎหมายคุ้มครองข้อมูลส่วนบุคคลได้อย่างมีประสิทธิภาพ และลดความเสี่ยงจากการละเมิดข้อมูล (European Parliament and Council of the European Union, 2016)

4. การเสริมสร้างความเชื่อมั่นของผู้บริโภคในตลาดออนไลน์

ควรมีการพัฒนากลไกคุ้มครองผู้บริโภคที่มีประสิทธิภาพ เช่น ระบบร้องเรียนออนไลน์ที่เข้าถึงง่าย การกำหนดมาตรฐานการเปิดเผยข้อมูลสินค้า และการส่งเสริมเครื่องหมายรับรองความน่าเชื่อถือของผู้ประกอบการ (Trust Mark) เพื่อเพิ่มความมั่นใจในการซื้อขายสินค้าออนไลน์ (OECD, 2016)

5. การพัฒนานโยบายภาษีดิจิทัลที่เป็นธรรมและมีประสิทธิภาพ

ภาครัฐควรกำหนดนโยบายภาษีที่เหมาะสมกับลักษณะของธุรกิจดิจิทัล โดยคำนึงถึงความเป็นธรรมระหว่างผู้ประกอบการในประเทศและต่างประเทศ รวมถึงลดภาระด้านการปฏิบัติตามกฎหมาย (Compliance Burden) เพื่อไม่ให้เป็นอุปสรรคต่อการเติบโตของธุรกิจ (OECD, 2020)

6. การส่งเสริมองค์ความรู้ด้านกฎหมายธุรกิจดิจิทัล

ควรมีการพัฒนาโครงการอบรมและให้ความรู้แก่ผู้ประกอบการเกี่ยวกับกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับธุรกิจ E-commerce เช่น กฎหมายข้อมูลส่วนบุคคล กฎหมายภาษี และกฎหมายผู้บริโภค เพื่อเสริมสร้างศักยภาพในการบริหารความเสี่ยงทางกฎหมาย และส่งเสริมการดำเนินธุรกิจอย่างยั่งยืน

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยในอนาคต

จากผลการศึกษาความท้าทายทางกฎหมายของธุรกิจ E-commerce ในยุคโลกาภิวัตน์ พบว่ายังมีประเด็นที่สามารถพัฒนาเป็นงานวิจัยในอนาคตได้ในหลายมิติ ดังนี้

1. การศึกษาวิจัยเชิงประจักษ์

บทความนี้ใช้วิธีการวิเคราะห์เอกสารเป็นหลัก ดังนั้น งานวิจัยในอนาคตควรพัฒนาเป็นการศึกษาเชิงประจักษ์ เช่น การเก็บข้อมูลจากผู้ประกอบการ E-commerce หรือผู้บริโภค เพื่อวิเคราะห์ผลกระทบของกฎหมายต่อการดำเนินธุรกิจและพฤติกรรมผู้บริโภคอย่างเป็นรูปธรรม ซึ่งจะช่วยเพิ่มความน่าเชื่อถือและความลึกของข้อค้นพบ

2. การพัฒนาแบบจำลองการบริหารความเสี่ยงทางกฎหมาย

ควรมีการพัฒนาแบบจำลองหรือกรอบแนวคิดเชิงบูรณาการที่เชื่อมโยงระหว่างกฎหมายกับการบริหารธุรกิจ เช่น การสร้างโมเดลที่อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างการปฏิบัติตามกฎหมาย (compliance) ความเชื่อมั่นของผู้บริโภค และผลการดำเนินงานขององค์กร เพื่อใช้เป็นแนวทางสำหรับผู้ประกอบการ

3. การศึกษาเชิงเปรียบเทียบระหว่างประเทศ

เนื่องจากความแตกต่างของกฎหมายเป็นประเด็นสำคัญ งานวิจัยในอนาคตควรศึกษาการเปรียบเทียบกฎหมายของประเทศต่าง ๆ เช่น ประเทศในอาเซียน สหภาพยุโรป และสหรัฐอเมริกา เพื่อวิเคราะห์จุดแข็ง จุดอ่อน และแนวทางในการพัฒนากฎหมายให้สอดคล้องกับมาตรฐานสากล

4. การศึกษาเชิงอุตสาหกรรม

ธุรกิจ E-commerce มีความหลากหลายตามอุตสาหกรรม เช่น แฟชั่น อาหาร สุขภาพ และบริการดิจิทัล ซึ่งแต่ละอุตสาหกรรมอาจเผชิญความท้าทายทางกฎหมายที่แตกต่างกัน ดังนั้น การวิจัยในอนาคตควรมุ่งเน้นการศึกษาเชิงลึกในอุตสาหกรรมเฉพาะ เพื่อให้ได้ข้อเสนอแนะที่ตรงกับบริบทจริง

5. ผลกระทบของเทคโนโลยีใหม่ต่อกฎหมายธุรกิจ

การพัฒนาเทคโนโลยี เช่น ปัญญาประดิษฐ์ (AI), บล็อกเชน (Blockchain) และฟินเทค (FinTech) กำลังเปลี่ยนแปลงรูปแบบของธุรกิจ E-commerce อย่างรวดเร็ว งานวิจัยในอนาคตควรศึกษาผลกระทบของเทคโนโลยีเหล่านี้ต่อกฎหมาย และแนวทางในการกำกับดูแลที่เหมาะสม

6. การเชื่อมโยงกฎหมายกับผลการดำเนินงานขององค์กร

ควรมีการศึกษาว่าการปฏิบัติตามกฎหมายและการบริหารความเสี่ยงทางกฎหมายส่งผลต่อผลการดำเนินงานขององค์กร เช่น รายได้ ความสามารถในการแข่งขัน หรือความพึงพอใจของลูกค้าอย่างไร เพื่อยืนยันบทบาทของกฎหมายในฐานะ “ปัจจัยเชิงกลยุทธ์”

เอกสารอ้างอิง

สำนักงานคณะกรรมการคุ้มครองข้อมูลส่วนบุคคล. (2562). พระราชบัญญัติคุ้มครองข้อมูลส่วนบุคคล พ.ศ. 2562.

สำนักงานคณะกรรมการคุ้มครองผู้บริโภค. (2569). พระราชบัญญัติคุ้มครองผู้บริโภค พ.ศ. 2522.

สำนักงานพัฒนาธุรกรรมทางอิเล็กทรอนิกส์. (2562). พระราชบัญญัติว่าด้วยธุรกรรมทางอิเล็กทรอนิกส์ พ.ศ. 2544 (และที่แก้ไขเพิ่มเติม).

European Parliament and Council of the European Union. (2016). Regulation (EU) 2016/679 of the European Parliament and of the Council of 27 April 2016 on the Protection of Natural Persons With Regard to the Processing of Personal data and on the Free Movement of Such Data (General Data Protection Regulation). https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2016/679/oj.

Hill, C. W. L. (2020). International business: Competing in the global marketplace (12th ed.). McGraw-Hill Education.

Kotler, P., & Keller, K. L. (2016). Marketing Management (15th ed.). Pearson Education.

Laudon, K. C., & Traver, C. G. (2021). E-commerce 2021: Business, technology, society (16th ed.). Pearson.

Organisation for Economic Co-operation and Development. (2016). Consumer protection in e-commerce: OECD recommendation. OECD Publishing. https://www.oecd.org/sti/consumer/ECommerce-Recommendation-2016.pdf.

Organisation for Economic Co-operation and Development. (2019). Unpacking E-commerce: Business models, trends and policies. OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/23561431-en.

Organisation for Economic Co-operation and Development. (2020). Tax challenges arising from digitalisation of the economy-Report on pillar one blueprint. OECD Publishing. https://www.oecd.org/tax/beps/tax-challenges-arising-from-digitalisation-report-on-pillar-one-blueprint.pdf.

Porter, M. E. (1985). Competitive advantage: Creating and sustaining superior performance. Free Press.

United Nations Commission on International Trade Law. (1996). UNCITRAL model law on electronic commerce. United Nations. https://uncitral.un.org/en/texts/ecommerce/modellaw/electronic_commerce.

การตัดสินใจซื้อหูฟังผ่านแพลตฟอร์ม Shopee ของนักศึกษาคณะเทคโนโลยีการจัดการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์

Purchasing decisions for headphones on Shopee platform by Students from the Faculty of Management Technology, Rajamangala University of Technology Isan, Surin Campus

ลักษมี นิลแก้ว[1] โชติกา ฉิมงามเสริฐ[1*] ธาริกา รัตนโสภานิช[1] สุภารดี สวนโสกเชือก[1] นภาพร วงษ์วิชิต[1] รุ่งทิพย์ เกษตรสิงห์[1] นนิตา สมบุตร[1] และวิรัลพัชร มงคลอำนวย[1]

Laksami Ninkaeo[1], Chotika Chimngamsert[1*], Tarika Rattansopanich[1] Suparadee Saunsokchaug[1], Napaporn Wongvisit [1], Rungtip Kasetsing[1], Nanita Sombut[1], and Wiranpat Mongkolamnuay[1]

[1]คณะเทคโนโลยีการจัดการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์ จังหวัดสุรินทร์

[1]Faculty of Management Technology. Rajamangala University of Technology Isan, Surin Campus. Surin

[*]Corresponding Author E-mail Address : Chotika.ch@rmuti.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากระบวนการตัดสินใจซื้อของนักศึกษาคณะเทคโนโลยีการจัดการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์ การวิจัยครั้งนี้ได้กำหนดประชากรคือนักศึกษาประจำภาคการศึกษา 1/2568 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบสอบถามออนไลน์ การสุ่มตัวอย่างอย่างง่าย สถิติที่ใชวิเคราะหขอมูล คือ สถิติเชิงพรรณนา ได้แก ค่าความถี่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติเชิงอนุมานวิเคราะหดวยการทดสอบ Chi-square

ผลการศึกษาพบว่าผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง อายุ 21-23 ปีกำลังศึกษาอยู่ปีที่ 4 พฤติกรรมส่วนใหญ่ของผู้ตอบแบบสอบถามซื้อหูฟังแบบไร้สาย มักซื้อหูฟังเมื่อของเดิมชำรุด เหตุผลหลักซื้อเพราะใช้งานสะดวก ตัดสินใจซื้อด้วยเอง วิธีชำระค่าสินค้าในรูปแบบเก็บเงินปลายทาง ส่วนกระบวนการตัดสินใจการตัดสินใจเลือกซื้อหูฟังทั้ง 5 ด้าน พบว่า ค่าเฉลี่ยโดยรวมอยู่ในระดับมาก โดยผลการทดสอบสมมุติฐานปัจจัยประชากรศาสตร์มีความสัมพันธ์บางส่วนกับกระบวนการตัดสินใจซื้อต่อการซื้อหูฟังผ่านแพลตฟอร์ม Shopee ได้แก่ สาขาวิชาและระดับหลักสูตรที่กำลังศึกษาอยู่ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 0.05

คำสำคัญ: กระบวนการตัดสินใจซื้อ , พฤติกรรมผู้บริโภค , หูฟัง, แพลตฟอร์ม shopee

Abstract

This research aims to study the purchasing decision process of students in the Faculty of Management Technology, Rajamangala University of Technology Isan, Surin Campus. This research defined the population as students enrolled in the 1/2025 semester. The research instrument used was an online questionnaire. Simple random sampling was employed. Descriptive statistics, including frequency, percentage, mean, and standard deviation, were used to analyze the data. Inferential statistics, analyzed using the Chi-square test, were also used.

The study found that the majority of respondents were female, aged 21-23 years old, and currently in their 4th year of study. The majority of respondents purchased wireless headphones when their old ones were broken. The main reason for purchase was convenience. The purchase decision was made independently. The payment method was cash on delivery. The decision-making process for choosing headphones involves five aspects, the overall level was found to be high. The hypothesis testing results showed that demographic factors, specifically field of study and level of course at study, were partially related to the purchasing decision process for buying headphones on the Shopee platform, with statistical significance at the 0.05 level.

Keywords: Purchasing decisions process, Consumer behavior, Headphones, Shopee platform

บทนำ

ในปัจจุบันตลาดหูฟังมีแนวโน้มเติบโตอย่างต่อเนื่องจากกระแสความนิยมของสมาร์ทโฟนที่เพิ่มสูงขึ้น ประกอบกับพฤติกรรมในการใช้หูฟังของผู้บริโภคที่เปลี่ยนแปลงไป มิได้มีหูฟังเพื่อความบันเทิง หากแต่ใช้ในการสนทนาพูดคุยทั้งการทำงาน การประชุมหรือแม้แต่กับบุคคลในครอบครัว โดยเฉพาะกลุ่มวัยเรียนที่นิยมหูฟังนำมาใช้เพื่อการเรียนออนไลน์มากขึ้นในช่วงการแพร่ระบาดโควิท 19 ที่ต้องปรับรูปแบบการเรียนในแบบออนไลน์เพื่อป้องกันการระบาดของโรคดังกล่าว อีกทั้งการมีหูฟังเพื่อช่วยสร้างความบันเทิงผ่อนคลายจากการเรียนออนไลน์ได้มาก กอรปกับดีไซน์และเทคโนโลยีที่ทันสมัยทำให้หูฟังมีภาพลักษณ์กลายเป็นเครื่องประดับร่างกายอย่างหนึ่งที่สะท้อนผู้สวมใส่ว่าเป็นบุคคลที่ทันสมัยอีกด้วย จึงเป็นที่นิยมอย่างมากในกลุ่มวัยรุ่น ทั้งในแบบครอบหูไร้สายหรือหูฟังไร้สาย เป็นต้น ทำให้บริษัทที่ผลิตและจัดจำหน่ายหูทั้งมีแนวโน้มเติบโตอย่างต่อเนื่องจากกระแสความต้องการในตลาดและจากลูกค้าฐานตลาดเดิมในกลุ่มนักร้อง นักดนตรี นักแต่งเพลง เป็นต้น นอกจากกระแสเทคโนโลยีที่เติบโตขึ้นนี้กระแสรักสุขภาพที่ผู้คนหันมานิยมออกกำลังกายกันมากขึ้น โดยเฉพาะการปั่นจักรยานและการวิ่งมาราธอน ทำให้กลุ่มนักกีฬาหรือผู้ออกกำลังกายมีความต้องการฟังเพลงควบคู่ไปกับการออกกำลังกาย ด้วยปัจจัยเหล่านี้ทำให้ตลาดหูฟังมีความน่าสนใจเพราะยังมีโอกาสเติบโตได้อีกมาก (อนันต์ แซ่ตันและอภิมุข คงแสง, 2566)

แพลตฟอร์มอีคอมเมิร์ซในประเทศไทยที่ได้รับการตอบรับและนิยมของชาวไทยมีหลายแพลตฟอร์ม ซึ่งมีแพลตฟอร์มตลาดออนไลน์ค่ายยักษ์ใหญ่ที่เปิดศึกแย่งชิงฐานตลาดลูกค้าในประเทศไทย ที่เปิดสงครามร้อนแรงด้วยแคมเปญพิเศษประจำทุกเดือน 11:11 12:12 ศึกแย่งชิงพื้นที่อีคอมเมิสระหว่าง Shopee และLazada ด้วยโปรแกรมการส่งเสริมการตลาดและการ

ส่งเสริมการขาย ได้แก่ โปรส่วนลดสินค้า โปรส่งฟรี ผ่อนชำระ เป็นต้น เหตุที่มีการแข่งขันกันอย่างรุนแรงเพราะทั้งสองค่ายอีคอมเมิสยักษ์ใหญ่ไม่ใช่เพียงแค่แย่งยอดขายแต่เป็นศึกการแย่งชิงข้อมูลลูกค้า เพื่อการวางแผนการตลาดต่อไปในอนาคตที่ตรงกับพฤติกรรมและความต้องการของลูกค้า (ทีมข่าวคอรโปเรทและการตลาดกรุงเทพธุรกิจ,2023) Shopee เป็นแพลตฟอร์มอีคอมเมิร์ซที่จำหน่ายสินค้าออนไลน์ในรูปแบบ Shopping Mall หรือ Marketplace อย่างเต็มรูปแบบ เป็นศูนย์รวมร้านค้ารายย่อยที่จำหน่ายสินค้าทุกชนิดที่ตรงตามความต้องการของผู้บริโภคในตลาดอุปโภคบริโภค (Consumer Market) โดยแพลตฟอร์ม Shopee ครองส่วนแบ่งตลาดในอาเซียนสูงสุดใน 6 ตลาดของภูมิภาค ได้แก่ ไทย สิงคโปร์ มาเลเซีย เวียดนาม ฟิลิปปินส์ และอินโดนีเซีย ด้วยสอดคล้องกับพฤติกรรมผู้บริโภคที่นิยมชมและซื้อสินค้าในรูปแบบ Mobile Commerce ด้วยทำให้ผู้บริโภคสามารถซื้อขายสินค้าและบริการผ่านระบบออนไลน์ได้สะดวกและรวดเร็วยิ่งขึ้น (Brandinside, 2024)

จากข้อมูลดังกล่าว การเติบโตของเทคโนโลยีสมาร์ทโฟนในกลุ่มวัยรุ่นที่มีความต้องการ“หูฟัง” มากขึ้น ทั้งเพื่อการเรียนออนไลน์ ความบันเทิง การทำงาน และการสื่อสารในชีวิตประจำวัน ทำให้ผู้วิจัยมีความต้องการศึกษาพฤติกรรมการบริโภคและกระบวนการตัดสินใจซื้อของนักศึกษาคณะเทคโนโลยีการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์ เพื่อเป็นแนวทางให้ผู้ประกอบการจำหน่ายอุปกรณ์หูฟังในจังหวัดสุรินทร์ได้วางแผนการจำหน่ายหูฟังบนแพลตฟอร์มออนไลน์ได้ต่อไป

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาปัจจัยประชากรศาสตร์ของนักศึกษาคณะเทคโนโลยีการจัดการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์ในการซื้อหูฟังผ่านแพลตฟอร์ม Shopee
2. เพื่อศึกษาพฤติกรรมผู้บริโภคของนักศึกษาคณะเทคโนโลยีการจัดการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์ในการซื้อหูฟังผ่านแพลตฟอร์ม Shopee
3. เพื่อศึกษากระบวนการตัดสินใจซื้อของนักศึกษาคณะเทคโนโลยีการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์ในการซื้อหูฟังผ่านแพลตฟอร์ม Shopee
4. เพื่อศึกษาประชากรศาสตร์ที่มีความสัมพันธ์กับกระบวนการตัดสินใจซื้อของนักศึกษาคณะเทคโนโลยีการจัดการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์ในการซื้อหูฟังผ่านแพลตฟอร์ม Shopee

ระเบียบวิธีวิจัย

วิธีดำเนินการวิจัยเรื่อง การตัดสินใจซื้อหูฟังผ่านแพลตฟอร์มShopeeของนักศึกษาคณะเทคโนโลยีการจัดการมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสานวิทยาเขตสุรินทร์
มีขั้นตอนดังนี้

1.1 การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องเป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลทุติยภูมิส่วนข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับพฤติกรรมการบริโภคและกระบวนการตัดสินใจซื้อ

1.2 การพัฒนาเครื่องมือในการรวบรวมข้อมูล แบบสอบถาม ได้ผ่านการตรวจคุณภาพเครื่องมือจากผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน และทดสอบค่าFactor loading และCronbach Alpha โดยพบว่าซึ่งได้ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์ (Index of Item Objective:IOC) ทั้ง 32 ข้อคำถาม ผลรวมการทดสอบ IOC คือ 1.00 สูงกว่า 0.5 แสดงว่าข้อ

คำถามตรงตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย ซึ่ง ผู้วิจัยสามารถนำไปทดสอบผลค่าความเที่ยงตรงและค่าความเชื่อมั่นต่อไป โดยพิจารณาค่า Factor Loading ได้ค่าระหว่าง 0.534 - 0.87 ซึ่งพบว่าเกินเกณฑ์ 0.3ทุกข้อและผลค่าความเชื่อมั่น โดยพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์อัลฟ่า (Cronbach's Alpha) ได้ค่าระหว่าง 0.781 - 0.895 ซึ่งพบว่าเกินเกณฑ์ 0.7 ตามที่ Nunnally, (1978) ทุกข้อคำถามสามารถนำไปใช้รวบรวมข้อมูลได้

1.3 การเก็บรวบรวมข้อมูลจากแบบสอบถามผู้บริโภคกลุ่ม นักศึกษาคณะเทคโนโลยีการจัดการ ภาคการศึกษา 2568 จำนวน 1,412 คน กำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่าง โดยวิธีเปิดตารางTaro Yamane ที่ระดับความคลาดเคลื่อน 5% จึงได้ขนาดกลุ่มตัวอย่างที่ 316 คน วิธีเก็บรวบรวมข้อมูลโดยการสุ่มตัวอย่างอย่างง่าย (Simple Random Sampling) ใช้วิธีจับฉลากกระจายทุกสาขา ทุกชั้นปี ด้วยแบบสอบถามออนไลน์ในรูปแบบสแกนผ่านQR code แต่ด้วยพื้นที่เก็บข้อมูลเป็นศูนย์อพยพจากเหตุปะทะชายแดนไทย-กัมพูชา ทำให้การเรียนการสอนมีการปรับเป็นรูปแบบ Hybrid ทำให้ผู้วิจัยและคณะได้ปรับรูปแบบการเก็บข้อมูลเป็นการติดQR code แบบสอบถามออนไลน์ที่กระจายติดประชาสัมพันธ์ภายในคณะและบริเวณใกล้เคียง พร้อมกระจายส่งเข้าไปในไลน์กลุ่มแต่ละชั้นปี ซึ่งจากเหตุการณ์ดังกล่าวทำให้มีผู้ตอบแบบสอบถามเพียง 189 ราย

1.4 การวิเคราะห์ข้อมูลแบบสอบถามด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS pc windows

1.5 สรุปและอภิปรายผลของงานวิจัย

1.6 การทำรายงานผลการวิจัย

ผลการวิจัย

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

จากผลการวิเคราะห์กลุ่มตัวอย่างในการศึกษาครั้งนี้มีผู้ตอบแบบสอบถาม จำนวน 189 ราย ด้วยหน่วยวิจัยส่วนใหญ่เป็นชาวสุรินทร์ที่ได้รับผลกระทบชายแดนไทย-กัมพูชา ทำให้การเข้าถึงผู้ตอบแบบสอบถามไม่ตรงตามขนาดวิจัยที่กำหนดไว้

ผลการสำรวจพบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามจำนวน 189 คน ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง จำนวน 151 คน คิดเป็นร้อยละ 79.90 และเป็นเพศชาย จำนวน 38 คน คิดเป็นร้อยละ 20.10 ตามลำดับ ส่วนใหญ่มีอายุ 21-23 ปี จำนวน 155 คน คิดเป็นร้อยละ 82.00 รองลงมาอายุมากกว่า 23 ปีขึ้นไป จำนวน 24 คน คิดเป็นร้อยละ 12.70 และอายุ 18-20 ปี จำนวน 10 คน คิดเป็นร้อยละ 5.30 ตามลำดับ ระดับชั้นปีที่กำลังศึกษาส่วนใหญ่ชั้นปีที่ 4 จำนวน 95 คน คิดเป็นร้อยละ 50.30 รองลงมาชั้นปีที่ 3 จำนวน 59 คน คิดเป็นร้อยละ 31.20 ปีที่ 2 จำนวน 24 คน คิดเป็นร้อยละ 12.70 และปีที่ 1 จำนวน 11 คน คิดเป็นร้อยละ 5.80 ตามลำดับ หลักสูตรที่เรียนส่วนใหญ่เรียนในหลักสูตรปริญญาตรี4ปี จำนวน 125 คน คิดเป็นร้อยละ 66.10 รองลงมาปริญญาตรีเทียบโอน จำนวน 46 คน คิดเป็นร้อยละ 24.30 ปวส. จำนวน 18 คน คิดเป็นร้อยละ 9.52 ตามลำดับ ส่วนใหญ่เป็นนักศึกษาในสาขาวิชาการตลาด จำนวน 49 คน คิดเป็นร้อยละ 25.90 รองลงมาสาขาวิชาการจัดการ จำนวน 38 คน คิดเป็นร้อยละ 20.10 สาขาวิชาการบัญชี จำนวน 33 คน คิดเป็นร้อยละ 17.50 สาขาการท่องเที่ยวและการโรงแรม จำนวน 24 คิดเป็นร้อยละ 12.70 สาขาเทคโนโลยีสาระสนเทศ จำนวน 24 คน คิดเป็นร้อยละ 12.70 และภาษาศาสตร์ จำนวน 21 คิดเป็นร้อยละ 11.10 ตามลำดับ

ส่วนที่ 2 ศึกษาพฤติกรรมผู้บริโภคของนักศึกษาคณะเทคโนโลยีการจัดการมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์ในการซื้อหูฟังผ่านแพลตฟอร์ม Shopee

จากผลการวิเคราะห์กลุ่มตัวอย่างในการศึกษาครั้งนี้มีจำนวน 189 คน ซึ่งรายละเอียดในส่วนข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม ได้แก่ 1.ประเภทหูฟังที่ลูกค้าเคยซื้อผ่านแพลตฟอร์มShopee 2.จำแนกเหตุผลหลักที่ลูกค้าซื้อหูฟังผ่านแพลตฟอร์มShopee 3.จำแนกลูกค้าเลือกซื้อหูฟังจากช่องทางใดของแพลตฟอร์มShopee 4.ช่วงเวลาในการเข้าชมบ่อยที่สุด 5.ผู้มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจซื้อหูฟังตัดสินใจซื้อหูฟังผ่านแพลตฟอร์มShopee 6.การพิจารณาถึงรูปแบบการชำระค่าสินค้า โดยแสดงดังตารางดังนี้

ตารางที่ 1 แสดงจำนวน และร้อยละของผู้ตอบแบบสอบถาม จำแนกตามประเภทหูฟังที่ลูกค้าเคยซื้อผ่านแพลตฟอร์ม Shopee

ประเภทหูฟังที่ลูกค้าเคยซื้อผ่านแพลตฟอร์ม Shopee	ค่าสถิติ	
	จำนวน	ร้อยละ
ซื้อหูฟังไร้สาย	118	62.50
หูฟังแบบมีสาย	53	28.00
หูฟังเกมมิ่ง	17	9.00
อื่นๆ	1	0.50
รวม	**400**	**100**

จากตารางที่ 1 แสดงจำนวน และร้อยละของผู้ตอบแบบสอบถาม จำแนกตามประเภทหูฟังที่ลูกค้าเคยซื้อผ่านแพลตฟอร์ม Shopee พบว่า ส่วนใหญ่ซื้อหูฟังไร้สาย จำนวน 118 คน คิดเป็นร้อยละ 62.40 รองลงมาหูฟังแบบมีสาย จำนวน 53 คน คิดเป็นร้อยละ 28.00 หูฟังเกมมิ่ง จำนวน 17 คน คิดเป็นร้อยละ 9.00 และอื่นๆ จำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 0.50 ตามลำดับ

ตารางที่ 2 แสดงจำนวน และร้อยละของผู้ตอบแบบสอบถาม จำแนกตามเหตุผลหลักที่ลูกค้าซื้อหูฟังผ่านแพลตฟอร์ม Shopee

เหตุผลหลักที่ลูกค้าซื้อหูฟังผ่านแพลตฟอร์ม Shopee	ค่าสถิติ	
	จำนวน	ร้อยละ
ใช้งานสะดวก	126	66.70
รีวิวจากผู้ใช้จริง	22	11.60
โค้ดส่วนลด /โปรโมชั่น	22	11.60
ราคาถูก	14	7.10
อื่นๆ	5	2.60
รวม	**400**	**100**

จากตารางที่ 2 แสดงจำนวน และร้อยละของผู้ตอบแบบสอบถาม จำแนกตามเหตุผลหลักที่ลูกค้าซื้อหูฟังผ่านแพลตฟอร์ม Shopee พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เหตุผลหลักใช้งานสะดวก จำนวน 126 คน คิดเป็นร้อยละ 66.70

รองลงมามีรีวิวจากผู้ใช้จริง จำนวน 22 คน คิดเป็นร้อยละ 11.60 มีโค้ดส่วนลด /โปรโมชั่น จำนวน 22 คน คิดเป็นร้อยละ 11.60 มีราคาถูก จำนวน 14 คน คิดเป็นร้อยละ 7.10และอื่นๆ จำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 2.60 ตามลำดับ

ตารางที่ 3 แสดงจำนวน และร้อยละของผู้ตอบแบบสอบถาม จำแนกตามช่องทางการเลือกซื้อหูฟังผ่านแพลตฟอร์ม Shopee

ช่องทางการเลือกซื้อหูฟังผ่านแพลตฟอร์ม Shopee	ค่าสถิติ	
	จำนวน	ร้อยละ
ผ่านแอป Shopee บนมือถือ	122	64.60
เว็บไซต์ Shopee บนคอมพิวเตอร์	6	3.20
อื่นๆ	51	28.60
รวม	**400**	**100**

จากตารางที่ 3 แสดงจำนวน และร้อยละของผู้ตอบแบบสอบถาม จำแนกตามช่องทางการเลือกซื้อหูฟังผ่านแพลตฟอร์ม Shopee พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เลือกซื้อผ่านแอป Shopee บนมือถือ จำนวน 122 คน คิดเป็นร้อยละ 64.60 รองลงมาอื่นๆ จำนวน 51 คน คิดเป็นร้อยละ 28.60 และเว็บไซต์ Shopee บนคอมพิวเตอร์ จำนวน 6 คน คิดเป็นร้อยละ 3.20 ตามลำดับ

ตารางที่ 4 แสดงจำนวน และร้อยละของผู้ตอบแบบสอบถาม จำแนกตามช่วงเวลาในการเข้าชมบ่อยที่สุด

ช่วงเวลาในการเข้าชมบ่อยที่สุด	ค่าสถิติ	
	จำนวน	ร้อยละ
เมื่อของเดิมชำรุด	102	54.00
เมื่อต้องการซื้อสินค้าใหม่	43	22.80
เมื่อมีโปรโมชั่นพิเศษ	29	15.30
เมื่อมีส่วนลดจัดส่งฟรี	11	5.80
อื่นๆ	4	2.10
รวม	**400**	**100**

จากตารางที่ 4 แสดงจำนวน และร้อยละของผู้ตอบแบบสอบถาม จำแนกตามช่วงเวลาในการเข้าชมบ่อยที่สุด พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่มักหูฟังเมื่อของเดิมชำรุด จำนวน 102 คน คิดเป็นร้อยละ 54.00 รองลงมาเมื่อต้องการซื้อสินค้าใหม่ จำนวน 43 คน คิดเป็นร้อยละ 22.80 เมื่อมีโปรโมชั่นพิเศษ (เช่น 9.9, 11.11) จำนวน 29 คน คิดเป็นร้อยละ 15.30 เมื่อมีส่วนลดจัดส่งฟรี จำนวน 11 คน คิดเป็นร้อยละ 5.80 และอื่นๆ จำนวน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 2.10 ตามลำดับ

ตารางที่ 5 แสดงจำนวน และร้อยละของผู้ตอบแบบสอบถาม จำแนกตามผู้มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจซื้อหูฟังผ่านแพลตฟอร์ม Shopee

ผู้มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจซื้อหูฟังผ่านแพลตฟอร์ม Shopee	ค่าสถิติ	
	จำนวน	ร้อยละ
ตนเอง	156	82.50
รีวิวจากลูกค้า	15	8.00
คนในครอบครัวแนะนำ	10	5.30
เพื่อน	7	3.70
อื่นๆ	1	0.50
รวม	**400**	**100**

จากตารางที่ 5 แสดงจำนวน และร้อยละของผู้ตอบแบบสอบถาม จำแนกตามผู้มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจซื้อหูฟังผ่านแพลตฟอร์ม Shopee ของลูกค้า พบว่า ส่วนใหญ่ซื้อหูฟังด้วยตนเอง จำนวน 156 คน คิดเป็นร้อยละ 82.50 รองลงมารีวิวจากลูกค้า จำนวน 15 คน คิดเป็นร้อยละ 8.00 คนในครอบครัวแนะนำ จำนวน 10 คน คิดเป็นร้อยละ 5.30 เพื่อน 7 คน คิดเป็นร้อย-ละ 3.70 และอื่นๆ จำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 0.50 ตามลำดับ

ตารางที่ 6 แสดงจำนวน และร้อยละของผู้ตอบแบบสอบถาม จำแนกตามการพิจารณาถึงรูปแบบการชำระค่าสินค้า

การพิจารณาถึงรูปแบบการชำระค่าสินค้า	ค่าสถิติ	
	จำนวน	ร้อยละ
เก็บเงินปลายทางชำระเงินสด	84	44.40
QR พร้อมเพย์	55	29.10
Shopee Pay	13	6.87
บัตรเครดิต/เดบิต	16	8.50
ใช้โค้ดส่วนลด	13	6.90
Mobile Banking	6	3.20
Spay Later	2	1.05
รวม	**400**	**100**

จากตารางที่ 6 แสดงจำนวน และร้อยละของผู้ตอบแบบสอบถาม จำแนกตามการพิจารณาถึงรูปแบบการชำระค่าสินค้าส่วนใหญ่มีวิธีตัดสินใจซื้อหูฟังเก็บเงินปลายทางชำระเงินสด จำนวน 84 คน คิดเป็นร้อยละ 44.40 รองลงมา QR พร้อมเพย์ จำนวน 55 คน คิดเป็นร้อยละ 29.10 บัตรเครดิต/เดบิต 16 คน คิดเป็นร้อยละ 8.50 Shopee Pay จำนวน 13 คน คิดเป็นร้อยละ 6.87 ใช้โค้ดส่วนลด จำนวน 13 คน คิดเป็นร้อยละ 6.90 และMobile Banking 6 คน คิดเป็นร้อยละ 3.20 และ Spay Later 2 คน คิดเป็นร้อยละ 1.05 ตามลำดับ

ส่วนที่ 3 ศึกษากระบวนการตัดสินใจซื้อของนักศึกษาคณะเทคโนโลยีการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์ในการซื้อหูฟังผ่านแพลตฟอร์ม Shopee

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับกระบวนการตัดสินใจซื้อของนักศึกษาคณะเทคโนโลยีการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์ในการซื้อหูฟังผ่านแพลตฟอร์ม Shopee ประกอบด้วย 5 ด้าน ได้แก่ 1) ด้านการรู้ถึงปัญหา 2) ด้านการแสวงหาข้อมูล 3) ด้านการประเมินทางเลือก 4) ด้านการตัดสินใจซื้อ และ5) ด้านพฤติกรรมภายหลังการซื้อ ดังแสดงได้ในตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 7 ค่าเฉลี่ย $\bar{x}$ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) กระบวนการตัดสินใจซื้อ โดยรวม

กระบวนการตัดสินใจซื้อ	ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$)	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)	ระดับความคิดเห็น
1) ด้านการรู้ถึงปัญหา/ความต้องการ	4.36	0.89	มาก
2) ด้านการแสวงหาข้อมูล	4.31	0.93	มาก
3) ด้านการประเมินทางเลือก	4.48	0.77	มาก
4) ด้านการตัดสินใจซื้อ	4.57	0.80	มากที่สุด
5) ด้านพฤติกรรมภายหลังการซื้อ	4.53	0.68	มากที่สุด
รวม	**4.45**	**0.81**	**มาก**

จากตารางที่ 7 ผลการศึกษาพบว่ากระบวนการตัดสินใจการตัดสินใจเลือกซื้อหูฟัง ผ่านแพลตฟอร์ม Shopee ของนักศึกษาคณะเทคโนโลยีการจัดการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสานวิทยาเขตสุรินทร์ พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามโดยรวมอยู่ในกระบวนการตัดสินใจเลือกซื้อหูฟัง ผ่านแพลตฟอร์ม Shopee โดยรวมโดยรวมอยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ย 4.45 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.81 เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า ด้านที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด ได้แก่ ด้านการตัดสินใจซื้อ มีค่าเฉลี่ย 4.57 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.80 รองลงมาด้านพฤติกรรมภายหลังการซื้อ มีค่าเฉลี่ย 4.53 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.68 ด้านการประเมินผลทางเลือก มีค่าเฉลี่ย 4.48 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.77 ด้านการรับรู้ปัญหาและความต้องการ มีค่าเฉลี่ย 4.36 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.89 และด้านการแสวงหาข้อมูล มีค่าเฉลี่ย 4.31 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.93 ตามลำดับ

ส่วนที่ 4 การทดสอบสมมติฐานความสัมพันธ์ประชากรศาสตร์กับกระบวนการตัดสินใจซื้อของนักศึกษาคณะเทคโนโลยีการจัดการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์ในการซื้อหูฟังผ่านแพลตฟอร์ม Shopee

HO : ปัจจัยด้านประชากรศาสตร์ไม่มีความสัมพันธ์กับกระบวนการการตัดสินใจซื้อของนักศึกษาต่อการซื้อหูฟังผ่านแพลตฟอร์ม Shopee

H1 : ปัจจัยด้านประชากรศาสตร์มีความสัมพันธ์กับกระบวนการการตัดสินใจซื้อของนักศึกษาในการซื้อหูฟังผ่านแพลตฟอร์ม Shopee

ตารางที่ 8 ผลการวิเคราะห์ปัจจัยด้านประชากรศาสตร์ด้านเพศมีความสัมพันธ์กับกระบวนการการตัดสินใจซื้อของนักศึกษาในการซื้อหูฟังผ่านแพลตฟอร์ม Shopee

ด้านการรับรู้ถึงปัญหา	Value	df	sig
1. ลูกค้ารู้สึกว่าจำเป็นต้องซื้อหูฟังใหม่เมื่อของเดิมชำรุด	4.895[a]	6	.557
2. ลูกค้าต้องการหูฟังรุ่นใหม่ที่มีฟังก์ชั่นหรือคุณภาพที่ดีขึ้น	2.056[a]	4	.725
3. ลูกค้าซื้อหูฟังใหม่เพราะรู้สึกคุ้มค่ากับเงินที่เสียไป	.984[a]	4	.912
4. ลูกค้าต้องการหูฟังที่รองรับการใช้งานเฉพาะทาง (เช่น เล่นเกม ออกกำลังกาย)	3.069[a]	4	.546
การแสวงหาข้อมูล			
1. ลูกค้าค้นหาข้อมูลเกี่ยวกับหูฟังจาก Shopee อย่างสะดวกและรวดเร็ว	.995[a]	4	.911
2. รีวิวจากลูกค้าใน Shopee ช่วยให้ลูกต้าตัดสินใจได้เร็วขึ้น	2.473[a]	4	.649
3. ลูกค้าสำรวจรีวิวก่อนตัดสินใจซื้อ	4.227[a]	4	.376
4. ลูกค้าถามความคิดเห็นจากเพื่อนหรือครอบครัว	3.195[a]	4	.526
ประเมินผลทางเลือก			
1. ลูกค้าพิจารณาราคาหูฟังจากหลายร้านก่อนตัดสินใจซื้อ	.671[a]	4	.955
2. ลูกค้ามักจะเปรียบเทียบคุณภาพและรีวิวก่อนตัดสินใจเลือกซื้อ	2.278[a]	4	.685
3. ลูกค้าให้ความสำคัญกับคะแนนรีวิวและความน่าเชื่อถือของร้าน	.369[a]	2	.832
4. ลูกค้าให้ความสำคัญกับคุณสมบัติของสินค้า (เช่น ไร้สาย กันน้ำ)	.158[a]	4	.997
ด้านการตัดสินใจซื้อ			
1. ลูกค้าตัดสินใจซื้อจากร้านที่มีโปรโมชั่นหรือโค้ดส่วนลดมากที่สุด	.947[a]	4	.918
2. ลูกค้าเลือกซื้อหูฟังที่ตรงกับงบประมาณที่กำหนดไว้	2.792[a]	4	.593
3. ลูกค้าเลือกซื้อจากร้านหรือยี่ห้อที่ตนเองเชื่อมั่น	4.921[a]	4	.295
4. ลูกค้ามีความพึงพอใจจากรีวิวของผู้ใช้ลูกค้าท่านอื่น	3.494[a]	4	.479
พฤติกรรมภายหลังการซื้อ			
1. ลูกค้ารู้สึกพึงพอใจในคุณภาพของหูฟังที่ซื้อผ่าน Shopee	4.460[a]	4	.347
2. ลูกค้ายินดีที่จะรีวิวหรือแนะนำร้านค้าให้ผู้อื่นหลังจากซื้อแล้ว	2.095[a]	4	.718
3. ลูกค้ามีแนวโน้มที่จะกลับมาซื้อซ้ำกับร้านเดิมหากได้รับประสบการณ์ที่ดี	.735[a]	3	.865
4. ลูกค้าตรวจสอบสินค้าว่าตรงตามที่สั่งหรือไม่	2.424[a]	3	.489

หมายเหตุ: ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05**

จากตารางที่ 8 ผลการทดสอบสมมติฐานด้วยวิธี Chi-square test พบว่า ปัจจัยประชากรศาสตร์ด้านเพศไม่มีความสัมพันธ์กับกระบวนการการตัดสินใจซื้อทั้ง5ด้านของนักศึกษาในการซื้อหูฟังผ่านแพลตฟอร์ม Shopee

ตารางที่ 9 ผลการวิเคราะห์ปัจจัยด้านประชากรศาสตร์ด้านระดับชั้นปีมีความสัมพันธ์กับกระบวนการการตัดสินใจซื้อของนักศึกษาในการซื้อหูฟังผ่านแพลตฟอร์ม Shopee

ด้านการรับรู้ถึงปัญหา	Value	df	sig
1. ลูกค้ารู้สึกว่าจำเป็นต้องซื้อหูฟังใหม่เมื่อของเดิมชำรุด	15.660[a]	18	.616
2. ลูกค้าต้องการหูฟังรุ่นใหม่ที่มีฟังก์ชั่นหรือคุณภาพที่ดีขึ้น	8.251[a]	12	.765
3. ลูกค้าซื้อหูฟังใหม่เพราะรู้สึกคุ้มค่ากับเงินที่เสียไป	4.218[a]	12	.979
4. ลูกค้าต้องการหูฟังที่รองรับการใช้งานเฉพาะทาง	8.524[a]	12	.743
การแสวงหาข้อมูล			
1. ลูกค้าค้นหาข้อมูลเกี่ยวกับหูฟังจาก Shopee อย่างสะดวกและรวดเร็ว	8.333[a]	12	.759
2. รีวิวจากลูกค้าใน Shopee ช่วยให้ลูกต้าตัดสินใจได้เร็วขึ้น	15.021[a]	12	.240
3. ลูกค้าสำรวจรีวิวก่อนตัดสินใจซื้อ	14.340[a]	12	.280
4. ลูกค้าถามความคิดเห็นจากเพื่อนหรือครอบครัว	14.618[a]	12	.263
ประเมินผลทางเลือก			
1. ลูกค้าพิจารณาราคาหูฟังจากหลายร้านก่อนตัดสินใจซื้อ	12.436[a]	12	.411
2. ลูกค้ามักจะเปรียบเทียบคุณภาพและรีวิวก่อนตัดสินใจเลือกซื้อ	12.228[a]	12	.428
3. ลูกค้าให้ความสำคัญกับคะแนนรีวิวและความน่าเชื่อถือของร้าน	3.451[a]	6	.750
4. ลูกค้าให้ความสำคัญกับคุณสมบัติของสินค้า (เช่น ไร้สาย กันน้ำ)	6.001[a]	12	.916
ด้านการตัดสินใจซื้อ			
1. ลูกค้าตัดสินใจซื้อจากร้านที่มีโปรโมชั่นหรือโค้ดส่วนลด	10.504[a]	12	.572
2. ลูกค้าเลือกซื้อหูฟังที่ตรงกับงบประมาณที่กำหนดไว้	8.951[a]	12	.707
3. ลูกค้าเลือกซื้อจากร้านหรือยี่ห้อที่ตนเองเชื่อมั่น	8.667[a]	12	.731
4. ลูกค้ามีความพึงพอใจจากรีวิวของผู้ใช้ลูกค้าท่านอื่น	5.329[a]	12	.946
พฤติกรรมภายหลังการซื้อ			
1. ลูกค้ารู้สึกพึงพอใจในคุณภาพของหูฟังที่ซื้อผ่าน Shopee	9.967[a]	12	.619
2. ลูกค้ายินดีที่จะรีวิวหรือแนะนำร้านค้าให้ผู้อื่นหลังจากซื้อแล้ว	18.371[a]	12	.105
3. ลูกค้ามีแนวโน้มที่จะกลับมาซื้อซ้ำกับร้านเดิมหากได้รับประสบการณ์ที่ดี	3.355[a]	9	.949
4. ลูกค้าตรวจสอบสินค้าว่าตรงตามที่สั่งหรือไม่	7.885[a]	9	.546

หมายเหตุ: ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05**

จากตารางที่ 9 ผลการทดสอบสมมติฐานด้วยวิธี Chi-square test พบว่า ปัจจัยประชากรศาสตร์ด้านระดับชั้นปีไม่มีความสัมพันธ์กับกระบวนการการตัดสินใจซื้อทั้ง5ด้านของนักศึกษาในการซื้อหูฟังผ่านแพลตฟอร์ม Shopee

ตารางที่ 10 ผลการวิเคราะห์ปัจจัยด้านประชากรศาสตร์ด้านหลักสูตรมีความสัมพันธ์กับกระบวนการการตัดสินใจซื้อของนักศึกษาในการซื้อหูฟังผ่านแพลตฟอร์ม Shopee

ด้านการรับรู้ถึงปัญหา	Value	df	sig
1. ลูกค้ารู้สึกว่าจำเป็นต้องซื้อหูฟังใหม่เมื่อของเดิมชำรุด	9.016[a]	18	.959
2. ลูกค้าต้องการหูฟังรุ่นใหม่ที่มีฟังก์ชั่นหรือคุณภาพที่ดีขึ้น	31.364[a]	12	*.002***
3. ลูกค้าซื้อหูฟังใหม่เพราะรู้สึกคุ้มค่ากับเงินที่เสียไป	15.034[a]	12	.240
4. ลูกค้าต้องการหูฟังที่รองรับการใช้งานเฉพาะทาง (เช่น เล่นเกม ออกกำลังกาย)	14.935[a]	12	.245
การแสวงหาข้อมูล			
1. ลูกค้าค้นหาข้อมูลเกี่ยวกับหูฟังจาก Shopee อย่างสะดวกและรวดเร็ว	12.187[a]	12	.431
2. รีวิวจากลูกค้าใน Shopee ช่วยให้ลูกต้าตัดสินใจได้เร็วขึ้น	19.893[a]	12	.069
3. ลูกค้าสำรวจรีวิวก่อนตัดสินใจซื้อ	22.488[a]	12	*.032***
4. ลูกค้าถามความคิดเห็นจากเพื่อนหรือครอบครัว	16.772[a]	12	.158
ประเมินผลทางเลือก			
1. ลูกค้าพิจารณาราคาหูฟังจากหลายร้านก่อนตัดสินใจซื้อ	25.943[a]	12	*.011***
2. ลูกค้ามักจะเปรียบเทียบคุณภาพและรีวิวก่อนตัดสินใจเลือกซื้อ	26.093[a]	12	*.010***
3. ลูกค้าให้ความสำคัญกับคะแนนรีวิวและความน่าเชื่อถือของร้าน	7.050[a]	6	.316
4. ลูกค้าให้ความสำคัญกับคุณสมบัติของสินค้า (เช่น ไร้สาย กันน้ำ)	3.975[a]	12	.984
ด้านการตัดสินใจซื้อ			
1. ลูกค้าตัดสินใจซื้อจากร้านที่มีโปรโมชั่นหรือโค้ดส่วนลดมากที่สุด	21.672[a]	12	*.041***
2. ลูกค้าเลือกซื้อหูฟังที่ตรงกับงบประมาณที่กำหนดไว้	7.271[a]	12	.839
3. ลูกค้าเลือกซื้อจากร้านหรือยี่ห้อที่ตนเองเชื่อมั่น	10.439[a]	12	.577
4. ลูกค้ามีความพึงพอใจจากรีวิวของผู้ใช้ลูกค้าท่านอื่น	16.073[a]	12	.188
พฤติกรรมภายหลังการซื้อ			
1. ลูกค้ารู้สึกพึงพอใจในคุณภาพของหูฟังที่ซื้อผ่าน Shopee	8.461[a]	12	.748
2. ลูกค้ายินดีที่จะรีวิวหรือแนะนำร้านค้าให้ผู้อื่นหลังจากซื้อแล้ว	16.027[a]	12	.190
3. ลูกค้ามีแนวโน้มที่จะกลับมาซื้อซ้ำกับร้านเดิมหากได้รับประสบการณ์ที่ดี	5.710[a]	9	.769
4. ลูกค้าตรวจสอบสินค้าว่าตรงตามที่สั่งหรือไม่	15.075[a]	9	.089

หมายเหตุ: ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05**

จากตารางที่ 10 ผลการทดสอบสมมติฐานด้วยวิธี Chi-square test พบว่า ปัจจัยประชากรศาสตร์ด้านหลักสูตรมีความสัมพันธ์บางส่วนกับกระบวนการการตัดสินใจซื้อในทุกด้าน ยกเว้นเพียงด้านพฤติกรรมหลังการซื้อที่ไม่มีความสัมพันธ์กับกระบวนการตัดสินใจซื้อของนักศึกษาในการซื้อหูฟังผ่านแพลตฟอร์ม Shopee

ตารางที่ 11 ผลการวิเคราะห์ปัจจัยประชากรศาสตร์ด้านสาขาวิชามีความสัมพันธ์กับกระบวนการตัดสินใจซื้อของนักศึกษาต่อการซื้อหูฟังผ่านแพลตฟอร์ม Shopee

ด้านการรับรู้ถึงปัญหา	Value	df	sig
1. ลูกค้ารู้สึกว่าจำเป็นต้องซื้อหูฟังใหม่เมื่อของเดิมชำรุด	35.289[a]	30	.232
2. ลูกค้าต้องการหูฟังรุ่นใหม่ที่มีฟังก์ชั่นหรือคุณภาพที่ดีขึ้น	22.119[a]	20	.334
3. ลูกค้าซื้อหูฟังใหม่เพราะรู้สึกคุ้มค่ากับเงินที่เสียไป	20.128[a]	20	.450
4. ลูกค้าต้องการหูฟังที่รองรับการใช้งานเฉพาะทาง (เช่น เล่นเกม ออกกำลังกาย)	12.938[a]	20	.880
การแสวงหาข้อมูล			
1. ลูกค้าค้นหาข้อมูลเกี่ยวกับหูฟังจาก Shopee อย่างสะดวกและรวดเร็ว	33.352[a]	20	*.031***
2. รีวิวจากลูกค้าใน Shopee ช่วยให้ลูกต้าตัดสินใจได้เร็วขึ้น	22.717[a]	20	.303
3. ลูกค้าสำรวจรีวิวก่อนตัดสินใจซื้อ	30.083[a]	20	.069
4. ลูกค้าถามความคิดเห็นจากเพื่อนหรือครอบครัว	20.166[a]	20	.448
ประเมินผลทางเลือก			
1. ลูกค้าพิจารณาราคาหูฟังจากหลายร้านก่อนตัดสินใจซื้อ	38.602[a]	20	*.007***
2. ลูกค้ามักจะเปรียบเทียบคุณภาพและรีวิวก่อนตัดสินใจเลือกซื้อ	32.599[a]	*20*	*.037***
3. ลูกค้าให้ความสำคัญกับคะแนนรีวิวและความน่าเชื่อถือของร้าน	10.405[a]	10	.406
4. ลูกค้าให้ความสำคัญกับคุณสมบัติของสินค้า (เช่น ไร้สาย กันน้ำ)	16.969[a]	20	.655
ด้านการตัดสินใจซื้อ			
1. ลูกค้าตัดสินใจซื้อจากร้านที่มีโปรโมชั่นหรือโค้ดส่วนลดมากที่สุด	18.493[a]	20	.555
2. ลูกค้าเลือกซื้อหูฟังที่ตรงกับงบประมาณที่กำหนดไว้	12.880[a]	20	.882
3. ลูกค้าเลือกซื้อจากร้านหรือยี่ห้อที่ตนเองเชื่อมั่น	27.674[a]	20	.117
4. ลูกค้ามีความพึงพอใจจากรีวิวของผู้ใช้ลูกค้าท่านอื่น	17.119[a]	20	.645
พฤติกรรมภายหลังการซื้อ	Value	df	sig
1. ลูกค้ารู้สึกพึงพอใจในคุณภาพของหูฟังที่ซื้อผ่าน Shopee	22.283[a]	20	.325
2. ลูกค้ายินดีที่จะรีวิวหรือแนะนำร้านค้าให้ผู้อื่นหลังจากซื้อแล้ว	25.265[a]	20	.191
3. ลูกค้ามีแนวโน้มที่จะกลับมาซื้อซ้ำกับร้านเดิมหากได้รับประสบการณ์ที่ดี	12.222[a]	15	.662
4. ลูกค้าตรวจสอบสินค้าว่าตรงตามที่สั่งหรือไม่	25.998[a]	15	*.038***

หมายเหตุ: ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05**

จากตารางที่ 11 ผลการทดสอบสมมติฐานด้วยวิธี Chi-square test พบว่า ปัจจัยประชากรศาสตร์ด้านหลักสูตรมีความสัมพันธ์บางส่วนกับกระบวนการการตัดสินใจซื้อในด้านการแสวงหาข้อมูล ด้านการประเมินทางเลือกและด้านการตัดสินใจซื้อ ส่วนด้านรับรู้ปัญหาและด้านพฤติกรรมหลังการซื้อที่ไม่มีความสัมพันธ์กับกระบวนการตัดสินใจซื้อของนักศึกษาในการซื้อหูฟังผ่านแพลตฟอร์ม Shopee

สรุปผลการทดสอบสมมติฐานปัจจัยด้านประชากรศาสตร์ ได้แก่ หลักสูตรและสาขาวิขามีความสัมพันธ์บางส่วนกับกระบวนการตัดสินใจซื้อของนักศึกษาในการซื้อหูฟังผ่านแพลตฟอร์ม Shopee อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

การอภิปรายผล

ผลการศึกษาพฤติกรรมของผู้บริโภคในการตัดสินใจเลือกซื้อหูฟัง ผ่านแพลตฟอร์ม Shopee ของนักศึกษาคณะเทคโนโลยีการจัดการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสานวิทยาเขตสุรินทร์ พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามทุกคนเคยซื้อหูฟังผ่านแพลตฟอร์ม Shopee ประเภทหูฟังที่ลูกค้าเคยซื้อผ่านแพลตฟอร์ม Shopee ซื้อหูฟังไร้สาย รองลงมาหูฟังแบบมีสาย หูฟังเกมมิ่ง ตามลำดับ เหตุผลหลักที่ลูกค้าซื้อหูฟังผ่านแพลตฟอร์ม Shopee คือใช้งานสะดวก รองลงมามีรีวิวจากผู้ใช้จริง มีโค้ดส่วนลด /โปรโมชั่น มีราคาถูก ตามลำดับ ลูกค้าเลือกซื้อหูฟังจากช่องทางแพลตฟอร์ม Shopee เลือกซื้อแอป Shopee รองลงมาเว็บไซต์ Shopee บนคอมพิวเตอร์ ตามลำดับ ลูกค้ามักเข้าชมหูฟังผ่านแพลตฟอร์ม Shopee เมื่อของเดิมชำรุด รองลงมาเมื่อต้องการซื้อสินค้าใหม่ เมื่อมีโปรโมชั่นพิเศษ เมื่อมีส่วนลดจัดส่งฟรี ตามลำดับ ผู้มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจซื้อหูฟังตัดสินใจซื้อหูฟังผ่านแพลตฟอร์ม Shopee คือตัวผู้บริโภคเอง รองลงมารีวิวจากลูกค้า คนในครอบครัว และเพื่อน ตามลำดับ เหตุผลอื่นร่วมพิจารณาในการตัดสินใจซื้อหูฟังผ่านแพลตฟอร์ม Shopee (How) พบว่า ส่วนใหญ่ พิจารณาวิธีการชำระเงินโดยการเก็บเงินปลายทาง รองลงมา QR พร้อมเพย์ บัตรเครดิต/เดบิต Shopee Pay ใช้โค้ดส่วนลดในการซื้อ ชำระโดย Mobile BankingและSPayLater ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของชลลดา จำเริญ (2563) งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาพฤติกรรมการซื้อสินค้าออนไลน์ผ่านแอพพลิเคชั่น Shopee ของผู้บริโภคในพื้นที่กรุงเทพมหานคร พบว่า พฤติกรรมการซื้อส่วนใหญ่ซื้อสินค้าผ่านแอปพลิเคชัน Shopee 3-4 ครั้งต่อสัปดาห์ มีค่าใช้จ่ายน้อยกว่า 500 บาทต่อครั้ง ประเภทสินค้าที่เลือกซื้อสินค้าผ่านแอพพลิเคชั่น Shopee มากที่สุดคือ สินค้าแฟชั่น เครื่องประดับและของใช้ตามกระแส

ผลการทดสอบสมมติฐานพบว่าปัจจัยประชากรศาสตร์ที่มีความสัมพันธ์บางส่วนกับกระบวนการการตัดสินใจซื้อของนักศึกษาในการซื้อหูฟังผ่านแพลตฟอร์ม Shopee ได้แก่ ระดับการศึกษา หลักสูตรและสาขา สอดคล้องกับงานวิจัยของวิระวัลย์ ลาภธนวรกุลชัย (2564) งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการพฤติกรรมการซื้อสินค้าผ่านทางอีคอมเมิร์ซแพล็ตฟอร์มของผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานคร ผลการศึกษาพบว่า ปัจจัยส่วนบุคคลด้านเพศ อายุ ระดับการศึกษา รายได้ส่งผลต่อพฤติกรรมการซื้อสินค้าผ่านทางอีคอมเมิร์ซแพล็ตฟอร์มของผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานคร

บทสรุป

จากผลการวิจัยสะท้อนถึงความสัมพันธ์ของประชากรศาสตร์ที่เป็นกลุ่มนักศึกษาในระดับอุดมศึกษา ผลชี้ให้เห็นถึงพฤติกรรมการซื้อหูฟังบนแพลตฟอร์มShopeeที่เป็นช่องทางการจัดจำหน่ายออนไลน์ที่อยู่ในพฤติกรรมผู้บริโภค ซึ่งทำให้ชัดเจนว่าเป็นศูนย์รวมจำหน่ายสินค้าออนไลน์ที่กลุ่มตัวอย่างนิยมเข้าไปมองหาข้อมูลสินค้าเพื่อเปรียบเทียบสินค้า ประเมินราคา ตัดสินใจซื้อและพฤติกรรมหลังการซื้อในการโพสต์ข้อมูลประเมินความพึงพอใจจากการซื้อและการใช้หูฟัง โดยเฉพาะกระบวนการตัดสินใจด้านแสวงหาข้อมูลและการประเมินก่อนการซื้อ มีความสัมพันธ์กับคุณลักษณะทางประชากรศาสตร์ของ

ผู้บริโภคในกลุ่มนักศึกษาหรือวัยรุ่นเพื่อเป็นอุปกรณ์ในการเรียนและการใช้ในชีวิตประจำวัน การนำข้อมูลเหล่านี้ไปปรับใช้ให้ผู้ผลิตและผู้จำหน่ายหูฟังได้เป็นช่องทางในการกระจายสินค้าและการส่งเสริมการตลาดต่อไปเพื่อให้ตอบสนองความต้องการและสอดคล้องกับพฤติกรรมของผู้บริโภคกลุ่มนักศึกษาให้มีศักยภาพในการเติบโตในระยะยาวได้

เอกสารอ้างอิง

ชลลดา จำเริญ (2563) ศึกษาพฤติกรรมการซื้อสินค้าออนไลนผ่านแอปพลิเคชั่น Shopee ของผู้บริโภคในกรุงเทพมหานคร. (ค้นคว้าอิสระหลักสูตรเศรษฐศาสตร์มหาบัณฑิต คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์).

วิระวัลย์ ลาภธนวรกุลชัย (2564) ปัจจัยที่ส่งผลต่อการพฤติกรรมการซื้อสินค้าผ่านทางอีคอมเมิร์ซแพล็ตฟอร์มของผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานคร. (วิทยานิพนธ์บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต สาขาการจัดการการตลาดดิจิทัล วิทยาลัยบริหารธุรกิจนวัตกรรมและการบัญชี มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต).

วิลัย ซ่อนกลิ่น และคณะ(2568) ปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดออนไลน์ที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้าผ่านแอพพลิเคชั่น Shopee ของผู้บริโภคในพื้นที่กรุงเทพมหานคร. วารสารวิจัยวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์. 9(2): 398-410

ทีมข่าวคอรโปเรทและการตลาดกรุงเทพธุรกิจ (2023) สงครามอีคอมเมิร์ซเป็นมากกว่าแย่งยอดขาย แต่คือศึกชิง Data ธุรกรรมนักช้อป. https://www.bangkokbiznews.com/business/1077632

อนันต์ แซ่ตันและอภิมุข คงแสง, (2566) ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการซื้อหูฟังของนักศึกษา. (ค้นคว้าอิสระปริญญาบริหารธุรกิจ-บัณฑิต สาขาธุรกิจดิจิทัล คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยสยาม).

Brandinside, (2024) ประเทศอาเซียนใช้อีคอมเมิร์ซShopee ครองตำแหน่งผู้นำทุกตลาด. https://brandinside.asia/shopee-leads-ecommerce-market-in-all-asean-countries/

Nunnally, (1978) Cronbach's Alpha. Journal of Consumer Research, 16, 297-334.

1

การพัฒนาผลิตภัณฑ์และเส้นทางท่องเที่ยวอัตลักษณ์ท้องถิ่นด้วยนวัตกรรมดิจิทัล เพื่อคุณภาพชีวิตชุมชน จังหวัดสุรินทร์

Development of Products and Tourism Routes Based on Local Identity Using Digital Innovation for Community Quality of Life in Surin Province

วนารัตน์ บุญธรรม[1] มนภัทร บุษปฤกษ์[2*] และอารยา อึงไพบูลย์กิจ[3]
Vanarat Boontum[1], Monnapat Bussaparoek[2*] and Araya Eungpaiboonkit[3]

[1]คณะเทคโนโลยีการจัดการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์
[1]Faculty of Technology Management, Rajamangala University of Technology Isan, Surin Campus
[2]คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา
[2]Faculty of Management Science, Phranakhon Si Ayutthaya Rajabhat University
[3]คณะเทคโนโลยีการจัดการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์
[3]Faculty of Technology Management, Rajamangala University of Technology Isan, Surin Campus
**Corresponding Author E-mail Address: n.monnapat@aru.ac.th*

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาศักยภาพและอัตลักษณ์ท้องถิ่นของแหล่งท่องเที่ยวในจังหวัดสุรินทร์ 2) พัฒนาผลิตภัณฑ์และเส้นทางท่องเที่ยวบนฐานอัตลักษณ์ท้องถิ่นโดยใช้นวัตกรรมดิจิทัล และ 3) ประเมินผลการพัฒนาผลิตภัณฑ์และเส้นทางท่องเที่ยวต่อคุณภาพชีวิตชุมชน การวิจัยใช้ระเบียบวิธีวิจัยแบบผสมผสาน (Mixed Methods Research) ด้วยการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม (Participatory Action Research: PAR) ในพื้นที่ 4 อำเภอของจังหวัดสุรินทร์ ได้แก่ อำเภอเขวาสินรินทร์ อำเภอชุมพลบุรี อำเภอสังขะ และอำเภอกาบเชิง กลุ่มตัวอย่างเชิงปริมาณจำนวน 400 คน ซึ่งคำนวณขนาดตามสูตรของ Cochran ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และค่าความคลาดเคลื่อนร้อยละ 5 ใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติเชิงอนุมานด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-way ANOVA) กลุ่มตัวอย่างเชิงคุณภาพจำนวน 20 คน ใช้การสัมภาษณ์เชิงลึกและการสนทนากลุ่ม วิเคราะห์ข้อมูลด้วยการวิเคราะห์เนื้อหา ผลการวิจัยพบว่า ศักยภาพด้านการท่องเที่ยวของจังหวัดสุรินทร์โดยรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ = 3.74, S.D. = 0.68) ด้านการพัฒนาผลิตภัณฑ์การท่องเที่ยวโดยรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ = 3.74, S.D. = 0.72) และด้านการยอมรับนวัตกรรมดิจิทัลตามแบบจำลอง AIETA โดยรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ = 3.90, S.D. = 0.65) เมื่อจำแนกตามอำเภอพบว่า ศักยภาพด้านการท่องเที่ยวมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (F = 4.27, p = .006) ผลการพัฒนาเส้นทางท่องเที่ยว "วงแหวนวัฒนธรรมสุรินทร์" ที่เชื่อมโยง 4 อำเภอสามารถสร้างรายได้เพิ่มขึ้นให้ชุมชน และยกระดับคุณภาพชีวิตของประชาชนในพื้นที่อย่างยั่งยืน ทั้งนี้ ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะเชิงนโยบายว่า ภาครัฐควรสนับสนุนโครงสร้างพื้นฐานดิจิทัลในอำเภอชายแดน และจัดตั้งกลไกบริหารจัดการเส้นทางท่องเที่ยวร่วมในระดับจังหวัดเพื่อความยั่งยืน

คำสำคัญ: ผลิตภัณฑ์ท่องเที่ยว, เส้นทางท่องเที่ยว, อัตลักษณ์ท้องถิ่น, นวัตกรรมดิจิทัล, คุณภาพชีวิตชุมชน

Abstract

This research aimed to 1) study the potential and local identity of tourism sites in Surin Province, 2) develop tourism products and routes based on local identity using digital innovation, and 3) evaluate the impact of tourism product and route development on community quality of life. The study employed a mixed methods research design using Participatory Action Research (PAR) across four districts of Surin Province: Khwao Sinarin, Chumphon Buri, Sangkha, and Kap Choeng. A quantitative sample of 400 respondents, determined using Cochran’s formula at a 95% confidence level and 5% margin of error, completed questionnaires as the data collection instrument. Data were analyzed using descriptive statistics including means and standard deviations, and inferential statistics through One-way ANOVA. A qualitative sample of 20 key informants participated in in-depth interviews and focus group discussions, analyzed through content analysis. The results revealed that the overall tourism potential of Surin Province was at a high level ($\bar{x}$ = 3.74, S.D. = 0.68); tourism product development was also at a high level ($\bar{x}$ = 3.74, S.D. = 0.72); and the adoption of digital innovation based on the AIETA model was at a high level ($\bar{x}$ = 3.90, S.D. = 0.65). When classified by district, tourism potential showed a statistically significant difference at the .05 level (F = 4.27, p = .006). The development of the “Surin Cultural Ring” tourism route connecting four districts generated increased income for communities and sustainably enhanced the quality of life for local residents. Policy recommendations include government support for digital infrastructure in border districts and the establishment of a provincial-level joint mechanism for managing the tourism route to ensure long-term sustainability.

Keywords: Tourism Products, Tourism Routes, Local Identity, Digital Innovation, Community Quality of Life

บทนำ

การท่องเที่ยวเป็นอุตสาหกรรมที่มีความสำคัญต่อการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมของประเทศไทย โดยเฉพาะอย่างยิ่งการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมและชุมชนซึ่งเป็นแนวทางสำคัญในการกระจายรายได้สู่ท้องถิ่นและยกระดับคุณภาพชีวิตของประชาชน จังหวัดสุรินทร์เป็นจังหวัดหนึ่งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่างของประเทศไทยที่มีความหลากหลายทางวัฒนธรรมอย่างโดดเด่น เนื่องจากเป็นพื้นที่ที่มีการผสมผสานของกลุ่มชาติพันธุ์หลากหลายกลุ่ม ได้แก่ ชาวไทยเขมร ชาวไทยกูย (ส่วย) และชาวไทยลาว ซึ่งแต่ละกลุ่มมีวัฒนธรรม ประเพณี ภูมิปัญญา และวิถีชีวิตที่เป็นเอกลักษณ์เฉพาะตัว (สำนักงานวัฒนธรรมจังหวัดสุรินทร์, 2565) อย่างไรก็ตาม แม้จังหวัดสุรินทร์จะมีทรัพยากรการท่องเที่ยวที่หลากหลายและมีคุณค่า แต่ยังคงประสบปัญหาในการพัฒนาผลิตภัณฑ์และเส้นทางท่องเที่ยวที่สามารถสะท้อนอัตลักษณ์ท้องถิ่นได้อย่างชัดเจน รวมถึงขาดการนำเทคโนโลยีและนวัตกรรมดิจิทัลมาใช้ในการส่งเสริมและพัฒนา การท่องเที่ยว ส่งผลให้ชุมชนยังไม่สามารถใช้ประโยชน์จากทรัพยากรการท่องเที่ยวที่มีอยู่ได้อย่างเต็มศักยภาพ (การท่องเที่ยวแห่งประเทศไทย, 2566) นอกจากนี้ การ

พัฒนาการท่องเที่ยวในหลายพื้นที่ยังขาดการมีส่วนร่วมของชุมชนอย่างแท้จริง ทำให้ผลประโยชน์จากการท่องเที่ยวไม่ได้กระจายสู่ชุมชนอย่างทั่วถึง

แนวคิดเกี่ยวกับนวัตกรรมการบริการ (Service Innovation) ของ Den Hertog (2000) ได้เสนอกรอบแนวคิดที่ประกอบด้วย 4 มิติ ได้แก่ มิติแนวคิดการบริการใหม่ มิติการเชื่อมต่อกับลูกค้าแบบใหม่ มิติระบบการส่งมอบบริการใหม่ และมิติทางเลือกเทคโนโลยีใหม่ ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีการแพร่กระจายนวัตกรรม (Diffusion of Innovations) ของ Rogers (2003) ที่อธิบายกระบวนการยอมรับนวัตกรรมผ่านแบบจำลอง AIETA ประกอบด้วยขั้นตอน Awareness, Interest, Evaluation, Trial และ Adoption การนำแนวคิดทั้งสองมาบูรณาการร่วมกับนวัตกรรมดิจิทัล จะช่วยพัฒนาผลิตภัณฑ์และเส้นทางท่องเที่ยวให้ตอบสนองความต้องการของนักท่องเที่ยวในยุคดิจิทัลได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ทั้งนี้ จากการทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่า แม้จะมีการศึกษาด้านการท่องเที่ยวในจังหวัดสุรินทร์อยู่จำนวนหนึ่ง แต่งานวิจัยส่วนใหญ่ยังมุ่งเน้นการวิเคราะห์ศักยภาพและอัตลักษณ์ของแหล่งท่องเที่ยวในแต่ละพื้นที่อย่างแยกส่วน ขาดการบูรณาการเส้นทางท่องเที่ยวข้ามอำเภอบนฐานอัตลักษณ์ร่วมในเชิงระบบ อีกทั้งยังไม่ปรากฏการศึกษาที่นำนวัตกรรมดิจิทัลมาประยุกต์ใช้อย่างเป็นระบบเพื่อยกระดับประสบการณ์ของนักท่องเที่ยวควบคู่ไปกับการพัฒนาคุณภาพชีวิตของชุมชน นอกจากนี้ ยังขาดการวิจัยที่เชื่อมโยงกระบวนการยอมรับนวัตกรรมดิจิทัลของชุมชนตามแบบจำลอง AIETA เข้ากับผลลัพธ์ด้านเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อมของชุมชนในเชิงประจักษ์ ช่องว่างของงานวิจัย (Research Gap) ดังกล่าวจึงสะท้อนความจำเป็นเร่งด่วนของการศึกษาที่บูรณาการอัตลักษณ์ท้องถิ่น นวัตกรรมดิจิทัล และคุณภาพชีวิตชุมชนเข้าด้วยกันอย่างเป็นระบบ

จากสภาพปัญหา แนวคิดทฤษฎี และช่องว่างของงานวิจัยดังกล่าว ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์และเส้นทางท่องเที่ยวอัตลักษณ์ท้องถิ่นด้วยนวัตกรรมดิจิทัลเพื่อคุณภาพชีวิตชุมชน จังหวัดสุรินทร์ โดยมุ่งเน้นพื้นที่ 4 อำเภอที่มีศักยภาพด้านการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรม ได้แก่ อำเภอเขวาสินรินทร์ อำเภอชุมพลบุรี อำเภอสังขะ และอำเภอกาบเชิง ภายใต้แนวคิด “วงแหวนวัฒนธรรมสุรินทร์” เพื่อสร้างเส้นทางท่องเที่ยวที่เชื่อมโยงอัตลักษณ์ของแต่ละพื้นที่เข้าด้วยกัน อันจะนำไปสู่การยกระดับคุณภาพชีวิตของชุมชนอย่างยั่งยืน

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

การวิจัยครั้งนี้ใช้ระเบียบวิธีวิจัยแบบผสมผสาน (Mixed Methods Research) ด้วยการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม (Participatory Action Research: PAR) ประกอบด้วยการวิจัยเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ ดำเนินการในพื้นที่ 4 อำเภอของจังหวัดสุรินทร์ ได้แก่ อำเภอเขวาสินรินทร์ อำเภอชุมพลบุรี อำเภอสังขะ และอำเภอกาบเชิง โดยกระบวนการ PAR ดำเนินการ 4 ขั้นตอน ได้แก่ 1) การวางแผน (Plan) ร่วมกับชุมชนและภาคีในพื้นที่ 2) การปฏิบัติ (Act) พัฒนาผลิตภัณฑ์ เส้นทาง และนวัตกรรมดิจิทัลร่วมกัน 3) การสังเกตและเก็บข้อมูล (Observe) ทั้งเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ และ 4) การสะท้อนผล (Reflect) เพื่อปรับปรุงกระบวนการอย่างต่อเนื่อง

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง การวิจัยเชิงปริมาณ ประชากร ได้แก่ นักท่องเที่ยว ผู้ประกอบการ ผู้นำชุมชน และประชาชนในพื้นที่ 4 อำเภอ กลุ่มตัวอย่างจำนวน 400 คน ขนาดของกลุ่มตัวอย่างคำนวณจากสูตรของ Cochran (1977) กรณีไม่ทราบจำนวนประชากรที่แน่นอน ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ร้อยละ 5 ได้ขนาดกลุ่มตัวอย่างขั้นต่ำเท่ากับ 385 คน ผู้วิจัยจึงเพิ่มจำนวนเป็น 400 คน เพื่อรองรับความคลาดเคลื่อนจากการสำรวจและให้สามารถกระจายตัวอย่างไปยัง 4 อำเภอ อำเภอละ 100 คนได้อย่างเท่าเทียม โดยใช้การสุ่มตัวอย่างแบบหลายขั้นตอน (Multi-

stage Sampling) ขั้นตอนที่ 1 เลือกพื้นที่แบบเจาะจง (Purposive Sampling) จำนวน 4 อำเภอ ขั้นตอนที่ 2 สุ่มตัวอย่างแบบโควตา (Quota Sampling) อำเภอละ 100 คน การวิจัยเชิงคุณภาพ ผู้ให้ข้อมูลสำคัญ (Key Informants) จำนวน 20 คน คัดเลือกแบบเจาะจง ประกอบด้วย ผู้นำชุมชน ปราชญ์ชาวบ้าน ผู้ประกอบการด้านการท่องเที่ยว และเจ้าหน้าที่หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย 1) แบบสอบถาม (Questionnaire) ลักษณะเป็นมาตรประมาณค่า 5 ระดับ (Likert Scale) ครอบคลุมเนื้อหา 3 ด้าน ได้แก่ ศักยภาพด้านการท่องเที่ยว การพัฒนาผลิตภัณฑ์การท่องเที่ยว และการยอมรับนวัตกรรมดิจิทัลตามแบบจำลอง AIETA 2) แบบสัมภาษณ์เชิงลึกแบบกึ่งโครงสร้าง (Semi-structured Interview) และ 3) แบบบันทึกการสนทนากลุ่ม (Focus Group Discussion) เครื่องมือทุกชุดผ่านการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) โดยผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน ด้วยการหาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์ (Index of Item-Objective Congruence: IOC) ซึ่งทุกข้อมีค่า IOC ระหว่าง 0.67–1.00 จากนั้นนำแบบสอบถามไปทดลองใช้ (Try Out) กับกลุ่มที่มีลักษณะใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 คน และหาค่าความเชื่อมั่นด้วยวิธีของ Cronbach ได้ค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาเท่ากับ 0.92

การวิเคราะห์ข้อมูล ข้อมูลเชิงปริมาณวิเคราะห์ด้วยสถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าเฉลี่ย (Mean) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ค่าร้อยละ (Percentage) และค่าความถี่ (Frequency) รวมถึงสถิติเชิงอนุมานด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-way ANOVA) และเปรียบเทียบรายคู่ด้วยวิธีของ Scheffé เมื่อพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ข้อมูลเชิงคุณภาพวิเคราะห์ด้วยการวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) และการตรวจสอบข้อมูลแบบสามเส้า (Triangulation) เพื่อเชื่อมโยงและยืนยันผลกับข้อมูลเชิงปริมาณ

ผลการวิจัย

ผลการวิจัยแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ตามวัตถุประสงค์การวิจัย ดังนี้

1. ศักยภาพและอัตลักษณ์ท้องถิ่นของแหล่งท่องเที่ยวในจังหวัดสุรินทร์

ผลการวิเคราะห์ศักยภาพด้านการท่องเที่ยวของจังหวัดสุรินทร์ พบว่า โดยรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$ = 3.74, S.D. = 0.68) เมื่อพิจารณารายด้านพบว่า ด้านทรัพยากรการท่องเที่ยวมีค่าเฉลี่ยสูงสุด ($\bar{x}$ = 3.89, S.D. = 0.63) รองลงมา คือ ด้านวัฒนธรรมและประเพณี ($\bar{x}$ = 3.82, S.D. = 0.67) ด้านโครงสร้างพื้นฐาน ($\bar{x}$ = 3.65, S.D. = 0.71) และด้านการบริหารจัดการ ($\bar{x}$ = 3.58, S.D. = 0.73) ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของศักยภาพด้านการท่องเที่ยว

ด้าน	$\bar{x}$	S.D.	ระดับ	ลำดับ
ทรัพยากรการท่องเที่ยว	3.89	0.63	มาก	1
วัฒนธรรมและประเพณี	3.82	0.67	มาก	2
โครงสร้างพื้นฐาน	3.65	0.71	มาก	3
การบริหารจัดการ	3.58	0.73	มาก	4
รวม	3.74	0.68	มาก	

เมื่อทดสอบความแตกต่างของศักยภาพด้านการท่องเที่ยวจำแนกตามอำเภอด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-way ANOVA) พบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($F = 4.27$, $p = .006$) เมื่อเปรียบเทียบรายคู่ด้วยวิธี Scheffé พบว่า อำเภอเขวาสินรินทร์และอำเภอสังขะมีค่าเฉลี่ยศักยภาพด้านการท่องเที่ยวสูงกว่าอำเภอกาบเชิงอย่างมีนัยสำคัญ ในขณะที่อำเภอชุมพลบุรีไม่แตกต่างจากอำเภออื่นอย่างมีนัยสำคัญ สะท้อนให้เห็นว่าพื้นที่ที่มีฐานทรัพยากรวัฒนธรรมและทุนสังคมที่เข้มแข็งกว่ามีความได้เปรียบในการพัฒนาการท่องเที่ยวเชิงอัตลักษณ์มากกว่าพื้นที่ชายแดน

ผลการศึกษาอัตลักษณ์ท้องถิ่นของแต่ละอำเภอ พบว่า อำเภอเขวาสินรินทร์ มีอัตลักษณ์โดดเด่นด้านผ้าไหมและหัตถกรรมพื้นบ้าน อำเภอชุมพลบุรี มีอัตลักษณ์ด้านวิถีชีวิตริมแม่น้ำมูลและประมงพื้นบ้าน อำเภอสังขะ มีอัตลักษณ์ด้านประวัติศาสตร์ปราสาทขอมและวัฒนธรรมเขมร และอำเภอกาบเชิง มีอัตลักษณ์ด้านเกษตรอินทรีย์และการค้าชายแดนไทย-กัมพูชา ซึ่งสอดคล้องกับผลการสัมภาษณ์เชิงลึกที่ผู้ให้ข้อมูลสำคัญย้ำว่า อัตลักษณ์ทางวัฒนธรรมของแต่ละพื้นที่เป็นทุนสำคัญที่ควรถูกนำมาออกแบบเป็นประสบการณ์ท่องเที่ยวร่วมกัน

2. การพัฒนาผลิตภัณฑ์และเส้นทางท่องเที่ยวบนฐานอัตลักษณ์ท้องถิ่นด้วยนวัตกรรมดิจิทัล

ผลการวิเคราะห์ด้านการพัฒนาผลิตภัณฑ์การท่องเที่ยว พบว่า โดยรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ = 3.74, S.D. = 0.72) ด้านการยอมรับนวัตกรรมดิจิทัลตามแบบจำลอง AIETA โดยรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ = 3.90, S.D. = 0.65) โดยขั้นตอนการรับรู้ (Awareness) มีค่าเฉลี่ยสูงสุด ($\bar{X}$ = 4.12, S.D. = 0.58) รองลงมา คือ ขั้นตอนความสนใจ (Interest) ($\bar{X}$ = 3.98, S.D. = 0.62) ขั้นตอนการประเมิน (Evaluation) ($\bar{X}$ = 3.85, S.D. = 0.67) ขั้นตอนการทดลอง (Trial) ($\bar{X}$ = 3.78, S.D. = 0.69) และขั้นตอนการยอมรับ (Adoption) ($\bar{X}$ = 3.75, S.D. = 0.71) ตามลำดับ

ผลการพัฒนาเส้นทางท่องเที่ยว "วงแหวนวัฒนธรรมสุรินทร์" เป็นเส้นทางท่องเที่ยวที่เชื่อมโยง 4 อำเภอ โดยมีรายละเอียดดังนี้ เส้นทางที่ 1 "สายใยแห่งไหม" เชื่อมโยงอำเภอเขวาสินรินทร์กับแหล่งทอผ้าไหมและหมู่บ้านหัตถกรรม เส้นทางที่ 2 "สายน้ำแห่งชีวิต" เชื่อมโยงอำเภอชุมพลบุรีกับวิถีชีวิตริมแม่น้ำมูล เส้นทางที่ 3 "มรดกขอมอีสานใต้" เชื่อมโยงอำเภอสังขะกับปราสาทขอมและแหล่งโบราณคดี และเส้นทางที่ 4 "ชายแดนแห่งการเรียนรู้" เชื่อมโยงอำเภอกาบเชิงกับเกษตรอินทรีย์และการค้าชายแดน

ด้านนวัตกรรมดิจิทัลที่พัฒนาขึ้น ประกอบด้วย 1) แพลตฟอร์มดิจิทัลนำเสนอข้อมูลท่องเที่ยวผ่านเว็บไซต์และแอปพลิเคชันบนมือถือ 2) สื่อดิจิทัลแบบโต้ตอบ (Interactive Digital Media) รวมถึงวิดีโอ 360 องศา และแผนที่ดิจิทัลเส้นทางท่องเที่ยว 3) ระบบ QR Code สำหรับเข้าถึงข้อมูลแหล่งท่องเที่ยวแบบเรียลไทม์ และ 4) การตลาดดิจิทัลผ่านสื่อสังคมออนไลน์เพื่อส่งเสริมการท่องเที่ยว

3. ผลการประเมินการพัฒนาผลิตภัณฑ์และเส้นทางท่องเที่ยวต่อคุณภาพชีวิตชุมชน

ผลการประเมินคุณภาพชีวิตชุมชนหลังการพัฒนาผลิตภัณฑ์และเส้นทางท่องเที่ยว พบว่า ชุมชนมีรายได้จากการท่องเที่ยวเพิ่มขึ้นเฉลี่ยร้อยละ 25.6 เมื่อเทียบกับก่อนการดำเนินโครงการ ทั้งนี้ การวัดรายได้เปรียบเทียบใช้ข้อมูลรายได้ของครัวเรือนผู้ประกอบการและกลุ่มวิสาหกิจชุมชนที่เข้าร่วมโครงการ จำนวน 60 ครัวเรือน ในช่วงเดือนตุลาคม 2566 ถึงเดือนกันยายน 2567 (ก่อนดำเนินโครงการ) เปรียบเทียบกับช่วงเดือนตุลาคม 2567 ถึงเดือนกันยายน 2568 (หลังดำเนินโครงการ) จากแบบบันทึกรายรับ–รายจ่ายของกลุ่มและการสัมภาษณ์ผู้ประกอบการ ด้านเศรษฐกิจ ชุมชนสามารถจำหน่ายผลิตภัณฑ์ท้องถิ่นได้เพิ่มขึ้น โดยเฉพาะผ้าไหม ผลิตภัณฑ์จักสาน และอาหารพื้นถิ่น ด้านสังคม ชุมชนเกิดความภาคภูมิใจในอัตลักษณ์ท้องถิ่นและมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์วัฒนธรรม ด้านสิ่งแวดล้อม ชุมชนตระหนักถึงการรักษาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมเพื่อการท่องเที่ยวอย่างยั่งยืน

การอภิปรายผล

ผลการวิจัยที่พบว่าศักยภาพด้านการท่องเที่ยวของจังหวัดสุรินทร์โดยรวมอยู่ในระดับมาก สอดคล้องกับแนวคิดของ Ritchie และ Crouch (2003) ที่กล่าวว่าความสามารถในการแข่งขันของแหล่งท่องเที่ยวขึ้นอยู่กับทรัพยากรหลักและปัจจัยดึงดูดใจ ซึ่งจังหวัดสุรินทร์มีทรัพยากรทางวัฒนธรรมที่หลากหลายและเป็นเอกลักษณ์ อีกทั้งยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ ศิริวรรณ และคณะ (2564) ที่พบว่าชุมชนในภาคอีสานมีศักยภาพด้านการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมในระดับสูง

อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณารายด้าน พบว่าด้านการบริหารจัดการมีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุด ($\bar{x}$ = 3.58) แม้จะอยู่ในระดับมาก แต่ก็ต่ำกว่าด้านอื่นอย่างเห็นได้ชัด ผลการสัมภาษณ์เชิงลึกสะท้อนว่าจังหวัดสุรินทร์ยังเผชิญข้อจำกัดสำคัญด้านการประสานงานระหว่างหน่วยงาน การจัดสรรงบประมาณเพื่อการท่องเที่ยว และการพัฒนาบุคลากรด้านการท่องเที่ยวระดับชุมชน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Suansri (2003) ที่พบว่าชุมชนท่องเที่ยวภาคอีสานมักประสบปัญหาการบริหารจัดการแบบมีส่วนร่วม แต่แตกต่างจากผลการศึกษาในพื้นที่ภาคเหนือซึ่งมีระบบเครือข่ายชุมชนท่องเที่ยวที่เข้มแข็งกว่า ทั้งนี้เนื่องจากบริบทของจังหวัดสุรินทร์มีลักษณะเฉพาะคือเป็นพื้นที่ชายแดนที่มีหน่วยงานเกี่ยวข้องหลากหลาย ทั้งฝ่ายปกครอง ฝ่ายความมั่นคง และฝ่ายวัฒนธรรม ทำให้การบูรณาการการบริหารจัดการแหล่งท่องเที่ยวร่วมกันยังไม่ราบรื่นนัก ดังนั้น ควรมีการจัดตั้งกลไกคณะกรรมการบริหารร่วมระดับจังหวัด การพัฒนาผู้นำชุมชนด้านการบริหารจัดการการท่องเที่ยว และการกำหนดบทบาทหน้าที่ของแต่ละหน่วยงานอย่างชัดเจน เพื่อยกระดับคะแนนด้านการบริหารจัดการในระยะต่อไป

ด้านการยอมรับนวัตกรรมดิจิทัลตามแบบจำลอง AIETA ที่อยู่ในระดับมาก สอดคล้องกับทฤษฎีการแพร่กระจายนวัตกรรมของ Rogers (2003) ที่อธิบายว่ากระบวนการยอมรับนวัตกรรมเริ่มจากการรับรู้ ความสนใจ การประเมิน การทดลอง และการยอมรับ ซึ่งผลการวิจัยพบว่าขั้นตอนการรับรู้มีค่าเฉลี่ยสูงสุด แสดงให้เห็นว่าชุมชนมีความตระหนักรู้ต่อนวัตกรรมดิจิทัลเป็นอย่างดี แต่ยังต้องพัฒนาในขั้นตอนการยอมรับให้มากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Neuhofer และคณะ (2015) ที่พบว่าเทคโนโลยีดิจิทัลสามารถเพิ่มคุณค่าให้กับประสบการณ์การท่องเที่ยวได้อย่างมีนัยสำคัญ

การพัฒนาเส้นทางท่องเที่ยว "วงแหวนวัฒนธรรมสุรินทร์" ที่เชื่อมโยง 4 อำเภอ สอดคล้องกับแนวคิดนวัตกรรมการบริการของ Den Hertog (2000) ในมิติแนวคิดการบริการใหม่และมิติระบบการส่งมอบบริการใหม่ ที่เน้นการสร้างคุณค่าร่วมระหว่างชุมชนกับนักท่องเที่ยว ผลการวิจัยยังสอดคล้องกับ Buhalis และ Law (2008) ที่เสนอว่าเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารมีบทบาทสำคัญในการเปลี่ยนแปลงอุตสาหกรรมท่องเที่ยว โดยเฉพาะอย่างยิ่งในด้านการนำเสนอข้อมูลและการเข้าถึงแหล่งท่องเที่ยว

ด้านคุณภาพชีวิตชุมชนที่ดีขึ้นหลังการพัฒนา สอดคล้องกับแนวคิดการท่องเที่ยวโดยชุมชน (Community-Based Tourism: CBT) ที่เน้นการกระจายผลประโยชน์สู่ชุมชนอย่างเป็นธรรม (Suansri, 2003) และสอดคล้องกับเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน (Sustainable Development Goals: SDGs) ขององค์การสหประชาชาติ โดยเฉพาะเป้าหมายที่ 8 ว่าด้วยการส่งเสริมการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจที่ยั่งยืนและครอบคลุม

บทสรุป

การวิจัยเรื่องการพัฒนาผลิตภัณฑ์และเส้นทางท่องเที่ยวอัตลักษณ์ท้องถิ่นด้วยนวัตกรรมดิจิทัลเพื่อคุณภาพชีวิตชุมชน จังหวัดสุรินทร์ พบว่าจังหวัดสุรินทร์มีศักยภาพด้านการท่องเที่ยวในระดับมาก โดยเฉพาะด้านทรัพยากรการท่องเที่ยวที่มีความหลากหลายทางวัฒนธรรมและชาติพันธุ์ การพัฒนาเส้นทางท่องเที่ยว "วงแหวนวัฒนธรรมสุรินทร์" ที่เชื่อมโยง 4 อำเภอ

ร่วมกับการใช้นวัตกรรมดิจิทัลในการส่งเสริมการท่องเที่ยว สามารถสร้างรายได้เพิ่มขึ้นให้ชุมชนและยกระดับคุณภาพชีวิตของประชาชนในพื้นที่อย่างยั่งยืน ชุมชนมีการยอมรับนวัตกรรมดิจิทัลในระดับมาก แสดงถึงความพร้อมในการนำเทคโนโลยีมาใช้พัฒนาการท่องเที่ยวท้องถิ่น อย่างไรก็ตาม ควรมีการพัฒนาศักยภาพบุคลากรด้านดิจิทัลในชุมชนอย่างต่อเนื่อง และควรมีนโยบายสนับสนุนจากภาครัฐในการส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมอย่างเป็นระบบ เพื่อให้เกิดความยั่งยืนในระยะยาว

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย

1.1 ภาครัฐและองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นควรสนับสนุนโครงสร้างพื้นฐานดิจิทัล โดยเฉพาะอย่างยิ่งในอำเภอชายแดน เช่น อำเภอกาบเชิง เพื่อให้ชุมชนสามารถเข้าถึงและใช้ประโยชน์จากแพลตฟอร์มดิจิทัลด้านการท่องเที่ยวได้อย่างทั่วถึง

1.2 ควรจัดตั้งคณะกรรมการบริหารจัดการเส้นทางท่องเที่ยว “วงแหวนวัฒนธรรมสุรินทร์” ในระดับจังหวัด เพื่อบูรณาการการทำงานระหว่างหน่วยงานภาครัฐ ภาคเอกชน และชุมชน อันจะช่วยยกระดับคะแนนด้านการบริหารจัดการให้สูงขึ้น

1.3 ควรพัฒนาหลักสูตรอบรมระยะสั้นด้านการตลาดดิจิทัลและการสร้างเนื้อหาท่องเที่ยว (Digital Content Creation) สำหรับผู้ประกอบการและผู้นำชุมชนอย่างต่อเนื่อง เพื่อยกระดับขั้นตอนการยอมรับ (Adoption) ของนวัตกรรมดิจิทัลให้สูงขึ้น

2. ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ควรศึกษาการตลาดดิจิทัลเชิงลึกสำหรับนักท่องเที่ยวชาวต่างชาติในเส้นทาง “วงแหวนวัฒนธรรมสุรินทร์” โดยเฉพาะนักท่องเที่ยวจากกัมพูชา ลาว และเวียดนาม ที่เป็นกลุ่มเป้าหมายของพื้นที่ชายแดน

2.2 ควรศึกษาผลกระทบระยะยาว (Longitudinal Study) ของการนำนวัตกรรมดิจิทัลมาใช้ต่อคุณภาพชีวิตชุมชนในมิติเศรษฐกิจ สังคม วัฒนธรรม และสิ่งแวดล้อม เพื่อยืนยันความยั่งยืนของผลลัพธ์

2.3 ควรขยายการวิจัยไปยังการพัฒนาเส้นทางท่องเที่ยวเชื่อมโยงข้ามจังหวัดในกลุ่มจังหวัดนครชัยบุรินทร์ (นครราชสีมา ชัยภูมิ บุรีรัมย์ สุรินทร์) เพื่อขยายผลและเพิ่มโอกาสทางเศรษฐกิจให้กับชุมชนในวงกว้าง

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (Fundamental Fund: FF68) ผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์ ผู้นำชุมชน ปราชญ์ชาวบ้าน ผู้ประกอบการและประชาชนในพื้นที่ 4 อำเภอ ที่ให้ความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลเป็นอย่างดี

เอกสารอ้างอิง

การท่องเที่ยวแห่งประเทศไทย. (2566). แผนยุทธศาสตร์การท่องเที่ยวภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. การท่องเที่ยวแห่งประเทศไทย.

ศิริวรรณ วงศ์ทองดี, สุพจน์ อินทรมณี และวราภรณ์ พรหมประสิทธิ์. (2564). ศักยภาพการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมในชุมชนภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย. วารสารการท่องเที่ยวไทยนานาชาติ. 17(2): 45-62.

สำนักงานวัฒนธรรมจังหวัดสุรินทร์. (2565). รายงานสถานการณ์ทางวัฒนธรรมจังหวัดสุรินทร์. สำนักงานวัฒนธรรมจังหวัดสุรินทร์.

Buhalis, D. and Law, R. (2008). Progress in information technology and tourism management: 20 years on and 10 years after the internet - the state of eTourism research. Tourism Management. 29(4): 609-623.

Cochran, W.G. (1977). Sampling Techniques. 3rd Edition. John Wiley & Sons.

Den Hertog, P. (2000). Knowledge-intensive business services as co-producers of innovation. International Journal of Innovation Management. 4(4): 491-528.

Neuhofer, B., Buhalis, D. and Ladkin, A. (2015). Smart technologies for personalized experiences: A case study in the hospitality domain. Electronic Markets. 25(3): 243-254.

Ritchie, J.R.B. and Crouch, G.I. (2003). The Competitive Destination: A Sustainable Tourism Perspective. CABI Publishing.

Rogers, E.M. (2003). Diffusion of Innovations. 5th Edition. Free Press.

Suansri, P. (2003). Community Based Tourism Handbook. Responsible Ecological Social Tour-REST.

อิทธิพลของจุดสัมผัสดิจิทัลและประสบการณ์ลูกค้าต่อความตั้งใจกลับมาพักซ้ำของผู้เข้าพักโรงแรมในเขตกรุงเทพมหานคร
The Influence of Digital Touchpoints and Customer Experience on Revisit Intention among Hotel Guests in Bangkok

ณัฐปรียา โพธิ์พันธุ์[1] ชุติมา จักรจรัส[1] พรรษพล คำไล้[1] ณฐิตา อินทร์ยะ[1]
วรรณพรรธน์ ริมผดี[1] และพิมพ์รวี ทหารแกล้ว[1*]
Natpreeya Phopun[1], Chutima Jakjarus[1], Patsaphon Khamlai[1],
Nathita Inya[1], Wannapat Rimphati[1], and Pimrawee Tahanklaew[1*]

[1]โรงเรียนการท่องเที่ยวและการบริการ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต กรุงเทพมหานคร

[1]School of Tourism and Hospitality Management, Suan Dusit University

[*]Corresponding Author E-mail Address : pimrawee_tah@dusit.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาระดับความคิดเห็นของผู้เข้าพักโรงแรมที่มีต่อจุดสัมผัสดิจิทัล ประสบการณ์ลูกค้า และความตั้งใจกลับมาพักซ้ำในโรงแรมเขตกรุงเทพมหานคร 2) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างจุดสัมผัสดิจิทัล ประสบการณ์ลูกค้า และความตั้งใจกลับมาพักซ้ำของผู้เข้าพักโรงแรมในเขตกรุงเทพมหานคร 3) เพื่อศึกษาอิทธิพลของจุดสัมผัสดิจิทัลต่อประสบการณ์ลูกค้าของผู้เข้าพักโรงแรมในเขตกรุงเทพมหานคร 4) เพื่อศึกษาบทบาทของประสบการณ์ลูกค้าในฐานะตัวแปรส่งผ่านความสัมพันธ์ระหว่างจุดสัมผัสดิจิทัลและความตั้งใจกลับมาพักซ้ำของผู้เข้าพักโรงแรมในเขตกรุงเทพมหานคร การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปริมาณ โดยใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลจากผู้เข้าพักโรงแรมในเขตกรุงเทพมหานคร จำนวน 400 คน เลือกโรงแรมด้วยวิธีการคัดเลือกแบบเฉพาะเจาะจง และเลือกผู้ตอบแบบสอบถามด้วยวิธีการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบสะดวก วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา การวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน และการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ

ผลการวิจัยพบว่า ผู้เข้าพักโรงแรมมีความคิดเห็นต่อจุดสัมผัสดิจิทัล ประสบการณ์ลูกค้า และความตั้งใจกลับมาพักซ้ำอยู่ในระดับมาก โดยจุดสัมผัสดิจิทัลมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$ = 4.35, S.D. = 0.80) ประสบการณ์ลูกค้ามีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$ = 4.35, S.D. = 0.77) และความตั้งใจกลับมาพักซ้ำมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$ = 4.34, S.D. = 0.73) นอกจากนี้ ยังพบว่า จุดสัมผัสดิจิทัลมีอิทธิพลเชิงบวกต่อประสบการณ์ลูกค้า (β = .642) และประสบการณ์ลูกค้ามีอิทธิพลเชิงบวกต่อความตั้งใจกลับมาพักซ้ำ (β = .536) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.001 ทั้งนี้ ตัวแปรจุดสัมผัสดิจิทัลและประสบการณ์ลูกค้าสามารถร่วมกันพยากรณ์ความตั้งใจกลับมาพักซ้ำได้ร้อยละ 57.1 (R^2 = .571) นอกจากนี้ ผลการทดสอบบทบาทตัวแปรส่งผ่านพบว่า ประสบการณ์ลูกค้าทำหน้าที่เป็นตัวแปรส่งผ่านบางส่วนในความสัมพันธ์ระหว่างจุดสัมผัสดิจิทัลและความตั้งใจกลับมาพักซ้ำ ผู้ประกอบการจึงควรให้ความสำคัญกับการพัฒนาจุดสัมผัสดิจิทัลควบคู่กับการสร้างประสบการณ์ลูกค้าที่มีคุณค่า เพื่อส่งเสริมการกลับมาใช้บริการซ้ำและสร้างความได้เปรียบทางการแข่งขันในระยะยาว

คำสำคัญ: จุดสัมผัสดิจิทัล ประสบการณ์ลูกค้า ความตั้งใจกลับมาพักซ้ำ ธุรกิจโรงแรม

Abstract

This research aimed to 1) examine the levels of hotel guests’ opinions toward digital touchpoints, customer experience, and revisit intention in hotels located in Bangkok Metropolitan Area; 2) investigate the relationships among digital touchpoints, customer experience, and revisit intention of hotel guests in Bangkok Metropolitan Area; 3) examine the influence of digital touchpoints on customer experience; and 4) investigate the role of customer experience as a mediating variable in the relationship between digital touchpoints and revisit intention. This study employed a quantitative research approach. Questionnaires were used as the research instrument for data collection from 400 hotel guests in Bangkok Metropolitan Area. Hotels were selected using purposive sampling, while respondents were selected using convenience sampling. Data were analyzed using descriptive statistics, Pearson correlation analysis, and multiple regression analysis.

The findings revealed that hotel guests reported high levels of opinions toward digital touchpoints, customer experience, and revisit intention. Digital touchpoints showed a high mean score ($\bar{x}$ = 4.35, S.D. = 0.80), customer experience showed a high mean score ($\bar{x}$ = 4.35, S.D. = 0.77), and revisit intention showed a high mean score ($\bar{x}$ = 4.34, S.D. = 0.73). In addition, the results indicated that digital touchpoints positively influenced customer experience (β = .642), while customer experience positively influenced revisit intention (β = .536) at the statistical significance level of 0.001. Moreover, digital touchpoints and customer experience jointly predicted 57.1 percent of revisit intention (R^2 = .571). Furthermore, the mediation analysis revealed that customer experience partially mediated the relationship between digital touchpoints and revisit intention. Therefore, hotel operators should emphasize the development of effective digital touchpoints alongside the creation of valuable customer experiences in order to encourage repeat visits and enhance long-term competitive advantage.

Keywords: Digital touchpoints, Customer experience, Revisit intention, Hotel Business

บทนำ

ในบริบทของเศรษฐกิจดิจิทัล เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารได้เข้ามามีบทบาทสำคัญในการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการแข่งขันของอุตสาหกรรมบริการ โดยเฉพาะธุรกิจโรงแรมซึ่งเป็นหนึ่งในกลไกสำคัญของอุตสาหกรรมการท่องเที่ยวของประเทศไทย การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวสะท้อนให้เห็นถึงการเปลี่ยนผ่านจากการแข่งขันด้านการให้บริการ (Service-based Competition) ไปสู่การแข่งขันด้านประสบการณ์ (Experience-based Competition) ซึ่งลูกค้าไม่ได้ประเมินคุณค่าจากคุณภาพของบริการเพียงอย่างเดียว แต่ประเมินจาก “ประสบการณ์โดยรวม” ที่ได้รับตลอดกระบวนการใช้บริการ (Pine & Gilmore, 1998; Becker & Jaakkola, 2020)

ภายใต้บริบทดังกล่าว “จุดสัมผัสดิจิทัล” (Digital Touchpoints) ได้กลายเป็นองค์ประกอบสำคัญของเส้นทางลูกค้า (Customer Journey) โดยลูกค้ามีการปฏิสัมพันธ์กับโรงแรมผ่านช่องทางดิจิทัลในทุกช่วงของการตัดสินใจ ตั้งแต่การค้นหาข้อมูล การเปรียบเทียบทางเลือก การจองที่พัก ไปจนถึงการแบ่งปันประสบการณ์หลังการใช้บริการ (Lemon & Verhoef, 2016) การออกแบบและบริหารจัดการจุดสัมผัสดิจิทัลอย่างมีประสิทธิภาพจึงมีบทบาทสำคัญในการกำหนดการรับรู้และประสบการณ์ของลูกค้า (Kotler et al., 2017; De Keyser et al., 2020)

ในขณะเดียวกัน “ประสบการณ์ลูกค้า” (Customer Experience) ได้กลายเป็นปัจจัยเชิงกลยุทธ์ที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมของลูกค้าในระยะยาว (Becker & Jaakkola, 2020) โดยแนวคิด “เศรษฐกิจที่ขับเคลื่อนด้วยประสบการณ์” (Experience Economy) ชี้ให้เห็นว่า องค์กรสามารถสร้างความแตกต่างทางการแข่งขันผ่านการมอบประสบการณ์ที่มีคุณค่าและมีความหมายให้แก่ลูกค้า (Pine & Gilmore, 1998; เพ็ญทิพา ทองคำเภา, 2568) ในธุรกิจโรงแรม ประสบการณ์ลูกค้ามีบทบาทสำคัญในการสร้างความพึงพอใจ ความประทับใจ และความผูกพัน ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อความตั้งใจกลับมาใช้บริการซ้ำ (Becker & Jaakkola, 2020)

“ความตั้งใจกลับมาพักซ้ำ” (Revisit Intention) เป็นตัวชี้วัดสำคัญของพฤติกรรมการใช้บริการในอนาคต เนื่องจากสะท้อนถึงแนวโน้มที่ลูกค้าจะกลับมาใช้บริการเดิมซ้ำ รวมถึงการแนะนำบริการแก่ผู้อื่นในอนาคต (Zeithaml et al., 1996)

“ทฤษฎีการยืนยันความคาดหวัง” (Expectation Confirmation Theory) (Oliver, 1999) อธิบายว่า พฤติกรรมในอนาคตของลูกค้าขึ้นอยู่กับการประเมินประสบการณ์ที่ผ่านมา เมื่อประสบการณ์ที่ได้รับสอดคล้องหรือสูงกว่าความคาดหวังจะนำไปสู่ความพึงพอใจและความตั้งใจกลับมาใช้บริการซ้ำ

อย่างไรก็ตาม แม้ว่างานวิจัยที่ผ่านมาได้ศึกษาเกี่ยวกับประสบการณ์ลูกค้าและพฤติกรรมการกลับมาใช้บริการซ้ำในอุตสาหกรรมการบริการอย่างกว้างขวาง แต่ยังขาดการศึกษาเชิงประจักษ์ที่อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างจุดสัมผัสดิจิทัล ประสบการณ์ลูกค้า และความตั้งใจกลับมาใช้บริการซ้ำ โดยเฉพาะบทบาทของประสบการณ์ลูกค้าในฐานะตัวแปรส่งผ่านในบริบทของธุรกิจโรงแรมในประเทศไทย (Lemon & Verhoef, 2016; De Keyser et al., 2020)

ดังนั้น การวิจัยครั้งนี้จึงมุ่งศึกษาความสัมพันธ์และอิทธิพลระหว่างจุดสัมผัสดิจิทัล ประสบการณ์ลูกค้า และความตั้งใจกลับมาพักซ้ำของผู้เข้าพักโรงแรมในเขตกรุงเทพมหานคร โดยครอบคลุมทั้งการวิเคราะห์ในเชิงระดับ เชิงความสัมพันธ์ และเชิงอิทธิพลของตัวแปร เพื่อให้สามารถอธิบายพฤติกรรมของผู้บริโภคได้อย่างรอบด้าน ทั้งนี้ การศึกษาดังกล่าวมุ่งเน้นการตรวจสอบอิทธิพลของจุดสัมผัสดิจิทัลต่อประสบการณ์ลูกค้า อิทธิพลของจุดสัมผัสดิจิทัลและประสบการณ์ลูกค้าต่อความตั้งใจกลับมาพักซ้ำ รวมถึงบทบาทของประสบการณ์ลูกค้าในฐานะตัวแปรส่งผ่าน ซึ่งผลการวิจัยจะช่วยเติมเต็มช่องว่างทางวิชาการ และนำไปสู่ข้อเสนอเชิงกลยุทธ์สำหรับผู้ประกอบการโรงแรมในการพัฒนาประสบการณ์ลูกค้าในยุคดิจิทัล (Oliver, 1999; Lemon & Verhoef, 2016)

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาระดับความคิดเห็นของผู้เข้าพักโรงแรมที่มีต่อจุดสัมผัสดิจิทัล ประสบการณ์ลูกค้า และความตั้งใจกลับมาพักซ้ำในโรงแรมเขตกรุงเทพมหานคร

2. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างจุดสัมผัสดิจิทัล ประสบการณ์ลูกค้า และความตั้งใจกลับมาพักซ้ำของผู้เข้าพักโรงแรมในเขตกรุงเทพมหานคร

3. เพื่อศึกษาอิทธิพลของจุดสัมผัสดิจิทัลต่อประสบการณ์ลูกค้าของผู้เข้าพักโรงแรมในเขตกรุงเทพมหานคร

4. เพื่อศึกษาบทบาทของประสบการณ์ลูกค้าในฐานะตัวแปรส่งผ่านความสัมพันธ์ระหว่างจุดสัมผัสดิจิทัลและความตั้งใจกลับมาพักซ้ำของผู้เข้าพักโรงแรมในเขตกรุงเทพมหานคร

สมมติฐานการวิจัย

สมมติฐานที่ 1 (H1) จุดสัมผัสดิจิทัลมีอิทธิพลเชิงบวกต่อประสบการณ์ลูกค้า

สมมติฐานที่ 2 (H2) ประสบการณ์ลูกค้ามีอิทธิพลเชิงบวกต่อความตั้งใจกลับมาพักซ้ำ

สมมติฐานที่ 3 (H3) จุดสัมผัสดิจิทัลมีอิทธิพลเชิงบวกต่อความตั้งใจกลับมาพักซ้ำ

สมมติฐานที่ 4 (H4) ประสบการณ์ลูกค้าทำหน้าที่เป็นตัวแปรส่งผ่านในความสัมพันธ์ระหว่างจุดสัมผัสดิจิทัลและความตั้งใจกลับมาพักซ้ำ

ทบทวนวรรณกรรม

1. แนวคิด ทฤษฎี ที่เกี่ยวข้อง

1.1 แนวคิดเกี่ยวกับจุดสัมผัสดิจิทัล (Digital Touchpoints)

จุดสัมผัสดิจิทัล หมายถึง ช่องทางหรือจุดที่ลูกค้ามีปฏิสัมพันธ์กับองค์กรผ่านเทคโนโลยีดิจิทัล ซึ่งอาจเป็นเว็บไซต์ แอปพลิเคชันมือถือ อีเมล โซเชียลมีเดีย หรือแพลตฟอร์มอื่น ๆ ที่ใช้อินเทอร์เน็ตในแต่ละช่วงของเส้นทางลูกค้า (customer journey) ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการกำหนดการรับรู้และประสบการณ์ของลูกค้า (อุมาวรรณ วาทกิจ, 2569) จุดปฏิสัมพันธ์เหล่านี้มีบทบาทสำคัญในการสร้างประสบการณ์และความพึงพอใจของลูกค้า นอกจากนี้ยังช่วยให้องค์กรสามารถเก็บข้อมูลและวิเคราะห์พฤติกรรมของลูกค้า เพื่อปรับปรุงการให้บริการและการตลาด

งานวิจัยที่ผ่านมาแสดงให้เห็นว่า จุดสัมผัสดิจิทัลเป็นองค์ประกอบสำคัญในการสร้างประสบการณ์ลูกค้าและมีอิทธิพลต่อการรับรู้คุณค่าและพฤติกรรมของลูกค้าในระยะยาว (McLean et al., 2020) โดยเฉพาะในอุตสาหกรรมบริการที่ลูกค้ามีการปฏิสัมพันธ์กับองค์กรผ่านช่องทางดิจิทัลในหลายช่วงของกระบวนการใช้บริการ (McLean et al., 2020) ซึ่งช่องทางดิจิทัลถือเป็นช่องทางที่สามารถสร้างโอกาสให้กับธุรกิจได้อย่างมาก หลักสำคัญอยู่ที่การเลือกใช้ช่องทางดิจิทัลที่เหมาะสมกับธุรกิจ (อาชวิญ พรหมรุ่งเรือง, 2563)

นอกจากนี้ การพัฒนาช่องทางดิจิทัลให้มีประสิทธิภาพ เช่น ใช้งานง่าย ตอบสนองรวดเร็ว และให้ข้อมูลที่ครบถ้วน ยังส่งผลต่อความพึงพอใจและความตั้งใจในการใช้บริการของลูกค้า (Hollebeek et al., 2020) โดยเทคโนโลยีดิจิทัลถือเป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยเสริมศักยภาพและความสามารถในการแข่งขันของธุรกิจบริการ สอดคล้องกับการศึกษาของ กุลรีศา คำสิงห์ และปิญาภรณ์ พงศ์ศาสตร์ (2562) ที่พบว่า ปัจจัยด้านเทคโนโลยีมีอิทธิพลต่อความเป็นเลิศทางการบริการของธุรกิจโรงแรม รวมถึง ณัฐวุฒิ เหมาะประมาณ (2567) ที่ชี้ให้เห็นว่า เทคโนโลยีดิจิทัลมีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาคุณภาพการให้บริการของโรงแรม ขณะเดียวกัน ชยนันท์ จงเจริญชัยสกุลวิโรจน์ เจษฎาลักษณ์ และจันทนา แสนสุข (2561) อธิบายว่า โรงแรมบูติก (Boutique Hotel) หรือโรงแรมขนาดเล็กที่มีห้องพักไม่เกิน 50 ห้อง มีการนำเทคโนโลยีทั้งภายในและภายนอกองค์กรมาประยุกต์ใช้ร่วมกับการบริการ เพื่อเชื่อมโยงระบบการดำเนินงานให้มีความต่อเนื่องและมีประสิทธิภาพมากขึ้น ซึ่งช่วยตอบสนองความต้องการและสร้างความพึงพอใจให้แก่ลูกค้าได้ดียิ่งขึ้น

ในบริบทของประเทศไทย การเปลี่ยนแปลงสู่เศรษฐกิจดิจิทัลส่งผลให้ผู้บริโภคมีพฤติกรรมการใช้บริการผ่านช่องทางออนไลน์มากขึ้น สอดคล้องกับ ภาวุธ พงษ์วิทยภานุ (2567) ที่กล่าวว่า ผู้บริโภคเริ่มคุ้นเคยกับความสะดวกสบายในการซื้อสินค้าออนไลน์ และใช้แพลตฟอร์มดิจิทัลเป็นแหล่งค้นหาข้อมูล และเปรียบเทียบราคาก่อนตัดสินใจซื้อ ซึ่งสะท้อนถึงความสำคัญของจุดสัมผัสดิจิทัลในธุรกิจบริการ (มณฑลี กปิลกาญจน์, 2567)

1.2 แนวคิดเกี่ยวกับประสบการณ์ลูกค้า (Customer Experience)

ประสบการณ์ลูกค้า (Customer Experience) หมายถึง การรับรู้และการตอบสนองของลูกค้าที่เกิดขึ้นตลอดกระบวนการใช้บริการ ทั้งในด้านการรับรู้ ความรู้สึก และพฤติกรรม ซึ่งเกิดจากการปฏิสัมพันธ์ระหว่างลูกค้ากับองค์ประกอบต่าง ๆ ขององค์กรตลอดเส้นทางการใช้บริการ (Customer Journey) โดยประสบการณ์ลูกค้าถือเป็นผลลัพธ์สำคัญที่สะท้อนคุณภาพของการบริการและความสัมพันธ์ระหว่างลูกค้ากับองค์กร (Becker & Jaakkola, 2020; De Keyser et al., 2020)

แนวคิดประสบการณ์ลูกค้า (Customer Experience) ได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง โดยเน้นให้เห็นว่าประสบการณ์ลูกค้าเป็นปัจจัยสำคัญในการสร้างความแตกต่างทางการแข่งขันและเป็นตัวกำหนดความพึงพอใจและความภักดีของลูกค้าในระยะยาว ประสบการณ์ลูกค้าในเชิงลึกนั้นมีทั้งด้านเหตุผล ลักษณะทางกายภาพ และทางด้านอารมณ์ โดยประสบการณ์ทางด้านอารมณ์จะส่งผลต่อประสบการณ์ลูกค้าได้ลึกซึ้งมากกว่าด้านอื่น ๆ ในอุตสาหกรรมโรงแรม ประสบการณ์ลูกค้าไม่ได้เกิดจากการให้บริการเพียงอย่างเดียว แต่เกิดจากการรับรู้และความรู้สึกที่ลูกค้าได้รับตลอดเส้นทางการใช้บริการ (De Keyser et al., 2020) ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดเศรษฐกิจที่ขับเคลื่อนด้วยประสบการณ์ (Experience Economy) ที่มองว่าคุณค่าเกิดจากประสบการณ์ที่ลูกค้าได้รับ (Pine & Gilmore, 1998)

ในบริบทของประเทศไทย พฤติกรรมผู้บริโภคมีแนวโน้มให้ความสำคัญกับประสบการณ์และคุณค่าที่ได้รับจากบริการมากขึ้น ซึ่งมีผลต่อการตัดสินใจใช้บริการในอนาคต (ฉัตยาพร เสมอใจ, 2556) สอดคล้องกับข้อมูลจากแบรนด์ บุฟเฟ่ต์ (2568) ที่ระบุว่า ปัจจุบันพฤติกรรมผู้บริโภคไทยได้ก้าวเข้าสู่ยุค Mindful Consumption อย่างจริงจัง ยุคที่การใช้จ่ายไม่ได้ขับเคลื่อนด้วยราคาเพียงอย่างเดียวอีกต่อไป แต่เป็น การใช้จ่ายเพื่อคุณค่าที่ได้รับ (Value-Oriented Spending)

1.3 แนวคิดเกี่ยวกับความตั้งใจกลับมาพักซ้ำ (Revisit Intention)

ความตั้งใจกลับมาพักซ้ำ หมายถึง ความตั้งใจของลูกค้าในการกลับมาใช้บริการเดิมในอนาคต รวมถึงการแนะนำบริการแก่ผู้อื่น ซึ่งสะท้อนถึงแนวโน้มการกลับมาใช้บริการของลูกค้าในอนาคต (Zeithaml et al., 1996) นักวิจัยหลายท่านระบุว่า นักท่องเที่ยวที่กลับมาเยือนสถานที่เดิมซ้ำ มักจะมีแนวโน้มพักอยู่นานขึ้น เข้าร่วมกิจกรรมการบริโภคอย่างเข้มข้นมากขึ้น มีความพึงพอใจสูงขึ้น และมีการบอกต่อในเชิงบวก (word of mouth) ขณะเดียวกันยังใช้ต้นทุนทางการตลาดต่ำกว่านักท่องเที่ยวที่มาเยือนครั้งแรก (Lehto et al., 2004; Zhang et al., 2014) กล่าวโดยสรุป คือ ความตั้งใจกลับมาพักซ้ำนั้นเป็นพฤติกรรมที่นักท่องเที่ยวที่เคยเข้าพักในโรงแรมใดโรงแรมหนึ่ง แล้วเกิดทัศนคติในเชิงบวกต่อโรงแรมนั้น ๆ และตั้งใจกลับมาพักโรงแรมเดิมซ้ำอีกครั้ง สอดคล้องกับทฤษฎีความตั้งใจเชิงพฤติกรรม (Behavioral Intention Theory) อธิบายว่า พฤติกรรมในอนาคตของลูกค้าเป็นผลมาจากการรับรู้ ประสบการณ์ และทัศนคติที่เกิดขึ้นจากการใช้บริการ โดยลูกค้าที่มีประสบการณ์เชิงบวกจะมีแนวโน้มกลับมาใช้บริการซ้ำ (Ajzen, 1991)

ทฤษฎีการยืนยันความคาดหวัง (Expectation–Confirmation Theory) (Oliver, 1999) อธิบายว่า เมื่อลูกค้าได้รับประสบการณ์ที่สอดคล้องหรือสูงกว่าความคาดหวัง จะนำไปสู่ความพึงพอใจ และส่งผลต่อความตั้งใจกลับมาใช้บริการซ้ำ

งานวิจัยที่ผ่านมาแสดงให้เห็นว่า ประสบการณ์ลูกค้าเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อความตั้งใจกลับมาใช้บริการซ้ำในธุรกิจบริการและอุตสาหกรรมโรงแรม

ในบริบทของประเทศไทย การแข่งขันในธุรกิจโรงแรมและการท่องเที่ยวส่งผลให้ผู้ประกอบการต้องให้ความสำคัญกับการสร้างความภักดีของลูกค้า เพื่อรักษาฐานลูกค้าในระยะยาว (กรมการท่องเที่ยว, 2565)

จากการทบทวนวรรณกรรมที่ผ่านมา พบว่า จุดสัมผัสดิจิทัลมีบทบาทสำคัญต่อการสร้างประสบการณ์ของลูกค้าในธุรกิจบริการ โดยเฉพาะในบริบทธุรกิจโรงแรมที่ผู้เข้าพักมีการปฏิสัมพันธ์กับช่องทางดิจิทัลตลอดเส้นทางการใช้บริการ ตั้งแต่การค้นหาข้อมูล การจองห้องพัก การติดต่อสื่อสาร ไปจนถึงการประเมินหลังการใช้บริการ ทั้งนี้ McLean et al. (2020) อธิบายว่า จุดสัมผัสดิจิทัลที่มีประสิทธิภาพสามารถส่งผลต่อการรับรู้ ความพึงพอใจ และประสบการณ์ของลูกค้าได้โดยตรง

ขณะเดียวกัน งานศึกษาหลายชิ้นยังพบว่า ประสบการณ์ลูกค้าเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อพฤติกรรมในอนาคตของผู้บริโภค โดยเฉพาะความตั้งใจกลับมาใช้บริการซ้ำ เนื่องจากเมื่อผู้บริโภครับรู้ถึงคุณค่า ความสะดวก และความประทับใจจากการใช้บริการ ย่อมส่งผลต่อความตั้งใจในการกลับมาใช้บริการในอนาคต (Oliver, 1999)

งานศึกษาที่เกี่ยวข้องชี้ให้เห็นว่า จุดสัมผัสดิจิทัลสามารถส่งผลต่อการรับรู้ ประสบการณ์ และพฤติกรรมของลูกค้าในอนาคต เนื่องจากการปฏิสัมพันธ์ผ่านช่องทางดิจิทัลเป็นส่วนหนึ่งของเส้นทางการใช้บริการของลูกค้า (Customer Journey) ซึ่งมีบทบาทต่อการประเมินประสบการณ์โดยรวมของผู้ใช้บริการ (Lemon & Verhoef, 2016; McLean et al., 2020)

จากแนวคิดและผลการศึกษาที่เกี่ยวข้องดังกล่าว ผู้วิจัยจึงพัฒนากรอบแนวคิดการวิจัยเพื่ออธิบายความสัมพันธ์ระหว่างจุดสัมผัสดิจิทัล ประสบการณ์ลูกค้า และความตั้งใจกลับมาพักซ้ำของผู้เข้าพักโรงแรมในเขตกรุงเทพมหานคร

1.4 ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรในการวิจัย

1.4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างจุดสัมผัสดิจิทัลและประสบการณ์ลูกค้า

จุดสัมผัสดิจิทัล (Digital Touchpoints) เป็นองค์ประกอบสำคัญของเส้นทางลูกค้า (Customer Journey) ซึ่งลูกค้ามีการปฏิสัมพันธ์กับองค์กรผ่านช่องทางดิจิทัลในหลายช่วงของการใช้บริการ ไม่ว่าจะเป็นการค้นหาข้อมูล การจองที่พัก การติดต่อสื่อสาร หรือการแสดงความคิดเห็นหลังการใช้บริการ โดยคุณภาพของจุดสัมผัสดิจิทัลสามารถส่งผลต่อการรับรู้และประสบการณ์ของลูกค้าโดยตรง (Lemon & Verhoef, 2016)

แนวคิดประสบการณ์ลูกค้า (Customer Experience) อธิบายว่า การปฏิสัมพันธ์ในแต่ละจุดสัมผัสมีบทบาทสำคัญในการกำหนดประสบการณ์โดยรวมของลูกค้า ทั้งในด้านอารมณ์ ความสะดวก ความพึงพอใจ และการรับรู้คุณค่า (De Keyser et al., 2020) โดยเฉพาะในธุรกิจโรงแรมที่ลูกค้ามักเริ่มต้นประสบการณ์ผ่านช่องทางดิจิทัลก่อนการเข้าพักจริง งานวิจัยของ McLean et al. (2020) ยังชี้ให้เห็นว่า คุณภาพของช่องทางดิจิทัล เช่น ความง่ายในการใช้งาน ความรวดเร็วในการตอบสนอง และความครบถ้วนของข้อมูล สามารถส่งผลเชิงบวกต่อประสบการณ์ของลูกค้าได้อย่างมีนัยสำคัญ

1.4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างประสบการณ์ลูกค้าและความตั้งใจกลับมาพักซ้ำ

ประสบการณ์ลูกค้า (Customer Experience) ถือเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อพฤติกรรมของลูกค้าในอนาคต โดยเฉพาะในธุรกิจบริการที่ลูกค้าให้ความสำคัญกับความรู้สึก ความประทับใจ และคุณค่าที่ได้รับจากการใช้บริการ (Becker & Jaakkola, 2020) หากลูกค้าได้รับประสบการณ์ที่ดี ย่อมส่งผลต่อทัศนคติ ความพึงพอใจ และความตั้งใจกลับมาใช้บริการซ้ำ

ทฤษฎีการยืนยันความคาดหวัง (Expectation–Confirmation Theory) ของ Oliver (1999) อธิบายว่า เมื่อลูกค้าได้รับประสบการณ์ที่สอดคล้องหรือสูงกว่าความคาดหวัง จะนำไปสู่ความพึงพอใจและพฤติกรรมการใช้บริการในอนาคต ขณะเดียวกัน Zeithaml et al. (1996) ยังระบุว่า ประสบการณ์เชิงบวกมีความสัมพันธ์กับความตั้งใจกลับมาใช้บริการซ้ำและการแนะนำบริการแก่ผู้อื่น

1.4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างจุดสัมผัสดิจิทัลและความตั้งใจกลับมาพักซ้ำ

จุดสัมผัสดิจิทัลเป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยอำนวยความสะดวกและสร้างการรับรู้ให้แก่ลูกค้าตลอดกระบวนการใช้บริการ โดยเฉพาะในยุคดิจิทัลที่ลูกค้ามีการตัดสินใจผ่านช่องทางออนไลน์มากขึ้น คุณภาพของช่องทางดิจิทัลจึงสามารถส่งผลต่อทัศนคติและพฤติกรรมของลูกค้าได้โดยตรง

Lemon and Verhoef (2016) อธิบายว่า การปฏิสัมพันธ์ผ่านจุดสัมผัสในแต่ละช่วงของเส้นทางลูกค้ามีผลต่อการประเมินประสบการณ์โดยรวมและพฤติกรรมในอนาคตของลูกค้า ขณะเดียวกัน McLean et al. (2020) ยังพบว่าช่องทางดิจิทัลที่มีประสิทธิภาพสามารถส่งผลต่อความตั้งใจในการกลับมาใช้บริการของลูกค้าในธุรกิจบริการได้

1.4.4 บทบาทส่งผ่านของประสบการณ์ลูกค้า

แนวคิดเศรษฐกิจที่ขับเคลื่อนด้วยประสบการณ์ (Experience Economy) ของ Pine and Gilmore (1998) อธิบายว่า ลูกค้าไม่ได้ประเมินคุณค่าจากสินค้าและบริการเพียงอย่างเดียว แต่ประเมินจากประสบการณ์ที่ได้รับตลอดกระบวนการใช้บริการ ดังนั้น แม้จุดสัมผัสดิจิทัลจะสามารถส่งผลต่อพฤติกรรมของลูกค้าได้โดยตรง แต่ผลกระทบดังกล่าวอาจถูกถ่ายทอดผ่านประสบการณ์ลูกค้า

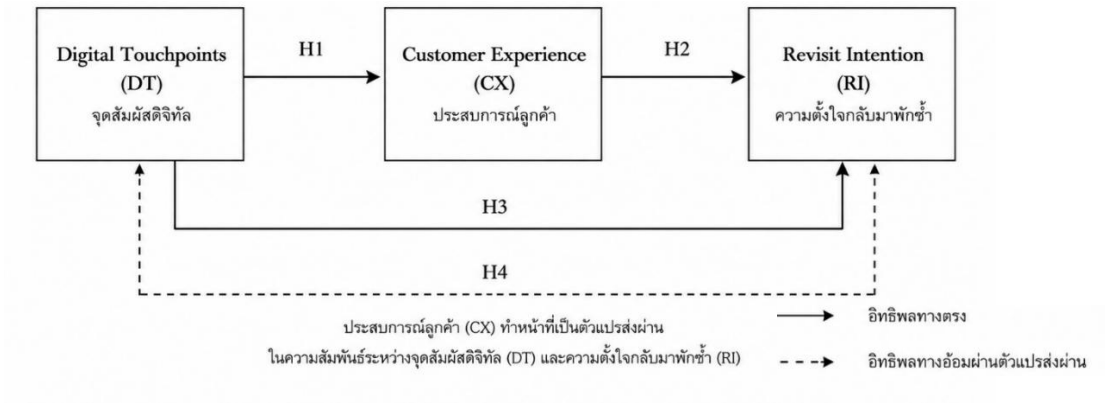
นอกจากนี้ แนวคิดประสบการณ์ลูกค้า (Customer Experience) ยังอธิบายว่า การปฏิสัมพันธ์ผ่านจุดสัมผัสต่าง ๆ จะส่งผลต่อการรับรู้และความรู้สึกของลูกค้า ซึ่งประสบการณ์ดังกล่าวสามารถนำไปสู่พฤติกรรมในอนาคต เช่น ความตั้งใจกลับมาใช้บริการซ้ำ (Becker & Jaakkola, 2020)

2. กรอบแนวคิดวิจัย

กรอบแนวคิดการวิจัยนี้พัฒนาขึ้นจากการสังเคราะห์แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับจุดสัมผัสดิจิทัล ประสบการณ์ลูกค้า และพฤติกรรมของลูกค้าในอนาคต โดยอาศัยแนวคิดเส้นทางลูกค้า (Customer Journey) ของ Lemon and Verhoef (2016) ซึ่งอธิบายว่า การปฏิสัมพันธ์ของลูกค้าในแต่ละจุดสัมผัสมีผลต่อการรับรู้และประสบการณ์โดยรวมของลูกค้า ร่วมกับแนวคิดประสบการณ์ลูกค้า (Customer Experience) ของ Becker and Jaakkola (2020) และทฤษฎีการยืนยันความคาดหวัง (Expectation–Confirmation Theory) ของ Oliver (1999) ที่อธิบายว่า ประสบการณ์ที่ลูกค้าได้รับจากการใช้บริการสามารถส่งผลต่อพฤติกรรมในอนาคต โดยเฉพาะความตั้งใจกลับมาใช้บริการซ้ำ

จากการทบทวนวรรณกรรม พบว่า จุดสัมผัสดิจิทัลมีบทบาทสำคัญในการสร้างประสบการณ์ลูกค้า และสามารถส่งผลต่อความตั้งใจกลับมาพักซ้ำได้ทั้งทางตรงและทางอ้อมผ่านประสบการณ์ลูกค้า โดยประสบการณ์ลูกค้าถือเป็นปัจจัยสำคัญที่เชื่อมโยงระหว่างการปฏิสัมพันธ์ผ่านช่องทางดิจิทัลและพฤติกรรมของลูกค้าในอนาคต

ดังนั้น การวิจัยครั้งนี้จึงกำหนดให้ จุดสัมผัสดิจิทัล (Digital Touchpoints: DT) เป็นตัวแปรต้น ประสบการณ์ลูกค้า (Customer Experience: CX) เป็นตัวแปรส่งผ่าน และความตั้งใจกลับมาพักซ้ำ (Revisit Intention: RI) เป็นตัวแปรตาม เพื่ออธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับพฤติกรรมของผู้เข้าพักโรงแรมในเขตกรุงเทพมหานคร



รูปที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

กรอบแนวคิดการวิจัยนี้แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจุดสัมผัสดิจิทัล ประสบการณ์ลูกค้า และความตั้งใจกลับมาพักซ้ำของผู้เข้าพักโรงแรมในเขตกรุงเทพมหานคร โดยกำหนดให้ จุดสัมผัสดิจิทัลมีอิทธิพลเชิงบวกต่อประสบการณ์ลูกค้า (H1) ประสบการณ์ลูกค้ามีอิทธิพลเชิงบวกต่อความตั้งใจกลับมาพักซ้ำ (H2) และจุดสัมผัสดิจิทัลมีอิทธิพลเชิงบวกต่อความตั้งใจกลับมาพักซ้ำ (H3) นอกจากนี้ การวิจัยยังมุ่งตรวจสอบบทบาทของประสบการณ์ลูกค้าในฐานะตัวแปรส่งผ่านความสัมพันธ์ระหว่างจุดสัมผัสดิจิทัลและความตั้งใจกลับมาพักซ้ำ (H4) อีกด้วย

วิธีการดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปริมาณ (Quantitative Research) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของจุดสัมผัสดิจิทัลต่อประสบการณ์ลูกค้าและความตั้งใจกลับมาพักซ้ำของผู้เข้าพักโรงแรมในเขตกรุงเทพมหานคร รวมถึงบทบาทของประสบการณ์ลูกค้าในฐานะตัวแปรส่งผ่าน

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรในการวิจัย คือ ผู้เข้าพักโรงแรมชาวไทยที่เคยใช้บริการโรงแรมในเขตกรุงเทพมหานคร และมีประสบการณ์ปฏิสัมพันธ์กับช่องทางดิจิทัลของโรงแรม เช่น เว็บไซต์ แอปพลิเคชัน แพลตฟอร์มการจองออนไลน์ หรือช่องทางสื่อสารออนไลน์ของโรงแรม

กลุ่มตัวอย่างในการวิจัย คือ ผู้เข้าพักโรงแรมจำนวน 400 คน จากโรงแรมจำนวน 19 แห่งในเขตกรุงเทพมหานคร โดยผู้วิจัยเลือกโรงแรมด้วยวิธีการคัดเลือกแบบเฉพาะเจาะจง (Purposive Sampling) ตามเกณฑ์ ได้แก่ 1) เป็นโรงแรมที่ตั้งอยู่ในเขตกรุงเทพมหานคร 2) มีการให้บริการหรือสื่อสารกับลูกค้าผ่านช่องทางดิจิทัลอย่างชัดเจน เช่น เว็บไซต์ แอปพลิเคชัน หรือแพลตฟอร์มการจองออนไลน์ 3) มีผู้เข้าพักที่มีประสบการณ์ใช้งานช่องทางดิจิทัลของโรงแรม และ 4) เป็นโรงแรมที่ยินยอมให้ผู้วิจัยเข้าพื้นที่หรือเข้าถึงกลุ่มผู้เข้าพักเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล

สำหรับการคัดเลือกผู้ตอบแบบสอบถาม ผู้วิจัยใช้วิธีการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบไม่อาศัยความน่าจะเป็นแบบสะดวก (Convenience Sampling) โดยเลือกเก็บข้อมูลจากผู้เข้าพักที่ยินยอมตอบแบบสอบถามในช่วงเวลาการเก็บข้อมูล และมีคุณสมบัติตรงตามเกณฑ์ที่กำหนด

การกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างจำนวน 400 คน พิจารณาจากความเหมาะสมของการวิเคราะห์ความสัมพันธ์และการวิเคราะห์การถดถอย ซึ่งจำเป็นต้องใช้กลุ่มตัวอย่างที่เพียงพอเพื่อให้ผลการวิเคราะห์มีความน่าเชื่อถือและมีเสถียรภาพ (Hair et al., 2019)

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ แบบสอบถาม ซึ่งพัฒนาขึ้นจากการทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยแบ่งออกเป็น 4 ส่วน ได้แก่

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

ส่วนที่ 2 แบบสอบถามเกี่ยวกับจุดสัมผัสดิจิทัล

ส่วนที่ 3 แบบสอบถามเกี่ยวกับประสบการณ์ลูกค้า

ส่วนที่ 4 แบบสอบถามเกี่ยวกับความตั้งใจกลับมาพักซ้ำ

โดยแบบสอบถามในส่วนที่ 2–4 ใช้มาตราส่วนประมาณค่าแบบลิเคิร์ท (Likert Scale) 5 ระดับ ตั้งแต่ 1 = ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง ถึง 5 = เห็นด้วยอย่างยิ่ง

การแปลผลค่าเฉลี่ยของแบบสอบถาม กำหนดดังนี้ ค่าเฉลี่ย 4.51–5.00 หมายถึง ระดับมากที่สุด ค่าเฉลี่ย 3.51–4.50 หมายถึง ระดับมาก ค่าเฉลี่ย 2.51–3.50 หมายถึง ระดับปานกลาง ค่าเฉลี่ย 1.51–2.50 หมายถึง ระดับน้อย และค่าเฉลี่ย 1.00–1.50 หมายถึง ระดับน้อยที่สุด

3. การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัย

ผู้วิจัยได้ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) ของแบบสอบถามโดยผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน และคำนวณค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์ (Index of Item–Objective Congruence: IOC) พบว่า มีค่าอยู่ระหว่าง 0.67–1.00 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่สามารถนำไปใช้ได้

นอกจากนี้ ผู้วิจัยได้ทดสอบความเชื่อมั่นของแบบสอบถาม (Reliability) โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's Alpha Coefficient) พบว่า แบบสอบถามมีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.85 สะท้อนว่าแบบสอบถามมีความเชื่อมั่นในระดับดีและเหมาะสมสำหรับการเก็บรวบรวมข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้

4. การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลจากผู้เข้าพักโรงแรมในเขตกรุงเทพมหานคร โดยใช้แบบสอบถามทั้งในรูปแบบออนไลน์และแบบสอบถามกระดาษ

ก่อนการเก็บข้อมูล ผู้วิจัยได้ชี้แจงวัตถุประสงค์ของการวิจัยแก่ผู้ตอบแบบสอบถาม พร้อมทั้งยืนยันว่าข้อมูลที่ได้รับจะถูกเก็บเป็นความลับและใช้เพื่อการวิจัยเท่านั้น

ระยะเวลาในการเก็บรวบรวมข้อมูลอยู่ในช่วงเดือนธันวาคม 2568 ถึง มกราคม 2569

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ ใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ โดยแบ่งการวิเคราะห์ออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่

5.1 สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics)

ใช้วิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม ได้แก่ ความถี่ (Frequency) ร้อยละ (Percentage) ค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)

5.2 สถิติเชิงอนุมาน (Inferential Statistics)

สถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐาน ได้แก่

1) การวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson Correlation Analysis) เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร

2) การวิเคราะห์การถดถอยเชิงพหุคูณ (Multiple Regression Analysis) เพื่อศึกษาอิทธิพลของตัวแปร

3) การตรวจสอบบทบาทของตัวแปรส่งผ่าน (Mediation Analysis) ตามแนวทางของ Baron and Kenny (1986) โดยพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต้น ตัวแปรส่งผ่าน และตัวแปรตามผ่านการวิเคราะห์การถดถอย และพิจารณาการเปลี่ยนแปลงของค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยของตัวแปรต้นเมื่อเพิ่มตัวแปรส่งผ่านเข้าสู่สมการ

ในการทดสอบสมมติฐานทางสถิติ ผู้วิจัยพิจารณานัยสำคัญที่ระดับ .05, .01 หรือ .001 ตามความเหมาะสมของผลการคำนวณจากโปรแกรมสำเร็จรูป

ผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาระดับ ความสัมพันธ์ และอิทธิพลของจุดสัมผัสดิจิทัล (Digital Touchpoints: DT) ประสบการณ์ลูกค้า (Customer Experience: CX) และความตั้งใจกลับมาพักซ้ำ (Revisit Intention: RI) ของผู้เข้าพักโรงแรมในเขตกรุงเทพมหานคร โดยใช้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 400 คน มีผลการวิจัยดังนี้

1. ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม ประกอบด้วย เพศ อายุ ระดับการศึกษา และความถี่ในการเข้าพักโรงแรม ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง คิดเป็นร้อยละ 58.0 มีอายุระหว่าง 25–34 ปี คิดเป็นร้อยละ 45.0 มีระดับการศึกษาปริญญาตรี คิดเป็นร้อยละ 62.5 และส่วนใหญ่เข้าพักโรงแรม 3–5 ครั้งต่อปี คิดเป็นร้อยละ 48.0 ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่ากลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นผู้บริโภควัยทำงานที่มีประสบการณ์ในการใช้บริการโรงแรมอย่างต่อเนื่อง

2. ผลการวิเคราะห์ระดับความคิดเห็นของตัวแปรในการวิจัย

2.1 ระดับความคิดเห็นต่อจุดสัมผัสดิจิทัล (Digital Touchpoints)

ผลการวิเคราะห์ระดับความคิดเห็นของผู้เข้าพักโรงแรมต่อจุดสัมผัสดิจิทัล พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามให้ความสำคัญต่อองค์ประกอบด้านจุดสัมผัสดิจิทัลในระดับมาก โดยมีรายละเอียดดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ระดับความคิดเห็นของผู้ตอบแบบสอบถามต่อจุดสัมผัสดิจิทัล

ด้านจุดสัมผัสดิจิทัล	$\bar{x}$	S.D.	ระดับ
1. ความง่ายในการใช้งาน (Usability)	4.42	0.75	มาก
2. ความครบถ้วนของข้อมูล (Information Quality)	4.27	0.77	มาก
3. ความสะดวกในการเข้าถึง (Accessibility)	4.42	0.84	มาก
4. ความรวดเร็วในการตอบสนอง (Responsiveness)	4.37	0.78	มาก
5. ความปลอดภัยของข้อมูล (Data Security)	4.29	0.84	มาก
ค่าเฉลี่ยรวม	4.35	0.80	มาก

จากตารางที่ 1 พบว่า ผู้เข้าพักโรงแรมมีความคิดเห็นต่อจุดสัมผัสดิจิทัลโดยรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$ = 4.35, S.D. = 0.80) โดยด้านที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด ได้แก่ ความง่ายในการใช้งาน และความสะดวกในการเข้าถึง ($\bar{x}$ = 4.42) สะท้อนให้เห็นว่าผู้เข้าพักให้ความสำคัญกับการใช้งานระบบดิจิทัลที่สะดวกและเข้าถึงได้ง่าย ขณะที่ด้านความครบถ้วนของข้อมูลมีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุด ($\bar{x}$ = 4.27) ซึ่งอาจสะท้อนถึงความคาดหวังของผู้ใช้บริการต่อข้อมูลดิจิทัลที่มีความชัดเจนและครอบคลุมมากยิ่งขึ้น

2.2 ระดับความคิดเห็นต่อประสบการณ์ลูกค้า (Customer Experience)

ผลการวิเคราะห์ความคิดเห็นของผู้เข้าพักโรงแรมต่อประสบการณ์ลูกค้า แสดงให้เห็นถึงการรับรู้ประสบการณ์ที่เกิดขึ้นจากการใช้บริการในมิติต่าง ๆ ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ระดับความคิดเห็นของผู้ตอบแบบสอบถามต่อประสบการณ์ลูกค้า

ด้านประสบการณ์ลูกค้า	$\bar{x}$	S.D.	ระดับ
1. ประสบการณ์ด้านการใช้งาน	4.25	0.88	มาก
2. ประสบการณ์ด้านอารมณ์	4.38	0.70	มาก
3. ประสบการณ์ด้านความสะดวก	4.35	0.77	มาก
4. ประสบการณ์ด้านคุณค่า	4.40	0.73	มาก
ค่าเฉลี่ยรวม	4.35	0.77	มาก

จากตารางที่ 2 พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามมีความคิดเห็นต่อประสบการณ์ลูกค้าโดยรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$ = 4.35, S.D. = 0.77) โดยประสบการณ์ด้านคุณค่ามีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด ($\bar{x}$ = 4.40) สะท้อนให้เห็นว่าผู้เข้าพักให้ความสำคัญกับคุณค่าและความประทับใจที่ได้รับจากการใช้บริการ ขณะที่ประสบการณ์ด้านการใช้งานมีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุด ($\bar{x}$ = 4.25)

2.3 ระดับความคิดเห็นต่อความตั้งใจกลับมาพักซ้ำ (Revisit Intention)

ผลการวิเคราะห์ระดับความคิดเห็นเกี่ยวกับความตั้งใจกลับมาพักซ้ำของผู้เข้าพักโรงแรม สะท้อนแนวโน้มพฤติกรรมการกลับมาใช้บริการในอนาคต ดังรายละเอียดในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ระดับความคิดเห็นของผู้ตอบแบบสอบถามต่อความตั้งใจกลับมาพักซ้ำ

ด้านความตั้งใจกลับมาใช้ซ้ำ	$\bar{x}$	S.D.	ระดับ
1. ความตั้งใจกลับมาใช้บริการ	4.34	0.84	มาก
2. การเลือกใช้บริการซ้ำ	4.29	0.72	มาก
3. การแนะนำผู้อื่น	4.38	0.71	มาก
4. ความชื่นชอบต่อโรงแรม	4.36	0.72	มาก
5. แนวโน้มการกลับมาใช้บริการซ้ำ	4.33	0.76	มาก
ค่าเฉลี่ยรวม	4.34	0.73	มาก

จากตารางที่ 3 พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามมีความคิดเห็นต่อความตั้งใจกลับมาพักซ้ำโดยรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$ = 4.34, S.D. = 0.73) โดยด้านการแนะนำผู้อื่นมีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด ($\bar{x}$ = 4.38) สะท้อนให้เห็นว่าผู้เข้าพักมีแนวโน้มในการบอกต่อและมีทัศนคติเชิงบวกต่อโรงแรม ขณะที่ด้านการเลือกใช้บริการซ้ำมีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุด ($\bar{x}$ = 4.29)

3. ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร

เพื่อตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างจุดสัมผัสดิจิทัล ประสบการณ์ลูกค้า และความตั้งใจกลับมาพักซ้ำ ผู้วิจัยได้ใช้การวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson Correlation Analysis) ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน

ตัวแปร	DT	CX	RI
จุดสัมผัสดิจิทัล (DT)	1		
ประสบการณ์ลูกค้า (CX)	.642**	1	
ความตั้งใจกลับมากพักซ้ำ (RI)	.598**	.711**	1

หมายเหตุ: ** $p < .01$

เพื่อตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างจุดสัมผัสดิจิทัล ประสบการณ์ลูกค้า และความตั้งใจกลับมาพักซ้ำ ผู้วิจัยได้ใช้การวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson Correlation Analysis) ผลการวิเคราะห์พบว่า ตัวแปรทั้งหมดมีความสัมพันธ์เชิงบวกต่อกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 โดยประสบการณ์ลูกค้ามีความสัมพันธ์กับความตั้งใจกลับมาพักซ้ำในระดับสูงที่สุด สะท้อนให้เห็นว่า การสร้างประสบการณ์ที่ดีให้แก่ผู้เข้าพักมีส่วนสำคัญต่อแนวโน้มการกลับมาใช้บริการซ้ำในอนาคต ขณะเดียวกัน จุดสัมผัสดิจิทัลที่มีประสิทธิภาพยังมีส่วนช่วยส่งเสริมประสบการณ์ของลูกค้าและความตั้งใจกลับมาใช้บริการซ้ำของผู้เข้าพักโรงแรมได้

4. ผลการวิเคราะห์อิทธิพลของตัวแปร

4.1 การวิเคราะห์อิทธิพลของจุดสัมผัสดิจิทัลต่อประสบการณ์ลูกค้า

ผู้วิจัยได้ใช้การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย (Simple Linear Regression Analysis) พบว่า จุดสัมผัสดิจิทัลมีอิทธิพลเชิงบวกต่อประสบการณ์ลูกค้า (β = .642, t = 18.921, $p < .001$) โดยสามารถอธิบายความแปรปรวนของประสบการณ์ลูกค้าได้ร้อยละ 41.2 (R^2 = .412; F = 357.006, $p < .001$) สะท้อนให้เห็นว่า การออกแบบและพัฒนาช่องทางดิจิทัลที่มีประสิทธิภาพ เช่น ความง่ายในการใช้งาน ความสะดวกในการเข้าถึง และความรวดเร็วในการตอบสนอง สามารถส่งผลต่อการรับรู้และประสบการณ์ของผู้เข้าพักโรงแรมได้

4.2 การวิเคราะห์อิทธิพลของจุดสัมผัสดิจิทัลและประสบการณ์ลูกค้าต่อความตั้งใจกลับมาพักซ้ำ

ผู้วิจัยได้ใช้การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (Multiple Regression Analysis) เพื่อศึกษาว่า จุดสัมผัสดิจิทัลและประสบการณ์ลูกค้ามีอิทธิพลต่อความตั้งใจกลับมาพักซ้ำของผู้เข้าพักโรงแรม ดังรายละเอียดในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณของจุดสัมผัสดิจิทัลและประสบการณ์ลูกค้าต่อความตั้งใจกลับมาพักซ้ำ

ตัวแปรพยากรณ์	B	Beta	t	Sig.
จุดสัมผัสดิจิทัล (DT)	0.291	0.287	7.214	< .001***
ประสบการณ์ลูกค้า (CX)	0.518	0.536	13.476	< .001***

หมายเหตุ: *** p < .001

Model fit: n = 400; R^2= .571; Adjusted R^2= 0.569; F=264.318

ผู้วิจัยได้ใช้การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (Multiple Regression Analysis) เพื่อวิเคราะห์อิทธิพลของจุดสัมผัสดิจิทัลและประสบการณ์ลูกค้าต่อความตั้งใจกลับมาพักซ้ำของผู้เข้าพักโรงแรม พบว่า จุดสัมผัสดิจิทัลมีอิทธิพลเชิงบวกต่อความตั้งใจกลับมาพักซ้ำ (β = .287, p < .001) และประสบการณ์ลูกค้ามีอิทธิพลเชิงบวกต่อความตั้งใจกลับมาพักซ้ำ (β = .536, p < .001) โดยประสบการณ์ลูกค้าเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลสูงที่สุด นอกจากนี้ ตัวแปรทั้งสองสามารถร่วมกันพยากรณ์ความตั้งใจกลับมาพักซ้ำได้ร้อยละ 57.1 (R^2 = .571) ผลการวิจัยสะท้อนให้เห็นว่า แม้จุดสัมผัสดิจิทัลจะมีบทบาทสำคัญต่อพฤติกรรมของผู้เข้าพักโรงแรมโดยตรง แต่ประสบการณ์ลูกค้าถือเป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยเสริมสร้างความตั้งใจกลับมาใช้บริการซ้ำของลูกค้าในระยะยาว

5. ผลการทดสอบบทบาทตัวแปรส่งผ่านของประสบการณ์ลูกค้า

ผู้วิจัยได้ตรวจสอบบทบาทของประสบการณ์ลูกค้าในฐานะตัวแปรส่งผ่านความสัมพันธ์ระหว่างจุดสัมผัสดิจิทัลและความตั้งใจกลับมาพักซ้ำ ตามแนวทางของ Baron and Kenny (1986) ดังรายละเอียดในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ผลการทดสอบบทบาทตัวแปรส่งผ่านของประสบการณ์ลูกค้า

ขั้นตอน	ความสัมพันธ์	Beta	Sig.	ผลการทดสอบ
1	DT ⟶ CX	.642	< .001***	มีนัยสำคัญ
2	CX ⟶ RI	.536	< .001***	มีนัยสำคัญ
3	DT ⟶ RI	.598	< .001***	มีนัยสำคัญ
4	DT ⟶ CX ⟶ RI	.287	< .001***	มีนัยสำคัญแต่ค่าสัมประสิทธิ์ลดลง

หมายเหตุ: *** p < .001

ผู้วิจัยได้ตรวจสอบบทบาทของประสบการณ์ลูกค้าในฐานะตัวแปรส่งผ่านความสัมพันธ์ระหว่างจุดสัมผัสดิจิทัลและความตั้งใจกลับมาพักซ้ำ ตามแนวทางของ Baron and Kenny (1986) ผลการวิเคราะห์พบว่า จุดสัมผัสดิจิทัลมีอิทธิพลเชิงบวกต่อประสบการณ์ลูกค้า (β = .642, p < .001) และประสบการณ์ลูกค้ามีอิทธิพลเชิงบวกต่อความตั้งใจกลับมาพักซ้ำ (β = .536, p < .001) นอกจากนี้ จุดสัมผัสดิจิทัลยังมีอิทธิพลเชิงบวกต่อความตั้งใจกลับมาพักซ้ำโดยตรง (β = .598, p < .001) เมื่อเพิ่มประสบการณ์ลูกค้าเข้าสู่สมการ พบว่า อิทธิพลของจุดสัมผัสดิจิทัลต่อความตั้งใจกลับมาพักซ้ำลดลงจาก β = .598 เหลือ β = .287 แต่ยังคงมีนัยสำคัญทางสถิติ (p < .001) แสดงให้เห็นว่า ประสบการณ์ลูกค้าทำหน้าที่เป็นตัวแปรส่งผ่านบางส่วน (Partial Mediation) ในความสัมพันธ์ระหว่างจุดสัมผัสดิจิทัลและความตั้งใจกลับมาพักซ้ำ

ผลการวิจัยสะท้อนให้เห็นว่า จุดสัมผัสดิจิทัลไม่ได้ส่งผลต่อความตั้งใจกลับมาพักซ้ำโดยตรงเพียงอย่างเดียว แต่ยังส่งผลผ่านการสร้างประสบการณ์ที่ดีให้แก่ผู้เข้าพักโรงแรม ซึ่งมีบทบาทสำคัญต่อพฤติกรรมการกลับมาใช้บริการซ้ำในอนาคต

อภิปรายผลการวิจัย

ผลการวิจัยพบว่า จุดสัมผัสดิจิทัลมีอิทธิพลเชิงบวกต่อประสบการณ์ลูกค้าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สะท้อนให้เห็นว่า การปฏิสัมพันธ์ผ่านช่องทางดิจิทัลของโรงแรม ไม่ว่าจะเป็นเว็บไซต์ แอปพลิเคชัน ระบบจองห้องพักออนไลน์ หรือช่องทางสื่อสารดิจิทัลต่าง ๆ มีบทบาทสำคัญต่อการรับรู้และประสบการณ์ของผู้เข้าพัก ทั้งในด้านความสะดวก ความรวดเร็ว และความครบถ้วนของข้อมูล ทั้งนี้ อาจเนื่องมาจากผู้บริโภคในยุคดิจิทัลมีแนวโน้มใช้ช่องทางออนไลน์เป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการตัดสินใจและการใช้บริการมากขึ้น ส่งผลให้คุณภาพของจุดสัมผัสดิจิทัลกลายเป็นปัจจัยสำคัญที่กำหนดประสบการณ์โดยรวมของลูกค้า ผลการวิจัยดังกล่าวสอดคล้องกับแนวคิดเส้นทางลูกค้า (Customer Journey) ของ Lemon and Verhoef (2016) ที่อธิบายว่า จุดสัมผัสในแต่ละช่วงของการใช้บริการมีผลต่อการรับรู้และประสบการณ์ของลูกค้า รวมถึงสอดคล้องกับงานวิจัยของ McLean et al. (2020) ที่พบว่า คุณภาพของช่องทางดิจิทัลสามารถส่งผลต่อประสบการณ์และความพึงพอใจของลูกค้าในธุรกิจบริการได้โดยตรง ซึ่งอาจช่วยให้ธุรกิจโรงแรมสามารถแข่งขันและรักษาฐานลูกค้าในยุคดิจิทัลได้อย่างมีประสิทธิภาพ

นอกจากนี้ ผลการวิจัยยังพบว่า ประสบการณ์ลูกค้ามีอิทธิพลเชิงบวกต่อความตั้งใจกลับมาพักซ้ำมากที่สุด แสดงให้เห็นว่า เมื่อผู้เข้าพักได้รับประสบการณ์ที่ดีจากการใช้บริการ ย่อมส่งผลต่อแนวโน้มในการกลับมาใช้บริการซ้ำในอนาคต ทั้งนี้ อาจเนื่องมาจากประสบการณ์ลูกค้าเป็นองค์ประกอบที่สะท้อนความรู้สึก ความประทับใจ และการรับรู้คุณค่าที่เกิดขึ้นตลอดกระบวนการใช้บริการ ซึ่งมีผลต่อทัศนคติและพฤติกรรมของลูกค้าในระยะยาว ผลการวิจัยดังกล่าวสอดคล้องกับแนวคิดของ Becker and Jaakkola (2020) ที่อธิบายว่า ประสบการณ์ลูกค้าเป็นปัจจัยสำคัญในการสร้างความแตกต่างทางการแข่งขันและความภักดีของลูกค้า รวมถึงสอดคล้องกับทฤษฎีการยืนยันความคาดหวัง (Expectation–Confirmation Theory) ของ Oliver (1999) ที่อธิบายว่า เมื่อลูกค้าได้รับประสบการณ์ที่สอดคล้องหรือสูงกว่าความคาดหวัง จะนำไปสู่ความพึงพอใจและความตั้งใจกลับมาใช้บริการซ้ำในอนาคต

เมื่อพิจารณาอิทธิพลของจุดสัมผัสดิจิทัลต่อความตั้งใจกลับมาพักซ้ำ พบว่า จุดสัมผัสดิจิทัลมีอิทธิพลเชิงบวกต่อความตั้งใจกลับมาพักซ้ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สะท้อนให้เห็นว่า ช่องทางดิจิทัลไม่ได้ทำหน้าที่เพียงเป็นเครื่องมือในการสื่อสารหรืออำนวยความสะดวกแก่ลูกค้าเท่านั้น แต่ยังมีบทบาทต่อการสร้างทัศนคติและพฤติกรรมของลูกค้าในอนาคต โดยเฉพาะในบริบทของธุรกิจโรงแรมที่ผู้บริโภคให้ความสำคัญกับความสะดวก ความรวดเร็ว และประสบการณ์การใช้งานผ่านช่องทางออนไลน์มากขึ้น ผลการวิจัยดังกล่าวสอดคล้องกับงานศึกษาของ Lemon and Verhoef (2016) และ McLean et al. (2020) ที่อธิบายว่า จุดสัมผัสดิจิทัลสามารถส่งผลต่อการรับรู้ ประสบการณ์ และพฤติกรรมของลูกค้าในอนาคตได้โดยตรง

สำหรับผลการทดสอบบทบาทตัวแปรส่งผ่าน พบว่า ประสบการณ์ลูกค้าทำหน้าที่เป็นตัวแปรส่งผ่านบางส่วน (Partial Mediation) ในความสัมพันธ์ระหว่างจุดสัมผัสดิจิทัลและความตั้งใจกลับมาพักซ้ำ แสดงให้เห็นว่า จุดสัมผัสดิจิทัลไม่ได้ส่งผลต่อความตั้งใจกลับมาพักซ้ำโดยตรงเพียงอย่างเดียว แต่ยังส่งผลผ่านประสบการณ์ลูกค้าที่เกิดขึ้นจากการปฏิสัมพันธ์ผ่านช่องทางดิจิทัลของโรงแรมอีกด้วย ผลการวิจัยดังกล่าวสะท้อนให้เห็นถึงบทบาทสำคัญของประสบการณ์ลูกค้าในฐานะปัจจัยเชื่อมโยงระหว่างการปฏิสัมพันธ์ผ่านช่องทางดิจิทัลและพฤติกรรมของลูกค้าในอนาคต ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดเศรษฐกิจ

ที่ขับเคลื่อนด้วยประสบการณ์ (Experience Economy) ของ Pine and Gilmore (1998) ที่อธิบายว่า คุณค่าที่ลูกค้าได้รับจากประสบการณ์สามารถส่งผลต่อการตัดสินใจและพฤติกรรมของลูกค้าในระยะยาว

ผลการวิจัยดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่า แม้จุดสัมผัสดิจิทัลจะมีอิทธิพลต่อความตั้งใจกลับมาพักซ้ำโดยตรง แต่ผลกระทบดังกล่าวยังเกิดขึ้นผ่านประสบการณ์ลูกค้าร่วมด้วย แสดงให้เห็นว่า เทคโนโลยีดิจิทัลในธุรกิจโรงแรมอาจไม่ได้เป็นปัจจัยที่สร้างความภักดีของลูกค้าได้โดยสมบูรณ์ด้วยตนเอง หากแต่ทำหน้าที่เป็น “เครื่องมือ” ในการส่งมอบประสบการณ์ความสะดวก และความประทับใจให้แก่ผู้เข้าพัก ซึ่งประสบการณ์ที่ลูกค้าได้รับจากการใช้บริการต่างหากที่เป็นปัจจัยสำคัญในการผลักดันความตั้งใจกลับมาใช้บริการซ้ำในอนาคต ทั้งนี้ สะท้อนให้เห็นว่า ผู้ประกอบการโรงแรมไม่ควรมุ่งเน้นเพียงการลงทุนด้านเทคโนโลยีดิจิทัลเท่านั้น แต่ควรให้ความสำคัญกับการออกแบบประสบการณ์ลูกค้าให้สอดคล้องกับความต้องการและความคาดหวังของผู้เข้าพักควบคู่กันไป

โดยสรุป ผลการวิจัยครั้งนี้สะท้อนให้เห็นว่า จุดสัมผัสดิจิทัลและประสบการณ์ลูกค้าเป็นปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลต่อความตั้งใจกลับมาพักซ้ำของผู้เข้าพักโรงแรมในเขตกรุงเทพมหานคร โดยเฉพาะประสบการณ์ลูกค้าซึ่งมีบทบาททั้งในฐานะปัจจัยที่ส่งผลโดยตรงต่อความตั้งใจกลับมาพักซ้ำ และในฐานะตัวแปรส่งผ่านความสัมพันธ์ระหว่างจุดสัมผัสดิจิทัลและความตั้งใจกลับมาพักซ้ำ ทั้งนี้ ผลการวิจัยสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการพัฒนากลยุทธ์ด้านจุดสัมผัสดิจิทัลและการบริหารประสบการณ์ลูกค้า เพื่อสร้างความได้เปรียบทางการแข่งขันและรักษาฐานลูกค้าในธุรกิจโรงแรมยุคดิจิทัลได้อย่างมีประสิทธิภาพ

สรุปผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์และอิทธิพลของจุดสัมผัสดิจิทัล ประสบการณ์ลูกค้า และความตั้งใจกลับมาพักซ้ำของผู้เข้าพักโรงแรมในเขตกรุงเทพมหานคร รวมถึงศึกษาบทบาทของประสบการณ์ลูกค้าในฐานะตัวแปรส่งผ่าน โดยผลการวิจัยพบว่า จุดสัมผัสดิจิทัลมีอิทธิพลเชิงบวกต่อประสบการณ์ลูกค้า และประสบการณ์ลูกค้ามีอิทธิพลเชิงบวกต่อความตั้งใจกลับมาพักซ้ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้ จุดสัมผัสดิจิทัลยังมีอิทธิพลโดยตรงต่อความตั้งใจกลับมาพักซ้ำ ขณะเดียวกัน ประสบการณ์ลูกค้ายังทำหน้าที่เป็นตัวแปรส่งผ่านบางส่วนในความสัมพันธ์ระหว่างจุดสัมผัสดิจิทัลและความตั้งใจกลับมาพักซ้ำของผู้เข้าพักโรงแรม

ผลการวิจัยสะท้อนให้เห็นว่า การพัฒนาจุดสัมผัสดิจิทัลที่มีประสิทธิภาพ ไม่ว่าจะเป็นด้านความสะดวกในการใช้งาน ความรวดเร็วในการตอบสนอง หรือความปลอดภัยของข้อมูล สามารถส่งผลต่อการรับรู้และประสบการณ์ของลูกค้า ซึ่งนำไปสู่ความตั้งใจกลับมาใช้บริการซ้ำในอนาคต ทั้งนี้ ประสบการณ์ลูกค้าถือเป็นปัจจัยสำคัญที่เชื่อมโยงระหว่างการปฏิสัมพันธ์ผ่านช่องทางดิจิทัลกับพฤติกรรมของลูกค้าในระยะยาว

ดังนั้น ผู้ประกอบการโรงแรมควรให้ความสำคัญกับการออกแบบและพัฒนาจุดสัมผัสดิจิทัลควบคู่กับการสร้างประสบการณ์ที่ดีให้แก่ลูกค้าในทุกช่วงของการใช้บริการ เพื่อเสริมสร้างความภักดีของลูกค้าและสร้างความได้เปรียบทางการแข่งขันในยุคเศรษฐกิจดิจิทัล

ข้อจำกัดของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีข้อจำกัดบางประการที่ควรพิจารณาในการนำผลการวิจัยไปใช้ โดยกลุ่มตัวอย่างในการศึกษาครั้งนี้เป็นผู้เข้าพักโรงแรมในเขตกรุงเทพมหานคร ซึ่งอาจมีบริบทด้านพฤติกรรมผู้บริโภค เทคโนโลยีดิจิทัล และรูปแบบการใช้บริการที่แตกต่างจากพื้นที่อื่น ส่งผลให้การอ้างอิงผลการวิจัยไปยังบริบทอื่นควรพิจารณาอย่างระมัดระวัง

นอกจากนี้ การวิจัยครั้งนี้ใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือหลักในการเก็บรวบรวมข้อมูล ซึ่งเป็นการวัดข้อมูลจากการรับรู้และความคิดเห็นของผู้ตอบแบบสอบถามในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่ง จึงอาจได้รับอิทธิพลจากมุมมองส่วนบุคคลหรือบริบทในขณะตอบแบบสอบถาม

อีกทั้ง การวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ใช้การวิเคราะห์สหสัมพันธ์ การวิเคราะห์การถดถอย และการวิเคราะห์บทบาทตัวแปรส่งผ่าน ซึ่งสามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรได้ในระดับหนึ่ง อย่างไรก็ตาม งานวิจัยครั้งนี้ยังไม่ได้ใช้การวิเคราะห์แบบสมการโครงสร้าง (Structural Equation Modeling: SEM) ซึ่งอาจช่วยอธิบายความสัมพันธ์เชิงซ้อนของตัวแปรได้อย่างครอบคลุมมากยิ่งขึ้น

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาแบบภาคตัดขวาง (Cross-sectional Study) ซึ่งเก็บข้อมูลในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่ง จึงไม่สามารถอธิบายความสัมพันธ์เชิงเหตุและผลได้อย่างสมบูรณ์

ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

ข้อเสนอแนะเชิงปฏิบัติ

1. ผู้ประกอบการโรงแรมควรให้ความสำคัญกับการพัฒนาและบริหารจัดการจุดสัมผัสดิจิทัลของโรงแรม เช่น เว็บไซต์ แอปพลิเคชัน ระบบจองห้องพักออนไลน์ และช่องทางสื่อสารดิจิทัลต่าง ๆ ให้มีความสะดวก รวดเร็ว และใช้งานง่าย เพื่อยกระดับประสบการณ์ของผู้เข้าพัก

2. โรงแรมควรออกแบบประสบการณ์ลูกค้าอย่างครอบคลุมตลอดเส้นทางการใช้บริการ (Customer Journey) ตั้งแต่ก่อนเข้าพัก ระหว่างเข้าพัก และหลังการใช้บริการ เพื่อสร้างความประทับใจและเพิ่มโอกาสในการกลับมาใช้บริการซ้ำ

3. ผู้ประกอบการควรนำเทคโนโลยีดิจิทัลมาใช้ในการวิเคราะห์พฤติกรรมและความต้องการของลูกค้า เพื่อพัฒนาการให้บริการที่สามารถตอบสนองต่อความคาดหวังของลูกค้าได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

1. การวิจัยครั้งต่อไปควรขยายขอบเขตการศึกษาไปยังพื้นที่ท่องเที่ยวหรือจังหวัดอื่น ๆ เพื่อเปรียบเทียบพฤติกรรมของผู้เข้าพักโรงแรมในบริบทที่แตกต่างกัน และเพิ่มความสามารถในการอ้างอิงผลการวิจัยไปยังประชากรในวงกว้างมากยิ่งขึ้น

2. ควรใช้วิธีการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบอาศัยความน่าจะเป็น (Probability Sampling) ร่วมกับการเพิ่มความหลากหลายของกลุ่มตัวอย่าง เพื่อเพิ่มความครอบคลุมและความน่าเชื่อถือของผลการวิจัย

3. การวิจัยในอนาคตอาจพิจารณาใช้การวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้าง (Structural Equation Modeling: SEM) เพื่ออธิบายความสัมพันธ์เชิงสาเหตุและตรวจสอบบทบาทของตัวแปรส่งผ่านได้อย่างครอบคลุมมากยิ่งขึ้น

4. ควรศึกษาตัวแปรอื่นเพิ่มเติม เช่น ความพึงพอใจ ความไว้วางใจ ภาพลักษณ์แบรนด์ หรือคุณภาพการบริการดิจิทัล ซึ่งอาจมีบทบาทสำคัญต่อความตั้งใจกลับมาใช้บริการซ้ำของผู้เข้าพักโรงแรม

5. การวิจัยในอนาคตอาจใช้ระเบียบวิธีวิจัยแบบผสมผสาน (Mixed Methods Research) โดยใช้การสัมภาษณ์เชิงลึกร่วมกับการวิจัยเชิงปริมาณ เพื่อให้สามารถอธิบายพฤติกรรมและประสบการณ์ของผู้เข้าพักโรงแรมได้อย่างรอบด้านมากยิ่งขึ้น

6. การวิจัยครั้งต่อไปอาจพิจารณาใช้เทคนิคการทดสอบตัวแปรส่งผ่านด้วยวิธี Bootstrapping หรือ Process Macro เพื่อยืนยันนัยสำคัญของอิทธิพลทางอ้อมและเพิ่มความแม่นยำในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรมากยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

กรมการท่องเที่ยว. (2565). แผนพัฒนาบริการท่องเที่ยว พ.ศ. 2566–2570. สืบค้นจาก https://www.dot.go.th/storage/QtftdpYXKOCrXLds1f5xJfseslXaXcpgu3q3oDnM.pdf

กัลยา วานิชย์บัญชา. (2564). การวิเคราะห์สถิติขั้นสูงด้วย SPSS for Windows (พิมพ์ครั้งที่ 15). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

กุลริศา คำสิงห์ และ ปิญาภรณ์ พงศ์ศาสตร์. (2562). ทัศนคติของผู้บริหารธุรกิจโรงแรมและผู้ที่เกี่ยวข้องต่อระดับนวัตกรรมการบริการที่ส่งผลต่อความเป็นเลิศของธุรกิจโรงแรมในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. วารสารธรรมาภิบาล มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม. 8(1): 160–179.

จันทร์จิตต์ ฐนะศิริ. (2567). ศักยภาพการตลาดเชิงประสบการณ์ที่ส่งผลต่อการกลับมาเที่ยวซ้ำของนักท่องเที่ยวเชิงอาหารในจังหวัดพัทลุง. วารสารศิลปศาสตร์ปริทัศน์. 19(1): 193-208.

ฉัตยาพร เสมอใจ. (2556). พฤติกรรมผู้บริโภค. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น.

ชยนันท์ จงเจริญชัยสกุล, วิโรจน์ เจษฎาลักษณ์, และจันทนา แสนสุข. (2561). ความสามารถทางนวัตกรรมบริการ: ข้อพิสูจน์เชิงประจักษ์ของธุรกิจโรงแรมบูติคในประเทศไทย. วารสารวิทยาลัยดุสิตธานี. 12(1): 70-87.

ณัฐวุฒิ เหมาะประมาณ. (2567). นวัตกรรมการบริการที่มีผลต่อการตัดสินใจเลือกใช้โรงแรมของลูกค้ากลุ่มจังหวัดอันดามัน. วารสารเทคโนโลยีภาคใต้ (Journal of Southern Technology). 17(1): 1-13.

แบรนด์ บุฟเฟ่ต์ (2568). The 1 Insight เผยผู้บริโภคไทยเปลี่ยนพฤติกรรม หันมาเลือกซื้ออย่างมีสติ – Mindful consumption trend ชู “คุณค่าที่ได้รับ” และ “สุขภาพ” เป็นตัวขับเคลื่อนหลัก. สืบค้นจาก https://www.brandbuffet.in.th/2025/12/the-1-insight-mindful-consumption-trend/

เพ็ญทิพา ทองคำเภา. (2568). รู้จัก Experience Economy เมื่อคนซื้อ ‘ความรู้สึก’ มากกว่าสินค้า. สืบค้นเมื่อ 26 เมษายน 2569, สืบค้นจาก https://themomentum.co/business-experience-economy/

ภาวุธ พงษ์วิทยภานุ. (2567). วิเคราะห์เหตุใด “ธุรกิจขายตรง” จึงอยู่ในช่วงขาลง. สืบค้นจาก https://www.prachachat.net/breaking-news/news-1683083.

มณฑลี กปิลกาญจน์. (2567, 6–9 มิถุนายน). พฤติกรรมการบริโภคยุคใหม่กับความท้าทายปรับตัวของธุรกิจ. ประชาชาติธุรกิจ, คอลัมน์ “ร่วมด้วยช่วยคิด”.

มนชญา สระบัว และสถิร ทัศนวัฒน์. (2568). แนวทางการออกแบบสื่อสารเพื่อสร้างประสบการณ์ผู้ใช้ในการตลาดดิจิทัลยุคใหม่. วารสารวิชาการและวิจัย มหาวิทยาลัยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. 15(1): 83-94.

วิโรจน์ เจษฎาลักษณ์. (2561). การจัดการการบริการ. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วิศนี รัตนอร่ามสวัสดิ์. (2568). การพัฒนาคุณภาพการให้บริการที่ส่งผลต่อความตั้งใจกลับมาเยี่ยมชมซ้ำในยุคดิจิทัลของนักท่องเที่ยว: กรณีศึกษาพิพิธภัณฑ์สัตว์น้ำราชมงคลตรัง. วารสารบริหารรัฐกิจ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย. 8(1): 57-78.

อาชวิญ พรหมรุ่งเรือง. (2563). การสื่อสารการตลาดแบบบูรณาการผ่านสื่อดิจิทัลที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อโครงการที่อยู่อาศัยของผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานคร [สารนิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์].

อุมาวรรณ วาทกิจ. (2569). การศึกษาเส้นทางของผู้บริโภคและจุดสัมผัสในการสมัครเข้าศึกษาในมหาวิทยาลัยเอกชน: กรณีศึกษา มหาวิทยาลัยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. วารสารวิชาการและวิจัย มหาวิทยาลัยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. 16(1): 16–30.

Ajzen, I. (1991). The theory of planned behavior. Organizational Behavior and Human Decision Processes. 50(2): 179–211. https://doi.org/10.1016/0749-5978(91)90020-T

Baron, R. M., & Kenny, D. A. (1986). The moderator–mediator variable distinction in social psychological research: Conceptual, strategic, and statistical considerations. Journal of Personality and Social Psychology. 51(6): 1173–1182. https://doi.org/10.1037/0022-3514.51.6.1173

Becker, L., & Jaakkola, E. (2020). Customer experience: Fundamental premises and implications for research. Journal of the Academy of Marketing Science. 48(4): 630–648. https://doi.org/10.1007/s11747-019-00718-x

De Keyser, A., Verleye, K., Lemon, K. N., Keiningham, T. L., & Klaus, P. (2020). Moving the customer experience field forward: Introducing the touchpoints, context, qualities (TCQ) nomenclature. Journal of Service Research. 23(4): 433–455. https://doi.org/10.1177/1094670520928390

Hair, J. F., Black, W. C., Babin, B. J., & Anderson, R. E. (2019). Multivariate data analysis (8th ed.). Cengage Learning.

Hollebeek, L. D., Clark, M. K., & Macky, K. (2020). Digital content marketing's role in fostering consumer engagement. Journal of Interactive Marketing. 49, 27–41: https://doi.org/10.1016/j.intmar. 2019. 09.003

Kotler, P., Kartajaya, H., & Setiawan, I. (2017). Marketing 4.0: Moving from Traditional to Digital. Wiley.

Lehto, X. Y., O'leary, J. T., & Morrison, A. M. (2004). The effect of prior experience on vacation behavior. Annals of Tourism Research. 31(4): 801–818.

Lemon, K. N., & Verhoef, P. C. (2016). Understanding customer experience throughout the customer journey. Journal of Marketing. 80(6): 69–96. https://doi.org/10.1509/jm.15.0420

McLean, G., Al-Nabhani, K., & Wilson, A. (2020). Developing a mobile applications customer experience model (MACE) – Implications for retailers. Journal of Business Research. 85: 325–336. https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2017.07.018

Nanta, T. M., Noermijati, N., Rohman, F., & Hussein, A. S. (2025). The effect of digital touchpoint usage experience on customer loyalty mediated by digital engagement and customer satisfaction. Businesses. 5(1): 3. https://doi.org/10.3390/businesses5010003

Oliver, R. L. (1999). Whence consumer loyalty? Journal of Marketing. 63(Special Issue): 33–44. https://doi.org/10.2307/1252099

Pine, B. J., & Gilmore, J. H. (1998). Welcome to the experience economy. Harvard Business Review. 76(4): 97–105.

Zeithaml, V. A., Berry, L. L., & Parasuraman, A. (1996). The behavioral consequences of service quality. Journal of Marketing. 60(2): 31–46. https://doi.org/10.1177/002224299606000203

Zhang, H., Fu, X., Cai, L. A., & Lu, L. (2014). Destination image and tourist loyalty: A meta-analysis. Tourism Management. 40: 213–223.

ผลของกิจกรรมขนาดเล็กต่อความรุ่งเรืองและความยืดหยุ่นทางจิตใจของบุคลากรเพื่อพัฒนาองค์กรสุขภาวะ

The effects of micro-interventions on staff flourishing and psychological resilience for developing a well-being organization

พรพรรณ บัวทอง[1] สุขุม เฉลยทรัพย์[1] พัศรินท์ ก่อเลิศวรพงศ์[2] มฤริณทร์ แตงน้อย[1]
เปรมฤดี โยวัง[1*] และวชิราภรณ์ สุ่มเข็มทอง[1]
Pornpan Buathong[1], Sukhum Chaleysub[1], Passarin Korlertvorapong[2]
Maruerin Taengnoi[1], Premruedee Yowang[1*] and Wachiraporn Sumkhemthong[1]

[1] สวนดุสิตโพล มหาวิทยาลัยสวนดุสิต กรุงเทพมหานคร
[1] Suan Dusit Poll Suan Dusit University Bangkok
[2] คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต กรุงเทพมหานคร
[2] Faculty of Humanities and Social Sciences Suan Dusit University Bangkok
** Corresponding Author E-mail Address: premruedee_yow@dusit.ac.th*

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของกิจกรรมขนาดเล็ก (Micro-Intervention) ภายใต้โครงการ Poll Love ของสวนดุสิตโพล มหาวิทยาลัยสวนดุสิต ที่มีต่อความรุ่งเรืองทางจิตใจ (Flourishing) และความยืดหยุ่นทางจิตใจ (Psychological Resilience) ของบุคลากร รวมถึงพัฒนาโมเดลการสร้างองค์กรสุขภาวะที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในบริบทองค์กรการศึกษา โดยใช้รูปแบบการวิจัยแบบผสมผสาน (Mixed Methods Research) ผสานการวิจัยกึ่งทดลองแบบกลุ่มเดียววัดก่อนและหลัง (One-Group Pretest–Posttest Design) ร่วมกับการสัมภาษณ์เชิงลึก กลุ่มตัวอย่างเป็นบุคลากรของสวนดุสิตโพล จำนวน 12 คน ที่เข้าร่วมกิจกรรมขนาดเล็ก 5 กิจกรรม ภายในระยะเวลา 2 สัปดาห์ เครื่องมือวิจัยประกอบด้วยแบบสอบถามความรุ่งเรืองทางจิตใจตามกรอบ PERMA แบบสอบถามความยืดหยุ่นทางจิตใจ และแบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง

ผลการวิจัยพบว่า ภายหลังการเข้าร่วมกิจกรรม บุคลากรมีระดับความรุ่งเรืองทางจิตใจเพิ่มขึ้นจากค่าเฉลี่ย 3.75 เป็น 4.37 และมีระดับความยืดหยุ่นทางจิตใจเพิ่มขึ้นจาก 3.32 เป็น 4.31 สะท้อนให้เห็นว่ากิจกรรมส่งผลเชิงบวกต่อทุกองค์ประกอบของ PERMA ได้แก่ อารมณ์เชิงบวก การมีส่วนร่วม ความสัมพันธ์ ความหมายในชีวิต และความสำเร็จ นอกจากนี้ยังได้พัฒนาโมเดลการสร้างองค์กรสุขภาวะ 4 มิติ ประกอบด้วย กลไกขับเคลื่อน กระบวนการดำเนินงาน ผลลัพธ์ระดับบุคคล และผลลัพธ์ระดับองค์กร ซึ่งเป็นต้นแบบของการพัฒนาองค์กรสุขภาวะอัจฉริยะ (Smart Well-being Organization) ที่ขับเคลื่อนด้วยข้อมูลและนวัตกรรม

คำสำคัญ: ความรุ่งเรืองทางจิตใจ ความยืดหยุ่นทางจิตใจ องค์กรสุขภาวะ กิจกรรมขนาดเล็ก โมเดล PERMA

Abstract

This research aimed to examine the effects of micro-interventions implemented under the Poll Love Project of Suan Dusit Poll, Suan Dusit University, on staff flourishing and psychological resilience, as well as to develop a well-being organization model applicable to educational organizational contexts. A mixed methods research design was employed, integrating a one-group pretest–posttest quasi-experimental design with in-depth interviews. The sample consisted of 12 Suan Dusit Poll personnel who participated in five micro-intervention activities over a two-week period. Research instruments included a flourishing questionnaire based on the PERMA framework, a psychological resilience questionnaire, and a semi-structured interview guide.

The findings revealed that following participation in the activities, staff flourishing scores increased from a mean of 3.75 to 4.37, while psychological resilience scores rose from 3.32 to 4.31. These results indicate that the micro-interventions yielded positive effects across all PERMA components — positive emotions, engagement, relationships, meaning, and accomplishment. Furthermore, a four-dimensional well-being organization model was developed, comprising driving mechanisms, operational processes, individual-level outcomes, and organizational-level outcomes. This model serves as a prototype for developing a Smart Well-being Organization driven by data and innovation.

Keywords: Flourishing, Psychological Resilience, Well-being Organization, Micro-Intervention, PERMA Model

บทนำ

ในยุคแห่งการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วทางสังคม เศรษฐกิจ และเทคโนโลยี องค์กรสมัยใหม่ต้องเผชิญกับความท้าทายที่ส่งผลโดยตรงต่อสุขภาวะทางจิตใจของบุคลากร โดยรายงานของ World Health Organization ระบุว่า ความเครียดจากการทำงานและภาวะหมดไฟ (Burnout) เป็นหนึ่งในปัจจัยเสี่ยงสำคัญที่ส่งผลต่อสุขภาพและประสิทธิภาพการทำงานของบุคลากรทั่วโลก (World Health Organization, 2019) ขณะเดียวกัน รายงานของ Gallup พบว่า มีพนักงานเพียงร้อยละ 23 เท่านั้นที่มีความผูกพันกับองค์กรในระดับสูง ขณะที่ร้อยละ 59 อยู่ในภาวะไม่ผูกพัน ซึ่งส่งผลต่อประสิทธิภาพและความยั่งยืนขององค์กร (Gallup, 2023) สถานการณ์ดังกล่าวสะท้อนให้เห็นถึงความจำเป็นในการพัฒนาแนวทางการส่งเสริมสุขภาวะทางใจในองค์กรอย่างเป็นระบบ

ในบริบทของสถาบันอุดมศึกษา ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการพัฒนาทุนมนุษย์และขับเคลื่อนนวัตกรรม การสร้างสภาพแวดล้อมการทำงานที่เอื้อต่อสุขภาวะของบุคลากรจึงเป็นปัจจัยเชิงยุทธศาสตร์ แนวคิดเรื่องความรุ่งเรืองทางจิตใจ (Flourishing) ตามกรอบ PERMA ของ Martin Seligman (Seligman, 2011) และแนวคิดความยืดหยุ่นทางจิตใจ (Psychological Resilience) ได้รับการยอมรับว่าเป็นกลไกสำคัญในการเสริมสร้างศักยภาพของบุคลากรให้สามารถปรับตัว ฟื้นตัว และเติบโตท่ามกลางความเปลี่ยนแปลง องค์กรที่ส่งเสริมสุขภาวะในมิติดังกล่าวมักนำไปสู่ความผูกพันต่อองค์กรที่สูงขึ้น การเกิดนวัตกรรม และความสามารถในการรับมือกับวิกฤตได้อย่างมีประสิทธิภาพ

แนวทางการส่งเสริมสุขภาวะองค์กรในปัจจุบันได้พัฒนาไปสู่การใช้กิจกรรมขนาดเล็กที่เรียกว่า Micro-Intervention ซึ่งเป็นการออกแบบกิจกรรมที่เรียบง่าย แต่สามารถสร้างผลกระทบเชิงบวกต่ออารมณ์ ความสัมพันธ์ และพฤติกรรมของบุคลากรในระยะยาว โดยอาศัยการมีส่วนร่วมและปฏิสัมพันธ์ในชีวิตการทำงานประจำวันเป็นกลไกสำคัญ แนวคิดนี้มีรากฐานมาจากงานของ Lyubomirsky และ Layous (2013) ที่เสนอว่ากิจกรรมเชิงบวกซึ่งใช้เวลาสั้นและดำเนินการอย่างสม่ำเสมอสามารถยกระดับสุขภาวะของบุคคลได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีจุดเด่นคือไม่รบกวนภาระงานหลัก ไม่ใช้งบประมาณสูง และบูรณาการเข้ากับวิถีการทำงานประจำวันได้อย่างเป็นธรรมชาติ ในการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยได้นำแนวคิดดังกล่าวมาประยุกต์ใช้ภายใต้โครงการ Poll Love ของสวนดุสิตโพล มหาวิทยาลัยสวนดุสิต ซึ่งพัฒนาขึ้นจากการต่อยอดแนวคิด Peer Support Network และบทบาทของ SDU Happy Creator ภายใต้นโยบาย Happy SDU โดยจัดกิจกรรมขนาดเล็กจำนวน 5 กิจกรรม ในระยะเวลา 2 สัปดาห์ ครั้งละ 10–15 นาที ครอบคลุมมิติความสุข 4 ด้าน ได้แก่ Happy Body, Happy Relax, Happy Heart และ Happy Brain เช่น กิจกรรมยืดเหยียดร่างกาย เกมสร้างความสัมพันธ์ในทีม กิจกรรมส่งต่อกำลังใจ และกิจกรรมส่งเสริมการสื่อสารในทีม ซึ่งทุกกิจกรรมถูกออกแบบให้สอดคล้องกับองค์ประกอบ PERMA ทั้ง 5 ด้าน ได้แก่ อารมณ์เชิงบวก (Positive Emotion) การมีส่วนร่วม (Engagement) ความสัมพันธ์ (Relationships) ความหมายของชีวิต (Meaning) และความสำเร็จ (Accomplishment)

มหาวิทยาลัยสวนดุสิตได้ให้ความสำคัญกับการพัฒนาสุขภาวะของบุคลากรอย่างเป็นระบบ ภายใต้แนวคิด “Happy SDU” ซึ่งมุ่งสร้างสมดุลระหว่างการทำงานและคุณภาพชีวิตของบุคลากร พร้อมทั้งส่งเสริมวัฒนธรรมองค์กรที่เอื้อต่อความสุขและความเป็นอยู่ที่ดี (มหาวิทยาลัยสวนดุสิต, 2568) นอกจากนี้ มหาวิทยาลัยยังได้พัฒนาแนวทางเชิงยุทธศาสตร์ “SDU Goal Plus” เพื่อยกระดับการดำเนินงานขององค์กรให้สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงในยุคดิจิทัล โดยเน้นการขับเคลื่อนองค์กรด้วยข้อมูล (Data-driven) และนวัตกรรม เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและความยั่งยืนในการบริหารจัดการ (มหาวิทยาลัยสวนดุสิต, 2568)

ภายใต้กรอบดังกล่าว โครงการ Poll Love ของสวนดุสิตโพลจึงถูกพัฒนาขึ้นในฐานะนวัตกรรมเชิงปฏิบัติ (Well-being Innovation) ที่ใช้กิจกรรมขนาดเล็ก Micro-Intervention เป็นเครื่องมือในการส่งเสริมสุขภาวะองค์กร ผ่านการสร้างพื้นที่แห่งการมีส่วนร่วม การแลกเปลี่ยนเรียนรู้ และการเสริมสร้างความสัมพันธ์เชิงบวกในองค์กร แนวทางดังกล่าวสอดคล้องกับแนวคิด Flourishing และ Resilience และยังสะท้อนถึงการประยุกต์ใช้แนวคิดการขับเคลื่อนด้วยข้อมูล (Data-driven Approach) ในการพัฒนาองค์กรสู่ Smart Well-being Organization ซึ่งสอดคล้องกับเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน โดยเฉพาะเป้าหมายที่ 3 สุขภาพและความเป็นอยู่ที่ดี (Good Health and Well-being)

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาระดับความรุ่งเรืองทางจิตใจและความยืดหยุ่นทางจิตใจของบุคลากรก่อนและหลังการเข้าร่วมกิจกรรม Micro-Intervention
2. เพื่อวิเคราะห์ผลของกิจกรรมขนาดเล็ก (Micro-Intervention) ต่อองค์ประกอบของความสุขตามกรอบ PERMA
3. เพื่อพัฒนาโมเดลการสร้างองค์กรสุขภาวะ ที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในบริบทองค์กรการศึกษา

แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (Literature Review)

แนวคิดความรุ่งเรืองทางจิตใจ (Flourishing)

ความรุ่งเรืองทางจิตใจ (Flourishing) เป็นแนวคิดสำคัญในกลุ่มจิตวิทยาเชิงบวก (Positive Psychology) ซึ่งมุ่งเน้นการพัฒนาศักยภาพของมนุษย์ให้สามารถดำรงชีวิตได้อย่างมีความสุข มีความหมาย และใช้ศักยภาพของตนเองได้อย่างเต็มที่ แนวคิดนี้ได้รับการพัฒนาโดย Martin Seligman ซึ่งเสนอว่า สุขภาวะของมนุษย์ไม่ได้หมายถึงเพียงการไม่มีความทุกข์หรือโรค แต่เป็นสภาวะที่บุคคลสามารถเติบโตและสร้างคุณค่าให้แก่ตนเองและสังคมได้ (Seligman, 2011)

Seligman ได้นำเสนอโมเดล PERMA เพื่ออธิบายองค์ประกอบของความรุ่งเรืองทางจิตใจ (Flourishing) ประกอบด้วย 5 มิติ ได้แก่ อารมณ์เชิงบวก (Positive Emotion) การมีส่วนร่วม (Engagement) ความสัมพันธ์ (Relationships) ความหมายในชีวิต (Meaning) และความสำเร็จ (Accomplishment) ซึ่งองค์ประกอบดังกล่าวมีบทบาทสำคัญต่อความสุขและประสิทธิภาพของบุคลากรในองค์กร (Diener et al., 2010)

ด้านการศึกษาของ ธันยพร กริชติทายาวุธ ศึกษาเรื่อง ผลของโปรแกรมการฝึกอบรมแบบบูรณาการพละ 5 และการคิดเชิงบวกที่มีต่อการริเริ่มพัฒนาความงอกงามแห่งตนและสุขภาวะทางจิตของกลุ่มสมาชิกสมาคมผู้บำเพ็ญประโยชน์แห่งประเทศไทย ผลการศึกษาพบว่า กลุ่มทดลองมีคะแนนการริเริ่มพัฒนาความงอกงามแห่งตนและค่าคะแนนสุขภาวะทางจิตสูงขึ้น หลังทดลองในขณะที่กลุ่มควบคุมไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ธันยพร กริชติทายาวุธ, 2565)

ในบริบทขององค์กร โดยเฉพาะสถาบันอุดมศึกษา การส่งเสริมความรุ่งเรืองทางจิตใจของบุคลากรจะช่วยเพิ่มความผูกพันต่อองค์กร ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ และนำไปสู่การพัฒนานวัตกรรม ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการขับเคลื่อนองค์กรสู่ความยั่งยืน

แนวคิดความยืดหยุ่นทางจิตใจ (Psychological Resilience)

ความยืดหยุ่นทางจิตใจ (Psychological Resilience) หมายถึง ความสามารถของบุคคลในการปรับตัวและฟื้นตัวจากความเครียด ความยากลำบาก หรือสถานการณ์วิกฤต โดยเป็นกระบวนการทางจิตใจที่ช่วยให้บุคคลสามารถรักษาสมดุลทางอารมณ์และดำรงชีวิตได้อย่างมีประสิทธิภาพ (American Psychological Association, 2020) Gail Wagnild และ Heather Young (1993) ได้อธิบายองค์ประกอบของความยืดหยุ่นทางจิตใจไว้ 5 ประการ ได้แก่ ความมั่นคงทางจิตใจ ความเพียร การพึ่งพาตนเอง การมีความหมายในชีวิต และการยอมรับตนเอง ซึ่งสะท้อนถึงความสามารถในการเผชิญปัญหาและฟื้นตัวจากสถานการณ์ที่ท้าทาย

นอกจากนี้ แนวคิด Psychological Capital ของ Luthans et al. (2007) ยังชี้ให้เห็นว่า ความยืดหยุ่นทางจิตใจเป็นหนึ่งในองค์ประกอบสำคัญของทุนทางจิตวิทยาที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพในการทำงาน ความพึงพอใจในงาน และความผูกพันต่อองค์กร

นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับ พบธรรม พรหมรักษา และกรรณิการ แสนสุภา (2568) ศึกษาเรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างความยืดหยุ่นทางจิตใจกับสุขภาวะทางจิตของนักศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาจิตวิทยา มหาวิทยาลัยรามคำแหง ผลการศึกษาพบว่า ความยืดหยุ่นทางจิตใจมีบทบาทสำคัญต่อการเสริมสร้างสุขภาวะทางจิต จึงควรบูรณาการทักษะด้านนี้เข้าสู่รายวิชาทักษะชีวิต กิจกรรมเสริมสร้างศักยภาพ และบริการแนะแนวในระดับอุดมศึกษา พร้อมทั้งควรมีการวิจัยเชิงทดลองเพื่อยืนยันความเป็นเหตุเป็นผลของความสัมพันธ์ดังกล่าว

ในบริบทขององค์กร การพัฒนาความยืดหยุ่นทางจิตใจของบุคลากรจะช่วยให้สามารถรับมือกับการเปลี่ยนแปลงและความไม่แน่นอนได้อย่างมีประสิทธิภาพ และเป็นพื้นฐานสำคัญของการสร้างองค์กรที่มีความยั่งยืน

แนวคิดเกี่ยวกับการส่งเสริมสุขภาวะขององค์กรด้วยกิจกรรมขนาดเล็ก (Micro-Intervention)

แนวคิดองค์กรสุขภาวะ และสุขภาวะที่ยั่งยืน (Flourishing Organization and Sustainable Well-being) เป็นแนวทางการบริหารจัดการองค์กรที่มุ่งเน้นการพัฒนาคุณภาพชีวิตของบุคลากรควบคู่กับการสร้างผลลัพธ์ขององค์กรในระยะยาว Quinn and Thakor (2018) อธิบายว่า องค์กรที่ประสบความสำเร็จอย่างยั่งยืนจะต้องให้ความสำคัญกับความสุขและความเป็นอยู่ที่ดีของบุคลากรควบคู่ไปกับผลการดำเนินงาน

ในปัจจุบัน แนวคิดกิจกรรมขนาดเล็ก (Micro-Intervention) ได้รับความสนใจอย่างมาก เนื่องจากเป็นการออกแบบกิจกรรมขนาดเล็กที่สามารถดำเนินการได้ง่าย ใช้เวลาสั้น แต่สามารถสร้างผลกระทบเชิงบวกต่อสุขภาวะของบุคลากรได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Lyubomirsky & Layous, 2013) โดยกิจกรรมดังกล่าวมักเน้นการสร้างอารมณ์เชิงบวก การเสริมสร้างความสัมพันธ์ และการเพิ่มการมีส่วนร่วมในองค์กร

แนวทางนี้สอดคล้องกับแนวคิด Work–Life Balance และการสร้างสภาพแวดล้อมการทำงานที่เกื้อกูล (Supportive Workplace Environment) ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการพัฒนาองค์กรให้มีความยั่งยืนทั้งในด้านบุคลากรและผลลัพธ์ขององค์กร

นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับ ธวชินี ลาลิน และคณะ ศึกษาเรื่อง การสร้างองค์กรต้นแบบสุขภาวะองค์กรกับตัวคูณด้าน Happy Family ผลการศึกษาพบว่า ระดับความสุขของพนักงานรวมอยู่ในระดับมาก เมื่อพิจารณารายด้านพบว่าด้านการมีน้ำใจงาม มีค่าเฉลี่ยสูงสุด รองลงมาคือ ด้านการมีครอบครัวที่ดี ส่วนการสร้างองค์กรต้นแบบสุขภาวะองค์กรกับตัวคูณด้าน Happy Family ขึ้นอยู่กับตัวแปรอิสระ 4 ตัว คือ การมีคุณธรรม การมีครอบครัวที่ดี การมีสังคมดี และ การมีความสมดุลในชีวิตการทำงาน ซึ่งมีความสัมพันธ์กับการสร้างองค์กรต้นแบบสุขภาวะองค์กรกับตัวคูณด้าน Happy Family สามารถอธิบายหรือทำนายตัวแปรตามได้ร้อยละ .850 (ธวชินี ลาลิน และคณะ, 2567)

นโยบาย Happy SDU การส่งเสริมสุขภาวะขององค์กรด้วยกิจกรรมขนาดเล็ก (Micro-Intervention)

มหาวิทยาลัยสวนดุสิตได้กำหนดแนวทางการพัฒนาองค์กรภายใต้แนวคิด “Happy SDU” ซึ่งมุ่งเน้นการสร้างองค์กรสุขภาวะ โดยให้ความสำคัญกับการพัฒนาคุณภาพชีวิตของบุคลากรทั้งในด้านร่างกาย จิตใจ และสังคม ควบคู่ไปกับการเสริมสร้างประสิทธิภาพในการทำงาน แนวคิดดังกล่าวสะท้อนถึงการบริหารจัดการองค์กรยุคใหม่ที่ให้ความสำคัญกับ “คน” ในฐานะทรัพยากรหลักในการขับเคลื่อนองค์กร

นโยบาย Happy SDU มุ่งสร้างสภาพแวดล้อมการทำงานที่เอื้อต่อความสุข ความปลอดภัยทางจิตใจ (Psychological Safety) และความสมดุลระหว่างชีวิตและการทำงาน (Work–Life Balance) โดยส่งเสริมให้บุคลากรมีส่วนร่วมในการสร้างบรรยากาศเชิงบวก และสามารถพัฒนาศักยภาพของตนเองได้อย่างเต็มที่ (มหาวิทยาลัยสวนดุสิต, 2568) นอกจากนี้มหาวิทยาลัยยังได้พัฒนาแนวทาง“SDU Goal Plus” เพื่อยกระดับการดำเนินงานขององค์กรให้สอดคล้องกับบริบทการเปลี่ยนแปลงในยุคดิจิทัล โดยเน้นการขับเคลื่อนองค์กรด้วยข้อมูล (Data-driven Organization) และนวัตกรรม เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและความยั่งยืนในการบริหารจัดการ (มหาวิทยาลัยสวนดุสิต, 2568)

ดังนั้น นโยบาย Happy SDU จึงเป็นกลไกสำคัญในการขับเคลื่อนองค์กรสู่การเป็นองค์กรสุขภาวะ (Well-being Organization) และสามารถต่อยอดสู่การพัฒนาองค์กรสุขภาวะอัจฉริยะ (Smart Well-being Organization) ที่สอดคล้องกับเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน โดยเฉพาะเป้าหมายที่ 3 สุขภาพและความเป็นอยู่ที่ดี (Good Health and Well-being)

โครงการ Poll Love ของสวนดุสิตโพล

โครงการ Poll Love ของสวนดุสิตโพลเป็นนวัตกรรมการส่งเสริมสุขภาวะในองค์กรที่พัฒนาขึ้นภายใต้แนวคิด “Happy SDU” โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อส่งเสริมความสุขในการทำงาน สร้างความสัมพันธ์เชิงบวก และเพิ่มความผูกพันของบุคลากรต่อองค์กร ผ่านกิจกรรมที่เรียบง่ายแต่มีพลังในการสร้างการเปลี่ยนแปลง

โครงการดังกล่าวเกิดจากการนำแนวคิด Peer Support Network และบทบาทของ SDU Happy Creator มาประยุกต์ใช้ในระดับหน่วยงาน เพื่อสร้างพื้นที่ปลอดภัยทางใจ (Psychological Safety) และส่งเสริมวัฒนธรรมการดูแลกันในองค์กร โดยเน้นการมีส่วนร่วมของบุคลากรเป็นศูนย์กลางในการขับเคลื่อนกิจกรรม ได้รับรางวัลชนะเลิศจากกิจกรรม “Outstanding SDU Happy Creator Award” สุดยอดบุคลากรผู้สร้างความสุขในหน่วยงาน จากผลงาน “Poll Love” ในงานประกวดที่จัดขึ้นเมื่อวันที่ 3 ตุลาคม 2568

Poll Love ใช้รูปแบบกิจกรรมขนาดเล็ก (Micro-Intervention) ซึ่งเป็นการออกแบบกิจกรรมที่ใช้เวลาสั้น ไม่รบกวนภาระงานหลัก และไม่ใช้งบประมาณ แต่สามารถสร้างผลกระทบเชิงบวกต่ออารมณ์ ความสัมพันธ์ และบรรยากาศการทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยกิจกรรมถูกออกแบบให้ครอบคลุมมิติของความสุข ได้แก่ สุขภาพกาย (Happy Body) การผ่อนคลาย (Happy Relax) ความสัมพันธ์ (Happy Heart) การเรียนรู้ (Happy Brain)

กิจกรรมภายใต้โครงการ Poll Love ถูกจัดขึ้นจำนวน 5 กิจกรรม ภายในระยะเวลา 2 สัปดาห์ โดยใช้เวลาครั้งละประมาณ 10–15 นาที เช่น กิจกรรมยืดเหยียดร่างกาย กิจกรรมเกมสร้างความสัมพันธ์ และกิจกรรมที่ส่งเสริมการสื่อสารในทีม ซึ่งช่วยสร้างบรรยากาศเชิงบวกและเพิ่มปฏิสัมพันธ์ระหว่างบุคลากร

การดำเนินโครงการดังกล่าวสะท้อนให้เห็นถึงการนำนโยบายระดับองค์กร (Happy SDU) ไปสู่การปฏิบัติในระดับหน่วยงาน (Implementation) ผ่านกระบวนการที่เน้นความเรียบง่าย การมีส่วนร่วม และความต่อเนื่องของกิจกรรม ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่นำไปสู่ความสำเร็จของการพัฒนาสุขภาวะขององค์กรด้วยกิจกรรมขนาดเล็ก (Micro-Intervention)

นอกจากนี้ โครงการ Poll Love ยังสอดคล้องกับแนวคิดการพัฒนาองค์กรอย่างยั่งยืน และเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน (Sustainable Development Goals: SDGs) โดยเฉพาะเป้าหมายที่ 3 สุขภาพและความเป็นอยู่ที่ดี (Good Health and Well-being) ซึ่งมุ่งเน้นการส่งเสริมสุขภาวะทางกายและจิตใจของบุคลากรในองค์กร

ดังนั้น โครงการ Poll Love จึงสามารถเป็นกรณีศึกษา (Case Study) ของการประยุกต์ใช้แนวคิด Micro-Intervention เพื่อพัฒนาองค์กรสุขภาวะ และเป็นต้นแบบของการสร้างองค์กรสุขภาวะอัจฉริยะ (Smart Well-being Organization) ที่เชื่อมโยงนโยบาย แนวคิด และการปฏิบัติได้อย่างเป็นรูปธรรม

จากแนวคิดและงานวิจัยข้างต้น ผู้วิจัยได้สังเคราะห์เป็นกรอบความคิดที่เชื่อมโยงตัวแปร กิจกรรม และผลลัพธ์ของการศึกษาในครั้งนี้ โดยกำหนดให้กิจกรรมขนาดเล็ก (Micro-Intervention) ภายใต้โครงการ Poll Love เป็นตัวแปรต้น ซึ่งออกแบบให้ครอบคลุมองค์ประกอบ PERMA ทั้ง 5 ด้านตามแนวคิดของ Seligman (2011) และส่งผลต่อตัวแปรตามระดับบุคคล 2 ตัวแปร ได้แก่ ความรุ่งเรืองทางจิตใจ (Flourishing) และความยืดหยุ่นทางจิตใจ (Psychological Resilience) โดยกิจกรรมที่ใช้เวลาสั้นและจัดในรูปแบบกลุ่มจะทำหน้าที่เป็นกลไกการฟื้นพลัง (Recovery Mechanism) และเครือข่ายการสนับสนุนทางสังคม (Social Support) ที่ช่วยเสริมสร้างทุนทางจิตวิทยา (Psychological Capital) ของบุคลากรตามแนวคิดของ Luthans et al. (2007) เมื่อบุคลากรมีระดับความรุ่งเรืองและความยืดหยุ่นทางจิตใจเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง จะนำไปสู่ผลลัพธ์ระดับองค์กร คือ การเกิดบรรยากาศองค์กรเชิงบวกและการพัฒนาสู่องค์กรสุขภาวะอัจฉริยะ (Smart Well-being Organization) ที่ขับเคลื่อนด้วยข้อมูลและนวัตกรรม ความสัมพันธ์ดังกล่าวเป็นรากฐานสำคัญในการกำหนดกรอบแนวคิดของการวิจัยครั้งนี้

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่า ความรุ่งเรืองทางจิตใจและความยืดหยุ่นทางจิตใจมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับผลลัพธ์ขององค์กร เช่น Diener et al. (2010) พบว่าบุคคลที่มีระดับ Flourishing สูงจะมีความพึงพอใจในชีวิตและการทำงานสูงขึ้น ขณะที่ Fredrickson (2001) เสนอว่าอารมณ์เชิงบวกช่วยขยายกรอบความคิดและเสริมสร้างทรัพยากรทางจิตใจของบุคคล นอกจากนี้ งานวิจัยของ Luthans et al. (2007) พบว่า Psychological Capital ซึ่งรวมถึงความยืดหยุ่นทางจิตใจ (Psychological Resilience) มีผลต่อประสิทธิภาพในการทำงานและความผูกพันต่อองค์กร ในระดับนานาชาติ แนวคิดความรุ่งเรืองทางจิตใจถูกนำไปใช้ในหลากหลายบริบท เช่น โครงการ Human Flourishing Program ของ Harvard University (VanderWeele, 2017) และ Wellbeing Research Centre ของ University of Oxford ซึ่งมุ่งศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อสุขภาวะของมนุษย์ในระดับบุคคลและสังคม

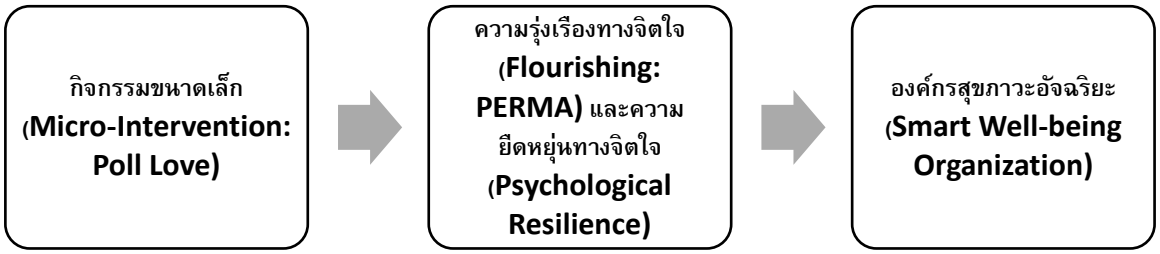
จากการสังเคราะห์แนวคิดและงานวิจัยดังกล่าว สามารถสรุปได้ว่า การส่งเสริมความรุ่งเรืองทางจิตใจและความยืดหยุ่นทางจิตใจผ่านกิจกรรม Micro-Intervention มีศักยภาพในการพัฒนาองค์กรสุขภาวะ และสามารถต่อยอดสู่การเป็นองค์กรสุขภาวะอัจฉริยะ (Smart Well-being Organization) ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

กรอบแนวคิดการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้อาศัยกรอบแนวคิดด้านจิตวิทยาเชิงบวก (Positive Psychology) โดยใช้โมเดล PERMA ของ Seligman (2011) เป็นฐานในการอธิบายความรุ่งเรืองทางจิตใจ (Flourishing) ร่วมกับแนวคิดความยืดหยุ่นทางจิตใจ (Psychological Resilience) ซึ่งเป็นความสามารถของบุคคลในการปรับตัวและฟื้นตัวจากสถานการณ์ที่ท้าทาย

กิจกรรมแบบ Micro-Intervention ภายใต้โครงการ Poll Love จำนวน 5 กิจกรรม ในระยะเวลา 2 สัปดาห์ ครั้งละ 10–15 นาที เช่น กิจกรรมยืดเหยียดร่างกาย เกมสร้างความสัมพันธ์ กิจกรรมส่งต่อกำลังใจ และกิจกรรมส่งเสริมการสื่อสารในทีม ถูกนำมาใช้เป็นกลไกในการส่งเสริมสุขภาวะของบุคลากร ผ่านการออกแบบกิจกรรมขนาดเล็กที่เน้นการมีส่วนร่วม การสร้างปฏิสัมพันธ์เชิงบวก และการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ในชีวิตการทำงานประจำวัน ซึ่งส่งผลต่อองค์ประกอบของความสุขตามกรอบ PERMA ได้แก่ อารมณ์เชิงบวก (Positive Emotion) การมีส่วนร่วม (Engagement) ความสัมพันธ์ (Relationships) ความหมายของชีวิต (Meaning) และความสำเร็จ (Accomplishment)

เมื่อบุคลากรมีระดับความรุ่งเรืองทางจิตใจ (Flourishing) และความยืดหยุ่นทางจิตใจ (Psychological Resilience) ที่สูงขึ้น จะนำไปสู่การเกิดบรรยากาศองค์กรเชิงบวก (Positive Organizational Climate) ความสัมพันธ์ที่ดีระหว่างบุคลากร และการเปลี่ยนแปลงเชิงวัฒนธรรมองค์กร อันเป็นรากฐานของการพัฒนาองค์กรสุขภาวะ (Well-being Organization) และสามารถต่อยอดสู่การเป็นองค์กรอัจฉริยะด้านสุขภาวะ (Smart Well-being Organization) ที่ขับเคลื่อนด้วยข้อมูลและนวัตกรรม



รูปที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

จากภาพประกอบ 1 แสดงกรอบแนวคิดการวิจัยที่อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมขนาดเล็ก (Micro-Intervention) ภายใต้โครงการ Poll Love ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวแปรต้น โดยส่งผลต่อความรุ่งเรืองทางจิตใจ (Flourishing) ตามกรอบ PERMA และความยืดหยุ่นทางจิตใจ (Psychological Resilience) ซึ่งเป็นตัวแปรตามระดับบุคคล และนำไปสู่ผลลัพธ์ในระดับองค์กร คือ การพัฒนาองค์กรสุขภาวะอัจฉริยะ (Smart Well-being Organization) ที่ขับเคลื่อนด้วยข้อมูลและนวัตกรรม

ระเบียบวิธีการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยแบบผสมผสาน (Mixed Methods Research) โดยผสานการเก็บข้อมูลเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ เพื่อศึกษาผลของกิจกรรมขนาดเล็ก (Micro-Intervention) ต่อความรุ่งเรืองทางจิตใจและความยืดหยุ่นทางจิตใจของบุคลากร

รูปแบบการวิจัย

การวิจัยนี้ใช้รูปแบบการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi-Experimental Research) แบบกลุ่มเดียววัดก่อนและหลัง (One-Group Pretest–Posttest Design) ร่วมกับการเก็บข้อมูลเชิงคุณภาพ เพื่อประเมินการเปลี่ยนแปลงด้านสุขภาวะทางจิตใจของบุคลากรภายหลังการเข้าร่วมกิจกรรม Micro-Intervention ภายใต้โครงการ Poll Love

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ บุคลากรของสวนดุสิตโพล มหาวิทยาลัยสวนดุสิต ทั้งหมด จำนวน 15 คน ผู้วิจัยกำหนดกลุ่มตัวอย่างโดยใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) โดยมีเกณฑ์การคัดเลือก ได้แก่ (1) เป็นบุคลากรสังกัดสวนดุสิตโพล (2) สมัครใจเข้าร่วมโครงการ Poll Love และ (3) สามารถเข้าร่วมกิจกรรมได้ครบทั้ง 5 กิจกรรม ภายในระยะเวลา 2 สัปดาห์ ได้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 12 คน

กลุ่มตัวอย่างคือบุคลากรของสวนดุสิตโพล จำนวน 12 คน ซึ่งเข้าร่วมโครงการ Poll Love โดยใช้วิธีการเลือกแบบเฉพาะเจาะจง (Purposive Sampling) เนื่องจากเป็นกลุ่มที่มีส่วนร่วมในกิจกรรมอย่างต่อเนื่องและสามารถให้ข้อมูลเชิงลึกเกี่ยวกับผลของกิจกรรมได้

เครื่องมือวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย 3 ส่วน ได้แก่

1) แบบสอบถามความรุ่งเรืองทางจิตใจ (Flourishing Questionnaire) พัฒนาขึ้นโดยดัดแปลงจากกรอบแนวคิด PERMA ของ Seligman (2011) ประกอบด้วย 5 ด้าน ได้แก่ อารมณ์เชิงบวก (Positive Emotion) การมีส่วนร่วม (Engagement) ความสัมพันธ์ (Relationships) ความหมายในชีวิต (Meaning) และความสำเร็จ (Accomplishment) โดยใช้มาตราส่วนประมาณค่าแบบลิเคิร์ต (Likert Scale) 5 ระดับ จำนวน 20 ข้อ

2) แบบสอบถามความยืดหยุ่นทางจิตใจ (Psychological Resilience Scale) ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นจากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับแนวคิดความยืดหยุ่นทางจิตใจ (Psychological Resilience) เพื่อใช้วัดความสามารถในการปรับตัวและฟื้นตัวจากสถานการณ์ที่ท้าทาย โดยใช้มาตราส่วนประมาณค่าแบบลิเคิร์ต (Likert Scale) 5 ระดับ จำนวน 8 ข้อ

3) แบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง (Semi-structured Interview) ใช้เก็บข้อมูลเชิงคุณภาพเกี่ยวกับประสบการณ์ ความรู้สึก และการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นจากการเข้าร่วมกิจกรรม

การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

ผู้วิจัยดำเนินการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัยก่อนนำไปใช้เก็บข้อมูลจริง ดังนี้

1) ความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) ผู้วิจัยนำเครื่องมือทั้ง 3 ชุดเสนอต่อผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน เพื่อพิจารณาความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์การวิจัยด้วยดัชนี IOC ผลการประเมินพบว่าข้อคำถามทุกข้อมีค่า IOC ระหว่าง 0.67–1.00 ซึ่งผ่านเกณฑ์มาตรฐานที่ 0.50 ขึ้นไป

2) ความเชื่อมั่นของแบบสอบถาม (Reliability) ผู้วิจัยนำแบบสอบถามไปทดลองใช้กับบุคลากรสายสนับสนุนของมหาวิทยาลัยสวนดุสิต จำนวน 30 คน ซึ่งมีลักษณะการทำงานใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่างในด้านการปฏิบัติงานภายในองค์กร การทำงานเป็นทีม และบริบทการทำงานสำนักงาน โดยไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างจริงของการวิจัย วิเคราะห์ด้วยสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's Alpha) พบว่าแบบสอบถามความรุ่งเรืองทางจิตใจมีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ .89 และแบบสอบถามความยืดหยุ่นทางจิตใจเท่ากับ .87 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่ .70

3) ความน่าเชื่อถือของแบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง ผู้วิจัยใช้การตรวจสอบสามเส้า (Triangulation) ระหว่างข้อมูลจากการสัมภาษณ์ การสังเกต และเอกสารที่เกี่ยวข้อง ร่วมกับการให้ผู้ให้ข้อมูลตรวจสอบความถูกต้อง (Member Checking) เพื่อยืนยันความน่าเชื่อถือของข้อมูลก่อนนำไปวิเคราะห์

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลดำเนินการเป็น 3 ระยะ ได้แก่

1) ก่อนการทดลอง (Pre-test) เก็บข้อมูลพื้นฐานโดยใช้แบบสอบถามเพื่อวัดระดับความรุ่งเรืองทางจิตใจและความยืดหยุ่นทางจิตใจของบุคลากรก่อนเข้าร่วมกิจกรรม

2) ระหว่างการดำเนินกิจกรรม ดำเนินกิจกรรมขนาดเล็ก (Micro-Intervention) ภายใต้โครงการ Poll Love จำนวน 5 กิจกรรม ภายในระยะเวลา 2 สัปดาห์ โดยกิจกรรมเน้นการสร้างปฏิสัมพันธ์เชิงบวก การแลกเปลี่ยนเรียนรู้ และการส่งเสริมความสุขในที่ทำงาน เช่น กิจกรรมส่งต่อกำลังใจ กิจกรรมแลกเปลี่ยนประสบการณ์ กิจกรรมสร้างความสัมพันธ์ในทีม

3) หลังการทดลอง (Post-test) เก็บข้อมูลซ้ำโดยใช้แบบสอบถามเดิม เพื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของระดับความรุ่งเรืองทางจิตใจและความยืดหยุ่นทางจิตใจ (Psychological Resilience) รวมทั้งดำเนินการสัมภาษณ์เชิงลึกกับกลุ่มตัวอย่าง

การวิเคราะห์ข้อมูล

1) ข้อมูลเชิงปริมาณ วิเคราะห์โดยใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation: SD) และเปรียบเทียบค่าก่อนและหลังการเข้าร่วมกิจกรรม และ Paired Samples t-test

2) ข้อมูลเชิงคุณภาพ วิเคราะห์โดยใช้การวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) เพื่อสรุปประเด็นสำคัญเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงด้านอารมณ์ พฤติกรรม และความสัมพันธ์ในองค์กร

การตรวจสอบความน่าเชื่อถือของข้อมูล

เพื่อให้ผลการวิเคราะห์ข้อมูลมีความน่าเชื่อถือ ผู้วิจัยตรวจสอบความน่าเชื่อถือของข้อมูลเชิงคุณภาพโดยใช้วิธีการตรวจสอบแบบสามเส้า (Triangulation) ใน 3 แนวทาง ได้แก่ (1) การตรวจสอบด้านข้อมูล (Data Triangulation) โดยรวบรวมข้อมูลจากหลายแหล่ง ทั้งแบบสอบถาม การสัมภาษณ์ และเอกสารที่เกี่ยวข้อง (2) การตรวจสอบด้านวิธีการ (Methodological Triangulation) โดยใช้ทั้งการวิจัยเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพควบคู่กัน เพื่อลดความลำเอียงและเพิ่มความแม่นยำในการตีความ และ (3) การตรวจสอบโดยผู้ให้ข้อมูล (Member Checking) โดยนำผลการวิเคราะห์กลับไปให้กลุ่มตัวอย่างยืนยันความถูกต้องของการตีความ

ผลการวิจัย

ผลการวิจัยนี้นำเสนอการวิเคราะห์ข้อมูลตามวัตถุประสงค์ของการศึกษา โดยมุ่งเน้นการเปลี่ยนแปลงของความรุ่งเรืองทางจิตใจ (Flourishing) และความยืดหยุ่นทางจิตใจ (Resilience) ตลอดจนผลของกิจกรรม Micro-Intervention ต่อองค์ประกอบของความสุขตามกรอบ PERMA และการสังเคราะห์เป็นโมเดลองค์กรสุขภาวะ ดังนี้

1. ระดับความรุ่งเรืองทางจิตใจและความยืดหยุ่นทางจิตใจของบุคลากรก่อนและหลังการเข้าร่วมกิจกรรม Micro-Intervention

ตารางที่ 1 การศึกษาระดับความรุ่งเรืองทางจิตใจและความยืดหยุ่นทางจิตใจของบุคลากร จำนวน 12 คน ก่อนและหลังการเข้าร่วมกิจกรรม Micro-Intervention โครงการ Poll Love ผลการวิจัยพบว่า ประเด็นความรุ่งเรืองทางจิตใจ (Flourishing) ก่อนการทดลองมีค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) เท่ากับ 3.75 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 0.643 หลังการทดลอง (Post-test) มีค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) เท่ากับ 4.37ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 0.488 เมื่อพิจารณาประเด็นความยืดหยุ่นทางจิตใจ

(Psychological Resilience) พบว่าก่อนการทดลองมีค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) เท่ากับ 3.32 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 0.463 หลังการทดลอง (Post-test) มีค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) เท่ากับ 4.31 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 0.590

ตารางที่ 1 ระดับความรุ่งเรืองทางจิตใจและความยืดหยุ่นทางจิตใจของบุคลากรก่อนและหลังการเข้าร่วมกิจกรรม Micro-Intervention โครงการ Poll Love

ประเด็นคำถาม	ก่อนการทดลอง (Pre-test)		หลังการทดลอง (Post-test)	
	ค่าเฉลี่ย	(S.D.)	ค่าเฉลี่ย	(S.D.)
ความรุ่งเรืองทางจิตใจ (Flourishing)	3.75	0.643	4.37	0.488
ความยืดหยุ่นทางจิตใจ (Psychological Resilience)	3.32	0.463	4.31	0.590

ตารางที่ 2 การวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยก่อนและหลังเข้าร่วมกิจกรรมด้วยสถิติ Paired Samples t-test พบว่าค่าเฉลี่ยก่อนเข้าร่วมกิจกรรม (Mean = 3.54) และหลังเข้าร่วมกิจกรรม (Mean = 4.34) โดยหลังเข้าร่วมกิจกรรมมีค่าเฉลี่ยสูงกว่าก่อนเข้าร่วมกิจกรรมอย่างชัดเจน และเมื่อทดสอบทางสถิติพบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($t = -3.987$, $p = 0.002$) แสดงให้เห็นว่าคะแนนหลังการเข้าร่วมกิจกรรมสูงกว่าก่อนการเข้าร่วมกิจกรรมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งสะท้อนแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงเชิงบวกของตัวแปรที่ศึกษา

เมื่อพิจารณาขนาดอิทธิพล (Effect Size) โดยใช้ค่า Cohen's d พบว่ามีค่าเท่ากับ 1.15 ซึ่งอยู่ในระดับสูง (large effect) โดย Cohen (1988) กำหนดเกณฑ์ large effect ไว้ที่ค่า $d \geq 0.80$ สะท้อนให้เห็นว่ากิจกรรม Micro-Intervention ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรที่ศึกษาในระดับมาก

ตารางที่ 2 การวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยก่อนและหลังเข้าร่วมกิจกรรมด้วยสถิติ Paired Samples t-test

ตัวแปร	Pre-test (Mean)	Post-test (Mean)	t	df	p-value
คะแนนรวม	3.54	4.34	-3.987	11	0.002

2. วิเคราะห์ผลของกิจกรรมขนาดเล็ก (Micro-Intervention) ต่อองค์ประกอบของความสุขตามกรอบ PERMA

จากการสัมภาษณ์เชิงลึก พบว่า ผลของกิจกรรมขนาดเล็ก (Micro-Intervention) ส่งผลเชิงบวกต่อองค์ประกอบความสุขตามกรอบ PERMA ทั้ง 5 ด้าน ดังนี้

ด้านอารมณ์เชิงบวก (Positive Emotion) บุคลากรมีความเครียดลดลง อารมณ์ดีขึ้น และบรรยากาศองค์กรเต็มไปด้วยรอยยิ้มและความสนุกสนาน ดังที่ผู้ให้ข้อมูล C กล่าวว่า "มีความสนุกสนานและความสุขเพิ่มมากขึ้น เกิดเสียงหัวเราะอย่างต่อเนื่อง"

ด้านการมีส่วนร่วม (Engagement) บุคลากรสามารถกลับมาทำงานได้อย่างมีสมาธิและมีประสิทธิภาพมากขึ้น ดังที่ผู้ให้ข้อมูล A กล่าวว่า "การหยุดพักเป็นระยะช่วยเสริมสร้างพลังใจ ส่งผลให้กลับมาทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น"

ด้านความสัมพันธ์ (Relationships) บุคลากรรู้สึกใกล้ชิดกับเพื่อนร่วมงานมากขึ้น เกิดความเข้าใจและความสามัคคีที่ดีขึ้น ดังที่ผู้ให้ข้อมูล D กล่าวว่า "ช่วยเสริมสร้างความสัมพันธ์ที่ดี และส่งผลให้เกิดความเข้าใจผู้อื่นมากขึ้น"

ด้านความหมายในชีวิต (Meaning) บุคลากรรับรู้ถึงคุณค่าและประโยชน์ของกิจกรรมที่มีต่อตนเองและองค์กร ดังที่ผู้ให้ข้อมูล E กล่าวว่า "เป็นกิจกรรมที่ดีและมีประโยชน์อย่างมาก สร้างความสุขและลดความเครียด จึงอยากให้มีการจัดอย่างต่อเนื่อง"

ด้านความสำเร็จ (Accomplishment) บุคลากรรู้สึกสามารถจัดการกับความเครียดสะสมได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังที่ผู้ให้ข้อมูล B กล่าวว่า "ช่วยลดความเครียดและคลายความตึงเครียดที่สะสมจากการทำงานในแต่ละวันได้อย่างมีประสิทธิภาพ"

“การปรับเปลี่ยนพฤติกรรมระหว่างวันในการทำงานช่วยให้บรรยากาศมีความผ่อนคลาย ได้หยุดพักและผ่อนคลายเป็นระยะ ช่วยเสริมสร้างพลังใจ ส่งผลให้สามารถกลับมาทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น”

ผู้ให้ข้อมูล A สัมภาษณ์วันที่ 15 กันยายน 2568

“ช่วยลดความเครียดจากการทำงาน ทำให้รู้สึกผ่อนคลายมากยิ่งขึ้น และช่วยให้คลายความตึงเครียดที่สะสมจากการทำงานในแต่ละวันได้อย่างมีประสิทธิภาพ”

ผู้ให้ข้อมูล B สัมภาษณ์วันที่ 15 กันยายน 2568

“มีความสนุกสนานและความสุขเพิ่มมากขึ้น เกิดเสียงหัวเราะอย่างต่อเนื่อง และเต็มไปด้วยบรรยากาศของความยิ้มแย้มแจ่มใสและความรื่นเริง”

ผู้ให้ข้อมูล C สัมภาษณ์วันที่ 15 กันยายน 2568

“รู้สึกใกล้ชิดกับเพื่อนร่วมงานมากยิ่งขึ้น ได้เห็นรอยยิ้มและบรรยากาศที่เป็นมิตรของกันและกัน ช่วยเสริมสร้างความสัมพันธ์ที่ดี และส่งผลให้เกิดความเข้าใจผู้อื่นมากขึ้นทั้งในด้านการทำงานและการอยู่ร่วมกัน”

ผู้ให้ข้อมูล D สัมภาษณ์วันที่ 15 กันยายน 2568

“เป็นกิจกรรมที่ดีและมีประโยชน์อย่างมาก สร้างความสุขและลดความเครียดในการทำงาน จึงอยากให้มีการจัดอย่างต่อเนื่อง เพื่อช่วยส่งเสริมบรรยากาศที่ดีและเอื้อต่อการทำงานร่วมกันอย่างมีประสิทธิภาพ”

ผู้ให้ข้อมูล E สัมภาษณ์วันที่ 15 กันยายน 2568

3. เพื่อพัฒนาโมเดลการสร้างองค์กรสุขภาวะ ที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในบริบทองค์กรการศึกษา

จากการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพในการดำเนินโครงการ Poll Love ภายใต้กิจกรรม Micro-Intervention พบว่าสามารถสังเคราะห์เป็น “โมเดลการสร้างองค์กรสุขภาวะ” ที่เหมาะสมกับบริบทองค์กรการศึกษาได้ โดยโมเดลดังกล่าวมีลักษณะเป็นการบูรณาการระหว่างแนวคิดความรุ่งเรืองทางจิตใจ (Flourishing) ตามกรอบ PERMA ของ Martin Seligman แนวคิดความยืดหยุ่นทางจิตใจ (Psychological Resilience) และแนวคิดการพัฒนาองค์กรด้วยกิจกรรมขนาดเล็ก (Micro-Intervention)

ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่า โมเดลดังกล่าวประกอบด้วยองค์ประกอบสำคัญ 4 มิติหลัก ได้แก่

1) กลไกขับเคลื่อน (Driving Mechanism)

ประกอบด้วยบทบาทของผู้นำหรือผู้ริเริ่มกิจกรรม (Happy Creator/Change Agent) ที่ทำหน้าที่เป็นแรงขับเคลื่อนสำคัญในการออกแบบและดำเนินกิจกรรม โดยเน้นการสร้างแรงจูงใจ การมีส่วนร่วม และการเป็นแบบอย่างเชิงบวกในองค์กร รวมถึง

การสนับสนุนจากนโยบายระดับองค์กร เช่น แนวคิด Happy Organization ซึ่งช่วยเสริมความต่อเนื่องและความยั่งยืนของกิจกรรม

2) กระบวนการดำเนินงาน (Process: Micro-Intervention Design)

เป็นการออกแบบกิจกรรมขนาดเล็กที่มีลักษณะ “เรียบง่าย ใช้เวลาสั้น แต่ก่อให้เกิดผลลัพธ์เชิงบวกสูง” เช่น กิจกรรมสร้างเสียงหัวเราะ เกมสัมพันธ์ การออกกำลังกาย และกิจกรรมเชิงสร้างสรรค์ โดยกิจกรรมถูกออกแบบให้สอดคล้องกับองค์ประกอบของ PERMA ได้แก่ การสร้างอารมณ์เชิงบวก การกระตุ้นการมีส่วนร่วม การเสริมสร้างความสัมพันธ์ การสร้างความหมาย การส่งเสริมความรู้สึกสำเร็จ

3) ผลลัพธ์ระดับบุคคล (Individual Outcomes)

พบว่าบุคลากรมีระดับความรุ่งเรืองทางจิตใจและความยืดหยุ่นทางจิตใจเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน โดยสะท้อนผ่านการมีอารมณ์ที่ดีขึ้น ความเครียดลดลง ความสัมพันธ์ที่ดีขึ้น และความสามารถในการปรับตัวต่อสถานการณ์การทำงานที่ดีขึ้น นอกจากนี้ยังส่งผลต่อความผูกพันต่อองค์กรและแรงจูงใจในการทำงาน

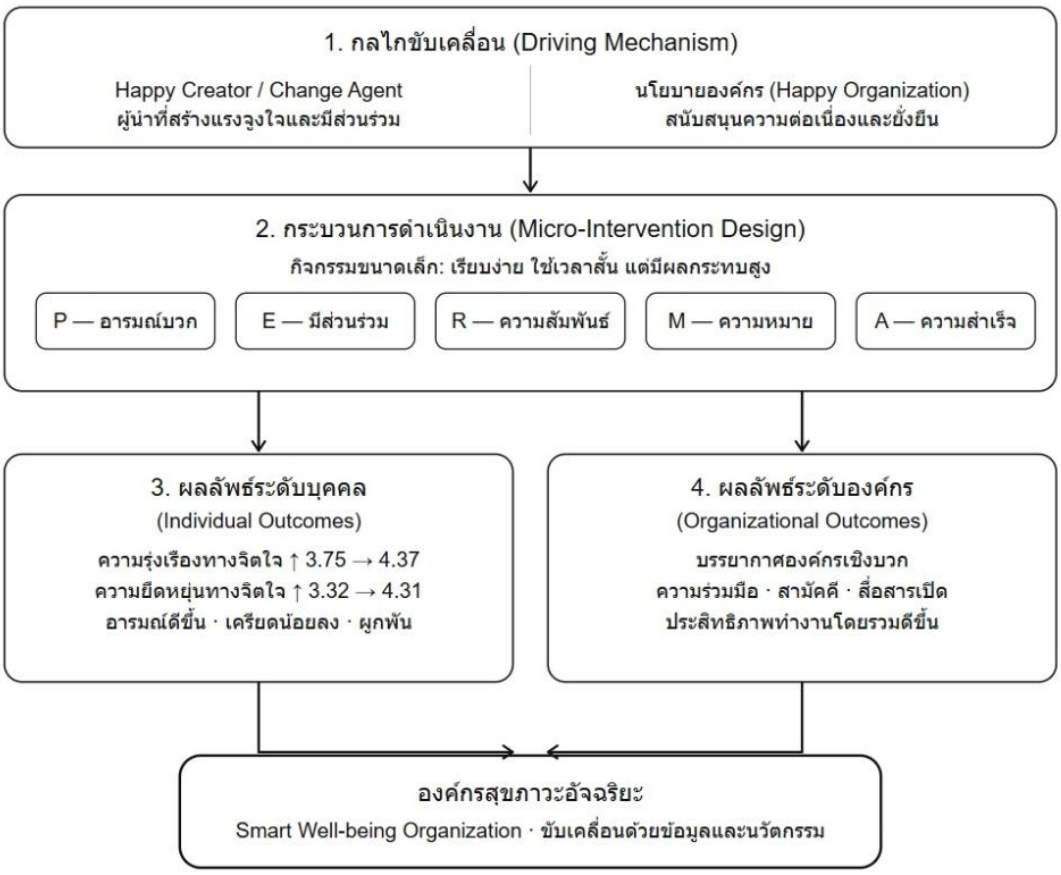
4) ผลลัพธ์ระดับองค์กร (Organizational Outcomes)

ผลลัพธ์ในระดับองค์กรได้มาจากการสังเคราะห์ข้อมูลที่ผู้วิจัยเก็บรวบรวมจริงในโครงการ โดยใช้วิธีการแบบผสมผสานทั้งเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ เพื่อให้สามารถวัดผลและยืนยันการเปลี่ยนแปลงได้อย่างเป็นรูปธรรม

ข้อมูลเชิงปริมาณ ผู้วิจัยใช้แบบสอบถามความรุ่งเรืองทางจิตใจตามกรอบ PERMA และแบบสอบถามความยืดหยุ่นทางจิตใจ เก็บข้อมูลก่อนและหลังการเข้าร่วมกิจกรรม จากนั้นวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงด้วยสถิติ Paired Samples t-test ผลการวิเคราะห์พบว่า ค่าเฉลี่ยรวมเพิ่มขึ้นจาก 3.54 เป็น 4.34 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($t = -3.987$, $p = 0.002$) ซึ่งสะท้อนแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงในระดับองค์กร

ข้อมูลเชิงคุณภาพ ผู้วิจัยเก็บข้อมูลด้วยการสัมภาษณ์เชิงลึกผ่านแบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง ร่วมกับการสังเกตบรรยากาศและปฏิสัมพันธ์ระหว่างดำเนินกิจกรรม ผลการวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) พบประเด็นร่วม (Common Themes) ที่สอดคล้องกัน ได้แก่ บรรยากาศการทำงานที่ผ่อนคลายมากขึ้น ความใกล้ชิดและความสามัคคีระหว่างเพื่อนร่วมงาน เสียงหัวเราะและรอยยิ้มที่เพิ่มขึ้นในที่ทำงาน ตลอดจนการสื่อสารและความเข้าใจระหว่างบุคลากรที่ดีขึ้น

จากการสังเคราะห์ข้อมูล สรุปได้ว่า องค์กรเกิดบรรยากาศองค์กรเชิงบวก (Positive Organizational Climate) ที่มีลักษณะของความผ่อนคลาย ความร่วมมือ ความสามัคคี และการสื่อสารที่เปิดกว้าง ส่งผลให้ประสิทธิภาพในการทำงานโดยรวมดีขึ้น และเอื้อต่อการพัฒนาองค์กรสู่การเป็นองค์กรสุขภาวะอย่างเป็นรูปธรรม.



รูปที่ 2 โมเดลการสร้างองค์กรสุขภาวะอัจฉริยะ (Smart Well-being Organization)

สรุปผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าการส่งเสริมสุขภาวะขององค์กรด้วยกิจกรรมขนาดเล็ก (Micro-Intervention) เป็นแนวทางที่เป็นไปได้จริงและมีประสิทธิผลในบริบทของสถาบันอุดมศึกษาไทย โครงการ Poll Love ของสวนดุสิตโพล มหาวิทยาลัยสวนดุสิต เป็นตัวอย่างที่ชัดเจนว่าแนวคิด Flourishing ตามกรอบ PERMA และความยืดหยุ่นทางจิตใจ (Psychological Resilience) เป็นนวัตกรรมที่มีประสิทธิภาพในการส่งเสริมสุขภาวะของบุคลากร โดยสามารถพัฒนาได้ทั้งในมิติของความรุ่งเรืองทางจิตใจและความยืดหยุ่นทางจิตใจ (Psychological Resilience) ส่งผลให้บุคลากรมีความสุขในการทำงานมากขึ้น มีความสัมพันธ์ที่ดีในองค์กร และมีประสิทธิภาพในการทำงานที่สูงขึ้น

ผลการศึกษาระดับความรุ่งเรืองทางจิตใจและความยืดหยุ่นทางจิตใจของบุคลากรก่อนและหลังการเข้าร่วมกิจกรรม Micro-Intervention พบว่า ภายหลังการเข้าร่วมกิจกรรมเป็นระยะเวลา 2 สัปดาห์ บุคลากรมีระดับความรุ่งเรืองทางจิตใจเพิ่มขึ้นจาก 3.75 เป็น 4.37 และความยืดหยุ่นทางจิตใจเพิ่มขึ้นจาก 3.32 เป็น 4.31 โดยค่าเฉลี่ยรวมเพิ่มขึ้นจาก 3.54 เป็น 4.34 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($t = -3.987$, $p = 0.002$) แสดงให้เห็นว่ากิจกรรมขนาดเล็ก (ตัวแปรต้น) ส่งผลเชิงบวกต่อความรุ่งเรืองทางจิตใจและความยืดหยุ่นทางจิตใจ (ตัวแปรตาม) อย่างชัดเจน

ผลการวิเคราะห์อิทธิพลของกิจกรรมขนาดเล็กต่อองค์ประกอบของความสุขตามกรอบ PERMA พบว่า กิจกรรมส่งผลเชิงบวกครอบคลุมทั้ง 5 องค์ประกอบของ PERMA ได้แก่ อารมณ์เชิงบวก (Positive Emotion) ที่ดีขึ้นจากการลดความตึงเครียดและสร้างบรรยากาศผ่อนคลาย การมีส่วนร่วม (Engagement) ที่เข้มแข็งขึ้นจากการเข้าร่วมกิจกรรมอย่างต่อเนื่อง ความสัมพันธ์ (Relationships) ที่แน่นแฟ้นขึ้นระหว่างเพื่อนร่วมงาน ความหมายในชีวิต (Meaning) ที่ลึกซึ้งขึ้นจากการเห็นคุณค่าของการอยู่ร่วมกันในองค์กร และความสำเร็จ (Accomplishment) ที่เพิ่มขึ้นจากการรับรู้ประสิทธิภาพการทำงานที่ดีขึ้น

ผลการพัฒนาโมเดลการสร้างองค์กรสุขภาวะที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในบริบทองค์กรการศึกษา ได้องค์ประกอบหลัก 4 มิติ ประกอบด้วย กลไกขับเคลื่อน (Driving Mechanism) กระบวนการดำเนินงาน (Process: Micro-Intervention Design) ผลลัพธ์ระดับบุคคล (Individual Outcomes) และผลลัพธ์ระดับองค์กร (Organizational Outcomes) โดยปัจจัยสำคัญที่ทำให้โมเดลประสบความสำเร็จ ได้แก่ การนำโดยคนในองค์กร ความเรียบง่ายและเข้าถึงง่ายของกิจกรรม ความสม่ำเสมอในการดำเนินงาน และการสนับสนุนจากนโยบายระดับมหาวิทยาลัย

นอกจากนั้นยังเป็นต้นแบบของการแปลงนโยบายองค์กรสู่การปฏิบัติในระดับหน่วยงานได้อย่างเป็นรูปธรรม สอดคล้องกับเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน (SDGs) เป้าหมายที่ 3 ด้านสุขภาพและความเป็นอยู่ที่ดี และมีศักยภาพในการพัฒนาต่อยอดสู่การเป็นองค์กรสุขภาวะอัจฉริยะ (Smart Well-being Organization) ที่ขับเคลื่อนด้วยข้อมูลและนวัตกรรม อันจะเป็นรากฐานสำคัญของการพัฒนาทุนมนุษย์และความยั่งยืนขององค์กร

อภิปรายผลการวิจัย

ผลการวิจัยครั้งนี้สะท้อนให้เห็นว่า การนำกิจกรรมขนาดเล็ก (Micro-Intervention) ภายใต้โครงการ Poll Love มาใช้เป็นเครื่องมือส่งเสริมสุขภาวะองค์กร สามารถส่งผลเชิงบวกต่อความรุ่งเรืองทางจิตใจและความยืดหยุ่นทางจิตใจของบุคลากร ซึ่งเชื่อมโยงกับกรอบแนวคิด PERMA ของ Martin Seligman และจิตวิทยาเชิงบวก (Positive Psychology) โดยอภิปรายผล 4 ประการ ดังนี้

ประการแรก ด้านความรุ่งเรืองทางจิตใจ (Flourishing) พบว่าค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้นจาก 3.75 เป็น 4.37 ซึ่งสอดคล้องกับการออกแบบกิจกรรมที่ครอบคลุมองค์ประกอบทั้ง 5 ของ PERMA ได้แก่ (1) อารมณ์เชิงบวก กิจกรรมยืดเหยียดร่างกายและส่งต่อกำลังใจช่วยลดความตึงเครียดสะสม ดังที่ผู้ให้ข้อมูล B ระบุไว้ (2) การมีส่วนร่วม บุคลากรเข้าร่วมกิจกรรมต่อเนื่องตลอด 2 สัปดาห์ (3) ความสัมพันธ์ เกมสร้างความสัมพันธ์ช่วยให้รู้สึกใกล้ชิดเพื่อนร่วมงานมากขึ้น (4) ความหมายในชีวิต บุคลากรเห็นคุณค่าของการอยู่ร่วมกันในองค์กร และ (5) ความสำเร็จ บุคลากรรับรู้ประสิทธิภาพการทำงานที่ดีขึ้น ผลดังกล่าวสอดคล้องกับ Fredrickson (2001) ที่อธิบายว่าอารมณ์เชิงบวกช่วยขยายกรอบความคิดและเสริมสร้างทรัพยากรทางจิตใจ และสอดคล้องกับ Diener et al. (2010) ที่พบว่าผู้มีระดับความรุ่งเรืองสูงจะมีความพึงพอใจในชีวิตและการทำงานสูงขึ้น

ประการที่สอง ด้านความยืดหยุ่นทางจิตใจ (Psychological Resilience) พบว่าค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้นจาก 3.32 เป็น 4.31 ซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงที่ชัดเจนที่สุด การเพิ่มขึ้นนี้อธิบายได้จากลักษณะกิจกรรมที่ใช้เวลาเพียง 10–15 นาทีต่อครั้ง ทำหน้าที่เป็นกลไกการฟื้นพลัง (Recovery Mechanism) ระหว่างวัน ดังที่ผู้ให้ข้อมูล A ระบุว่ากิจกรรมช่วยเสริมสร้างพลังใจและกลับมาทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ประกอบกับการจัดกิจกรรมในรูปแบบกลุ่มที่สร้างเครือข่ายการสนับสนุนทางสังคม (Social Support) ผลดังกล่าวสอดคล้องกับ American Psychological Association (2020) ที่ระบุว่าความสัมพันธ์ที่ดีเป็นปัจจัยสำคัญในการพัฒนาความยืดหยุ่นทางจิตใจ และสอดคล้องกับแนวคิด Psychological Capital ของ Luthans et al.

(2007) รวมถึงงานวิจัยของพบธรรม พรหมรักษา และกรรณิการ์ แสนสุภา (2568) ที่พบว่าความยืดหยุ่นทางจิตใจมีบทบาทสำคัญต่อการเสริมสร้างสุขภาวะทางจิตในระดับอุดมศึกษา

ประการที่สาม ผลการวิเคราะห์ด้วยสถิติ Paired Samples t-test ยืนยันว่าค่าเฉลี่ยรวมเพิ่มขึ้นจาก 3.54 เป็น 4.34 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (t = -3.987, p = 0.002) สอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์จากการสัมภาษณ์ที่ยืนยันการเปลี่ยนแปลง "อย่างต่อเนื่อง" และ "ดีขึ้น" ในทุกองค์ประกอบของ PERMA กล่าวคือ ด้านอารมณ์เชิงบวก เกิดเสียงหัวเราะอย่างต่อเนื่อง (ผู้ให้ข้อมูล C) ด้านการมีส่วนร่วม บุคลากรต้องการให้จัดกิจกรรมต่อเนื่อง (ผู้ให้ข้อมูล E) ด้านความสัมพันธ์ รู้สึกใกล้ชิดและเข้าใจเพื่อนร่วมงานดีขึ้น (ผู้ให้ข้อมูล D) ด้านความหมาย เห็นคุณค่าของบรรยากาศการทำงานร่วมกัน และด้านความสำเร็จ ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น (ผู้ให้ข้อมูล A) ผลดังกล่าวสอดคล้องกับ Lyubomirsky และ Layous (2013) ที่ชี้ว่ากิจกรรมเชิงบวกขนาดเล็กสามารถเพิ่มระดับความสุขได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ประการที่สี่ การพัฒนาโมเดลการสร้างองค์กรสุขภาวะ 4 มิติ มีความสอดคล้องกับการดำเนินกิจกรรมจริงในโครงการ ดังนี้ มิติที่ 1 กลไกขับเคลื่อน สะท้อนผ่าน SDU Happy Creator ที่ได้รับรางวัล "Outstanding SDU Happy Creator Award" เมื่อวันที่ 3 ตุลาคม 2568 ร่วมกับการสนับสนุนของนโยบาย Happy SDU สอดคล้องกับแนวคิดองค์กรขับเคลื่อนด้วยเป้าหมายของ Quinn และ Thakor (2018) มิติที่ 2 กระบวนการดำเนินงาน สะท้อนผ่านกิจกรรม 5 กิจกรรมในระยะเวลา 2 สัปดาห์ ที่เรียบง่าย ใช้เวลาสั้น ไม่ใช้งบประมาณ แต่สร้างผลกระทบที่วัดได้ทางสถิติ สอดคล้องกับ Lyubomirsky และ Layous (2013) มิติที่ 3 ผลลัพธ์ระดับบุคคล ยืนยันด้วยตัวเลขเชิงประจักษ์ของความรุ่งเรืองและความยืดหยุ่นทางจิตใจที่เพิ่มขึ้น สอดคล้องกับแนวคิด Psychological Capital ของ Luthans et al. (2007) และมิติที่ 4 ผลลัพธ์ระดับองค์กร พบการเปลี่ยนแปลงเชิงรูปธรรม ได้แก่ บรรยากาศองค์กรเชิงบวกที่เกิดเสียงหัวเราะและรอยยิ้มอย่างต่อเนื่อง ความสัมพันธ์ที่ใกล้ชิดและเข้าใจซึ่งกันและกัน การสื่อสารและความสามัคคีที่ดีขึ้น และความต้องการให้จัดกิจกรรมต่อเนื่อง สะท้อนการเปลี่ยนแปลงเชิงวัฒนธรรมองค์กร อธิบายได้ด้วยทฤษฎี Broaden-and-Build ของ Fredrickson (2001) และสอดคล้องกับงานวิจัยของธวชินี ลาลิน และคณะ (2567)

โดยสรุป ความสำเร็จของโครงการ Poll Love สะท้อนปัจจัยสนับสนุนสำคัญ ได้แก่ ผู้นำโครงการที่เข้มแข็ง ความเรียบง่ายของกิจกรรม การมีส่วนร่วมของบุคลากร และการสนับสนุนเชิงนโยบาย ซึ่งบูรณาการอยู่ในโมเดล 4 มิติ และสามารถนำไปประยุกต์ใช้พัฒนาสู่การเป็นองค์กรสุขภาวะอัจฉริยะ (Smart Well-being Organization) ต่อไป

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะเชิงนโยบายและการปฏิบัติจากการวิจัยครั้งนี้สะท้อนให้เห็นว่า โมเดลการสร้างองค์กรสุขภาวะ 4 มิติสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในระดับมหาวิทยาลัยสวนดุสิต โดยควรขยายผลไปยังหน่วยงานภายใน เช่น คณะ สำนัก สถาบัน และศูนย์ต่าง ๆ เพื่อให้ครอบคลุมทั้งองค์กรตามแนวทาง Happy SDU นอกจากนี้ การออกแบบกิจกรรมควรคำนึงถึงองค์ประกอบของ PERMA ทั้ง 5 ด้านอย่างสมดุล โดยไม่เน้นด้านใดด้านหนึ่งมากเกินไป เพื่อให้เกิดการพัฒนาสุขภาวะอย่างรอบด้าน ควบคู่ไปกับการจัดให้มีระบบติดตามและประเมินผลอย่างต่อเนื่อง โดยใช้ข้อมูล (Data-driven) เป็นฐานในการปรับปรุงและพัฒนากิจกรรมให้ตรงกับความต้องการของบุคลากรในแต่ละช่วงเวลา อีกทั้งองค์กรควรสนับสนุนการพัฒนานักสร้างสุข (Happy Creator) ผ่านการคัดเลือกบุคลากรที่มีความสนใจในการจัดกิจกรรมพร้อมได้รับการสนับสนุนจากผู้บริหารอย่างชัดเจน เพื่อให้สามารถขับเคลื่อนกิจกรรมด้านสุขภาวะได้อย่างต่อเนื่องและยั่งยืน รวมถึงควรส่งเสริมการสร้างเครือข่ายการดูแลซึ่งกันและกัน (Peer Support Network) ภายในองค์กร เพื่อให้บุคลากรสามารถพึ่งพา สนับสนุน และแลกเปลี่ยนกำลังใจกันได้อย่างไม่เป็น

ทางการในชีวิตการทำงานประจำวัน ซึ่งจะช่วยเสริมสร้างบรรยากาศการทำงานที่เอื้อต่อสุขภาวะและความผูกพันต่อองค์กรในระยะยาว

สำหรับข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป ควรมีการศึกษาผลกระทบในระยะยาว (Longitudinal Study) เพื่อประเมินว่าระดับ Flourishing ของบุคลากรจะสามารถคงอยู่ได้นานเพียงใดภายหลังสิ้นสุดกิจกรรม นอกจากนี้ การต่อยอดด้วย Data-Driven และเทคโนโลยีเพื่อติดตามสุขภาพจิตแบบ Real-time ถือเป็นแนวทางที่น่าสนใจสำหรับองค์กรอัจฉริยะในอนาคต อีกทั้งควรขยายขนาดกลุ่มตัวอย่างให้ครอบคลุมหน่วยงานหรือองค์กรที่หลากหลาย เพื่อเพิ่มความสามารถในการอ้างอิงทั่วไป (Generalizability) ของผลการวิจัย รวมถึงควรศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบของ PERMA กับตัวแปรอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น ความผูกพันต่อองค์กร (Employee Engagement) หรือประสิทธิภาพขององค์กร เพื่อสร้างองค์ความรู้ที่เชื่อมโยงระหว่างสุขภาวะกับผลลัพธ์เชิงองค์กรได้ชัดเจนยิ่งขึ้น ทั้งนี้ งานวิจัยในอนาคตอาจพัฒนาไปสู่การสร้างโมเดล Smart Well-being Organization ที่ผสานการใช้เทคโนโลยีและข้อมูลเข้ากับการบริหารจัดการสุขภาวะของบุคลากร เพื่อยกระดับการดูแลคุณภาพชีวิตและการพัฒนาองค์กรอย่างยั่งยืนต่อไป

ข้อจำกัดในการวิจัย (Limitations)

1. กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเล็ก (n = 12) และเลือกแบบเฉพาะเจาะจงจากหน่วยงานเดียวกัน จึงอาจจำกัดการอ้างอิงทั่วไปไปยังบริบทอื่น
2. การวิจัยเป็นแบบกึ่งทดลองกลุ่มเดียววัดก่อน–หลัง โดยไม่มีกลุ่มควบคุม จึงอาจมีปัจจัยแทรกซ้อน และไม่สามารถสรุปความเป็นเหตุเป็นผลได้อย่างสมบูรณ์
3. ระยะเวลาดำเนินกิจกรรมสั้น (2 สัปดาห์) ทำให้ยังไม่สามารถยืนยันความคงอยู่ของผลลัพธ์ในระยะยาว
4. การวัดผลใช้แบบประเมินตนเอง (Self-report) เป็นหลัก ซึ่งอาจมีอคติจากการตอบ
5. การศึกษาเป็นกรณีศึกษาในบริบทเฉพาะของโครงการ Poll Love ซึ่งมีวัฒนธรรมองค์กรเอื้อต่อการมีส่วนร่วม จึงอาจไม่สะท้อนผลในองค์กรที่มีบริบทแตกต่างกัน

เอกสารอ้างอิง

ธวชินี ลาลิน และคณะ. (2567). การสร้างองค์กรต้นแบบสุขภาวะองค์กรกับตัวคูณด้าน Happy Family. วารสารพิกุล. 22 (2): 23-38. ค้นเมื่อ 12 มีนาคม 2569. https://so05.tci-thaijo.org/index.php/Phikun/article/view/277741.

ธันยพร กริชติทายาวุธ. (2565). ผลของโปรแกรมการฝึกอบรมแบบบูรณาการพละ 5 และการคิดเชิงบวกที่มีต่อการริเริ่มพัฒนาความงอกงามแห่งตนและสุขภาวะทางจิตของกลุ่มสมาชิกสมาคมผู้บำเพ็ญประโยชน์แห่งประเทศไทย. หลักสูตรพุทธศาสตร์ดุษฎีบัณฑิต สาขาพุทธจิตวิทยา มหาวิทยาลัยมหาจุฬาลงกรณราชวิทยาลัย.

พบธรรม พรหมรักษา และกรรณิการ แสนสุภา. (2568). ความสัมพันธ์ระหว่างความยืดหยุ่นทางจิตใจกับสุขภาวะทางจิตของนักศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาจิตวิทยา มหาวิทยาลัยรามคำแหง. ค้นเมื่อ 10 มีนาคม 2569. https://so11.tci-thaijo.org/index.php/GPAT/article/view/2109.

มหาวิทยาลัยสวนดุสิต. (2568). Happy SDU: แนวทางการพัฒนาคุณภาพชีวิตบุคลากร. ค้นเมื่อ 15 มีนาคม 2569. https://www.dusit.ac.th/home/2025/1592846.html

มหาวิทยาลัยสวนดุสิต. (2568). SDU Goal Plus: แนวทางการพัฒนาองค์กรสู่ความยั่งยืน. ค้นเมื่อ 17 มีนาคม 2569. https://www.dusit.ac.th/home/1884619-2.

American Psychological Association. (2020). Building your resilience. Accessed 10 Mar 2026. https://www.apa.org/topics/resilience/building-your-resilience.

Cohen, J. (1988). Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences (2nd ed.). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.

Diener, E., Wirtz, D., Tov, W., Kim-Prieto, C., Choi, D., Oishi, S., & Biswas-Diener, R. (2010). New well-being measures: Short scales to assess flourishing and positive and negative feelings. Accessed 14 Mar 2026. https://doi.org/10.1007/s11205-009-9493-y.

Fredrickson, B. L. (2001). The role of positive emotions in positive psychology: The broaden-and-build theory of positive emotions. Accessed 14 Mar 2026. https://doi.org/10.1037/0003-066X.56.3.218.

Gallup. (2023). State of the global workplace 2023 report.

Lyubomirsky, S., & Layous, K. (2013). How do simple positive activities increase well-being? Accessed 19 Mar 2026. https://doi.org/10.1177/0963721412469809.

Luthans, F., Youssef, C. M., & Avolio, B. J. (2007). Psychological capital: Developing the human competitive edge. Accessed 14 Mar 2026. https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780195187526.001.0001.

Quinn, R. E., & Thakor, A. V. (2018). Creating a purpose-driven organization. Accessed 19 Mar 2026. https://hbr.org/2018/07/creating-a-purpose-driven-organization

Seligman, M. E. P. (2011). Flourish: A visionary new understanding of happiness and well-being. Accessed 14 Mar 2026. https://www.amazon.com/Flourish-Visionary-Understanding-Happiness-Well-being/dp/1439190763.

VanderWeele, T. J. (2017). On the promotion of human flourishing. Accessed 10 Mar 2026. https://doi.org/10.1073/pnas.1702996114.

Wagnild, G. M., & Young, H. M. (1993). Development and psychometric evaluation of the Resilience Scale. Journal of Nursing Measurement. 1(2): 165–178.

World Health Organization. (2019). Burn-out an occupational phenomenon: International classification of diseases. Accessed 10 Mar 2026. https://www.who.int/news/item/28-05-2019-burn-out-an-occupational-phenomenon-international-classification-of-diseases.

อิทธิพลของประสบการณ์ลูกค้าที่มีต่อความตั้งใจกลับมาท่องเที่ยวซ้ำของนักท่องเที่ยวในจังหวัดสุรินทร์

The Influence of Customer Experience on Tourists' Revisit Intention in Surin Province

อารยา อึงไพบูลย์กิจ[1] นนิตา สมบุตร[1*] วนารัตน์ บุญธรรม[1] และธาริกา รัตนโสภานิช[1]
Araya Uengpaiboonkit[1], Nanita Sombut[1*] Vanarat Boontum[1] and Tarika Rattanasopanich[1]

[1]คณะเทคโนโลยีการจัดการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์

[1]Faculty of Management Technology, Rajamangkala University of Technology Isan, Surin Campas)

[*]Corresponding Author E-mail Address : nanita.so@rmuti.ac.th)

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของประสบการณ์ลูกค้าที่มีต่อความตั้งใจกลับมาท่องเที่ยวซ้ำของนักท่องเที่ยวในจังหวัดสุรินทร์ โดยใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลจากนักท่องเที่ยวในจังหวัดสุรินทร์ ขนาดกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 400 ตัวอย่าง สุ่มตัวอย่างแบบหลายขั้นตอน สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การวิเคราะห์สหสัมพันธ์พหุคูณ และการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ ผลการวิจัยพบว่า ประสบการณ์ลูกค้า ด้านประสาทสัมผัส ด้านอารมณ์ ด้านการรับรู้และความคิด ด้านพฤติกรรม และด้านความสัมพันธ์ มีอิทธิพลเชิงบวกต่อความตั้งใจกลับมาท่องเที่ยวซ้ำ นอกจากนี้ยังพบว่า ประสบการณ์ลูกค้า ด้านประสาทสัมผัส ด้านอารมณ์ ด้านการรับรู้และความคิด ด้านพฤติกรรม และด้านความสัมพันธ์ สามารถอธิบายตัวแปรความตั้งใจกลับมาท่องเที่ยวซ้ำ ได้ร้อยละ 73.80 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 0.01 ผลการศึกษาเน้นย้ำถึงความสำคัญของการสร้างประสบการณ์แบบองค์รวม เพื่อเสริมสร้างความยั่งยืนของการท่องเที่ยวในพื้นที่

คำสำคัญ: ประสบการณ์ลูกค้า ความตั้งใจกลับมาท่องเที่ยวซ้ำ นักท่องเที่ยว จังหวัดสุรินทร์

Abstract

The purpose of this study was to examine the influence of customer experience on tourists’ revisit intention in Surin Province. A questionnaire was used as the research instrument for collecting data from 400 tourists in Surin Province selected through multi-stage sampling. The data were analyzed using mean, standard deviation, multiple correlation analysis, and multiple regression analysis. The results revealed that customer experience in terms of sensory, emotional, cognitive, behavioral, and relational dimensions positively influenced tourists’ revisit intention. In addition, the findings indicated that sensory, emotional, cognitive, behavioral, and relational experiences were able to explain 73.80 percent of the variance in revisit intention at the .01 level of statistical significance. The results highlight the importance of creating holistic experiences to enhance tourism sustainability in the region.

Keywords: Customer Experience, Revisit Intention, tourists, Surin Province

บทนำ

อุตสาหกรรมการท่องเที่ยวถือเป็นภาคเศรษฐกิจที่มีบทบาทเชิงยุทธศาสตร์สำคัญในระดับโลกและระดับประเทศ โดย UNWTO (2023) รายงานว่าการท่องเที่ยวสร้างมูลค่าคิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 10 ของผลิตภัณฑ์มวลรวมของโลก และเป็นแหล่งการจ้างงานสำหรับประชากรโลกกว่า 1 ใน 10 คน สำหรับประเทศไทย การท่องเที่ยวมีความสำคัญต่อระบบเศรษฐกิจของประเทศอย่างมีนัยสำคัญ โดยในปี ค.ศ. 2024 ประเทศไทยสามารถดึงดูดนักท่องเที่ยวต่างชาติได้กว่า 35.55 ล้านคน สร้างรายได้จากการท่องเที่ยวระหว่างประเทศกว่า 1.8 ล้านล้านบาท ซึ่งสะท้อนการฟื้นตัวอย่างแข็งแกร่งภายหลังวิกฤตโควิด-19 (กระทรวงการท่องเที่ยวและกีฬา, 2567) ยิ่งไปกว่านั้น การท่องเที่ยวภายในประเทศยังมีบทบาทสำคัญไม่ยิ่งหย่อนไปกว่ากัน โดยนักท่องเที่ยวชาวไทยที่เดินทางท่องเที่ยวในประเทศสร้างรายได้หมุนเวียนสู่เศรษฐกิจท้องถิ่นในทุกภูมิภาคอย่างต่อเนื่อง ในระดับภูมิภาค จังหวัดสุรินทร์เป็นหนึ่งในแหล่งท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมและชาติพันธุ์ที่มีเอกลักษณ์โดดเด่นที่สุดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ด้วยความหลากหลายของทรัพยากรการท่องเที่ยวที่ผสมผสานทั้งมิติทางประวัติศาสตร์ ได้แก่ กลุ่มปราสาทหินแบบเขมรที่ได้รับการยอมรับในระดับสากล มิติทางชาติพันธุ์วัฒนธรรม ได้แก่ วิถีชีวิตและภูมิปัญญาของกลุ่มชาติพันธุ์กูย (Kui) ที่มีความสัมพันธ์อันลึกซึ้งกับช้างมาเป็นเวลาหลายร้อยปี ตลอดจนงานประเพณีแห่ช้างและงานกาชาด ซึ่งดึงดูดนักท่องเที่ยวทั้งชาวไทยและชาวต่างชาติในทุกปี และมิติทางหัตถกรรมและภูมิปัญญา ได้แก่ ผ้าไหมสุรินทร์ที่ได้รับการยอมรับในระดับประเทศ สิ่งเหล่านี้ล้วนเป็นทุนทางวัฒนธรรมที่มีศักยภาพสูงในการพัฒนาแหล่งท่องเที่ยวคุณภาพ อย่างไรก็ดี แม้จะมีความสมบูรณ์ทางทรัพยากรดังกล่าว การพัฒนาการท่องเที่ยวของจังหวัดสุรินทร์ยังคงเผชิญกับความท้าทายสำคัญ ได้แก่ การรักษาฐานนักท่องเที่ยวประจำและการกระตุ้นให้เกิดความตั้งใจกลับมาท่องเที่ยวซ้ำในระยะยาว ซึ่งเป็นปัจจัยชี้ขาดความยั่งยืนทางเศรษฐกิจของแหล่งท่องเที่ยว

ความตั้งใจกลับมาท่องเที่ยวซ้ำ (Revisit Intention) ได้รับการยืนยันอย่างกว้างขวางในวรรณกรรมด้านการตลาดการท่องเที่ยวในฐานะตัวบ่งชี้สำคัญของความภักดีต่อแหล่งท่องเที่ยว (destination loyalty) และความสำเร็จในระยะยาวของการจัดการแหล่งท่องเที่ยว Oppermann (2000) ได้แสดงให้เห็นว่านักท่องเที่ยวที่มีความตั้งใจกลับมาซ้ำสูงมีแนวโน้มที่จะใช้จ่ายสูงกว่า พักนานกว่า และมีส่วนสนับสนุนรายได้ของชุมชนท้องถิ่นมากกว่านักท่องเที่ยวที่มาเป็นครั้งแรก ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Khemthong และคณะ (2024) ที่พบว่าการเพิ่มระยะเวลาพักของนักท่องเที่ยวในจังหวัดหลักของไทยเพียง 1 วัน สามารถสร้างรายได้เพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 17–19 สะท้อนให้เห็นว่าการสร้างความภักดีต่อแหล่งท่องเที่ยวผ่านการกระตุ้นให้เกิดการกลับมาซ้ำมีผลตอบแทนทางเศรษฐกิจที่คุ้มค่ายิ่งกว่าการมุ่งเน้นขยายจำนวนนักท่องเที่ยวใหม่เพียงอย่างเดียว

ในมุมมองเชิงทฤษฎี ปัจจัยที่ได้รับการยืนยันอย่างสม่ำเสมอว่ามีอิทธิพลสูงสุดต่อความตั้งใจกลับมาท่องเที่ยวซ้ำในวรรณกรรมร่วมสมัย ได้แก่ ประสบการณ์ลูกค้า (Customer Experience) ซึ่งมีรากฐานทางทฤษฎีจากแนวคิด Experience Economy ของ Pine และ Gilmore (1998) และได้รับการพัฒนาเชิงปฏิบัติการโดย Schmitt (1999) ผ่านกรอบ Strategic Experiential Modules ที่ครอบคลุมห้ามิติหลัก ได้แก่ ประสาทสัมผัส (Sensory) อารมณ์ (Emotional) การรับรู้และความคิด (Cognitive) พฤติกรรม (Behavioral) และความสัมพันธ์ (Relational) งานวิจัยร่วมสมัยจำนวนมากได้ยืนยันความสัมพันธ์เชิงบวกระหว่างประสบการณ์ลูกค้าและความตั้งใจกลับมาท่องเที่ยวซ้ำ ตัวอย่างเช่น Manojlović et al. (2025) ที่ศึกษาในบริบทการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมของมอนเตเนโกรกับกลุ่มตัวอย่างกว่า 1,800 คน พบว่ามิติอารมณ์และสังคมของประสบการณ์มีอิทธิพลเชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญต่อความตั้งใจเชิงพฤติกรรมของนักท่องเที่ยว สอดคล้องกับ Wang et al. (2025) ที่ยืนยันว่าประสบการณ์การท่องเที่ยวเป็นตัวแปรตัวกลางที่สำคัญในความสัมพันธ์ระหว่างผลิตภัณฑ์ทางการท่องเที่ยวและความตั้งใจกลับมาซ้ำ และ Rasoolimanesh et al. (2022) ที่พบในบริบทการท่องเที่ยวมรดกทางวัฒนธรรมว่ามิติการมี

ส่วนร่วมทางวัฒนธรรมและการเรียนรู้ของประสบการณ์มีอิทธิพลสำคัญที่สุดต่อความตั้งใจกลับมาซ้ำผ่านความพึงพอใจในฐานะตัวกลาง

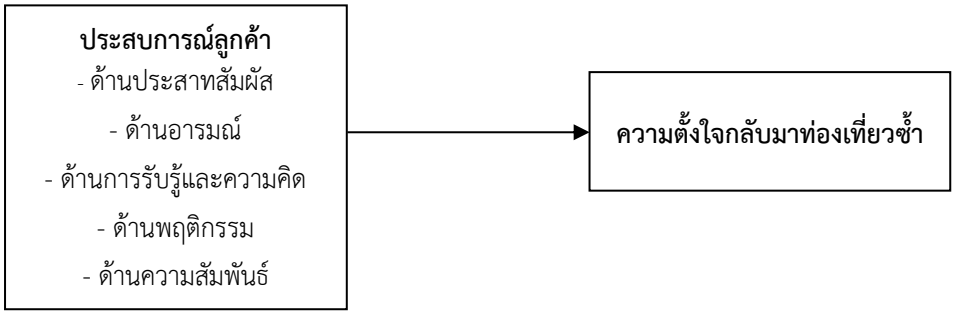
แม้ว่างานวิจัยด้านความสัมพันธ์ระหว่างประสบการณ์ลูกค้าและความตั้งใจกลับมาท่องเที่ยวซ้ำจะมีจำนวนมากในระดับสากล แต่การทบทวนวรรณกรรมอย่างเป็นระบบโดย Fajriah และคณะ (2025) ที่ใช้แนวทาง PRISMA สังเคราะห์งานวิจัยจากฐานข้อมูล Scopus, ScienceDirect และ Emerald พบช่องว่างการวิจัยที่สำคัญสามประการ ประการแรก งานวิจัยส่วนใหญ่ดำเนินการในบริบทของแหล่งท่องเที่ยวชั้นนำหรือแหล่งท่องเที่ยวเชิงนิเวศในประเทศพัฒนาแล้ว โดยงานวิจัยในบริบทของแหล่งท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมชาติพันธุ์ระดับจังหวัดในประเทศกำลังพัฒนา โดยเฉพาะในบริบทไทยและเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ยังคงมีจำกัดอย่างมีนัยสำคัญ ประการที่สอง แม้งานวิจัยจำนวนหนึ่งจะศึกษาประสบการณ์ลูกค้าในมิติใดมิติหนึ่ง แต่การพิจารณาครบทั้งห้ามิติของกรอบ Schmitt (1999) อย่างบูรณาการในความสัมพันธ์กับความตั้งใจกลับมาท่องเที่ยวซ้ำในบริบทวัฒนธรรมไทยยังคงขาดหายไปจากวรรณกรรม และประการที่สาม Thongsri และคณะ (2024) ชี้ให้เห็นอย่างชัดเจนว่างานวิจัยเกี่ยวกับปัจจัยที่มาก่อนความตั้งใจกลับมาท่องเที่ยวซ้ำในบริบทเฉพาะของนักท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมไทยยังมีไม่เพียงพอ และมีความจำเป็นเร่งด่วนที่จะต้องสร้างองค์ความรู้ที่ตอบสนองบริบทดังกล่าวโดยตรง

นอกจากนั้น ลักษณะเฉพาะของจังหวัดสุรินทร์ในฐานะแหล่งท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมชาติพันธุ์ที่มีอัตลักษณ์หลากหลายมิติยังสร้างความจำเป็นเฉพาะเจาะจงในการศึกษาวิจัย เนื่องจากประสบการณ์ลูกค้าในแต่ละมิติ ทั้งประสาทสัมผัสจากบรรยากาศและอาหารพื้นถิ่น อารมณ์จากการเข้าร่วมกิจกรรมประเพณี การเรียนรู้ประวัติศาสตร์และวัฒนธรรม การมีส่วนร่วมในกิจกรรมชุมชน และความรู้สึกผูกพันกับวิถีชีวิตท้องถิ่น อาจมีน้ำหนักที่แตกต่างกันในการพยากรณ์ความตั้งใจกลับมาท่องเที่ยวซ้ำจากบริบทแหล่งท่องเที่ยวอื่นๆ ที่ได้รับการศึกษาแล้ว ทั้งนี้ Manojlović et al. (2025) ได้เน้นย้ำว่าน้ำหนักของมิติประสบการณ์แต่ละด้านที่มีต่อพฤติกรรมนักท่องเที่ยวมีความแปรปรวนอย่างมีนัยสำคัญตามบริบทเฉพาะของแหล่งท่องเที่ยว ซึ่งทำให้การศึกษาในบริบทใหม่มีความจำเป็นและไม่สามารถสรุปนัยจากงานวิจัยในบริบทอื่นได้โดยตรง ด้วยเหตุผลดังกล่าวข้างต้น การวิจัยครั้งนี้จึงมุ่งศึกษาอิทธิพลของประสบการณ์ลูกค้าในทั้งห้ามิติที่มีต่อความตั้งใจกลับมาท่องเที่ยวซ้ำของนักท่องเที่ยวที่เดินทางมาเยี่ยมชมจังหวัดสุรินทร์ โดยการวิจัยครั้งนี้จะสร้างคุณูปการสำคัญในสองมิติ ได้แก่ ในเชิงวิชาการ งานวิจัยนี้จะขยายฐานความรู้เกี่ยวกับอิทธิพลเชิงบูรณาการของประสบการณ์ลูกค้าครบทั้งห้ามิติต่อความตั้งใจกลับมาท่องเที่ยวซ้ำในบริบทของแหล่งท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมชาติพันธุ์ในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ซึ่งยังคงเป็นช่องว่างที่สำคัญในวรรณกรรมระดับนานาชาติ และในเชิงปฏิบัติ ผลการวิจัยจะเป็นแนวทางที่มีหลักฐานเชิงประจักษ์รองรับสำหรับผู้บริหารแหล่งท่องเที่ยว องค์การบริหารส่วนท้องถิ่น และหน่วยงานภาครัฐที่เกี่ยวข้องในการออกแบบประสบการณ์การท่องเที่ยวที่สร้างความภักดีและกระตุ้นการกลับมาเยี่ยมชมซ้ำของนักท่องเที่ยวในจังหวัดสุรินทร์อย่างมีประสิทธิผลและยั่งยืน

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาอิทธิพลของประสบการณ์ลูกค้าที่มีต่อความตั้งใจกลับมาท่องเที่ยวซ้ำของนักท่องเที่ยวในจังหวัดสุรินทร์

กรอบแนวคิดการวิจัย



สมมติฐานการวิจัย

ประสบการณ์ลูกค้ามีอิทธิพลทางบวกต่อความตั้งใจกลับมาท่องเที่ยวซ้ำของนักท่องเที่ยวในจังหวัดสุรินทร์

การทบทวนวรรณกรรม

1. ประสบการณ์ลูกค้า (Customer Experience)

ประสบการณ์ลูกค้า เป็นแนวคิดที่ได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่องในวรรณกรรมการตลาดและการท่องเที่ยว โดย Pine & Gilmore (1998) ได้นิยามประสบการณ์ว่าเป็นเหตุการณ์ที่บริษัทจงใจสร้างขึ้นเพื่อดึงดูดลูกค้าในลักษณะที่เป็นส่วนตัวและน่าจดจำ ต่อมาได้ขยายกรอบแนวคิดดังกล่าวโดยนิยามประสบการณ์ลูกค้าว่าเป็นผลลัพธ์จากการกระตุ้นทางประสาทสัมผัส อารมณ์ ความรู้ความเข้าใจ พฤติกรรม และความสัมพันธ์ทางสังคมที่ลูกค้าได้รับจากการมีปฏิสัมพันธ์กับผลิตภัณฑ์หรือบริการ (Schmitt, 1999) ในบริบทของการท่องเที่ยว Gentile et al. (2007) ได้นิยามประสบการณ์ลูกค้าว่าเป็นการตอบสนองแบบองค์รวมของลูกค้าที่เกิดจากการปฏิสัมพันธ์โดยตรงและโดยอ้อมกับบริษัทหรือแหล่งท่องเที่ยว ซึ่งครอบคลุมทั้งการตอบสนองทางความรู้ความเข้าใจ อารมณ์ พฤติกรรม และสังคม สอดคล้องกับ Lemon & Verhoef (2016) ที่อธิบายว่าประสบการณ์ลูกค้าเป็นกระบวนการที่มีลักษณะพลวัต ประกอบด้วยประสบการณ์ที่เกิดขึ้นก่อน ระหว่าง และหลังการซื้อหรือการบริโภคสินค้าและบริการ และมีลักษณะที่ครอบคลุมหลายมิติ ซึ่งยากต่อการแยกพิจารณาในฐานะมิติเดียว ส่วนการท่องเที่ยวเชิงประสบการณ์ หมายถึงประสบการณ์การท่องเที่ยวว่าเป็นการประเมินส่วนบุคคลของนักท่องเที่ยวที่มีต่อเหตุการณ์และกิจกรรมต่างๆ ที่เกิดขึ้นระหว่างการเดินทาง โดยการประเมินดังกล่าวถูกกำหนดโดยบริบททางสังคม อารมณ์และสิ่งแวดล้อมในขณะนั้น ซึ่งส่งผลต่อความทรงจำและทัศนคติของนักท่องเที่ยวในระยะยาว (Schmitt, 1999) นอกจากนี้ Walls et al. (2011) ได้เน้นย้ำว่าประสบการณ์ลูกค้าในบริบทการท่องเที่ยวมีความแตกต่างจากบริบทอื่นอย่างมีนัยสำคัญเนื่องจากการท่องเที่ยวมีลักษณะของการมีส่วนร่วมทางอารมณ์และความทรงจำที่ลึกซึ้งกว่าการบริโภคสินค้าทั่วไป

ประสบการณ์ลูกค้าได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวางในฐานะตัวแปรเชิงกลยุทธ์ที่มีบทบาทสำคัญต่อพฤติกรรมภายหลังการบริโภค ทั้งในบริบทของธุรกิจบริการและการท่องเที่ยว Brakus et al. (2009) กล่าวว่าประสบการณ์ที่มีคุณภาพสูงจะส่งผลโดยตรงต่อความพึงพอใจของลูกค้า ความภักดีต่อแบรนด์ และพฤติกรรมการบอกต่อในเชิงบวก ซึ่งผลลัพธ์เหล่านี้มีนัยสำคัญต่อความสามารถในการแข่งขันในระยะยาวของผู้ประกอบการด้านการท่องเที่ยว ส่วนประสบการณ์ที่น่าจดจำเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลสูงสุดต่อความตั้งใจกลับมาท่องเที่ยวซ้ำ โดยประสบการณ์ที่ประกอบด้วยการมีส่วนร่วมทางวัฒนธรรม ความรู้สึกผูกพันกับสถานที่และการเรียนรู้สิ่งใหม่มีความสัมพันธ์เชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญกับความตั้งใจในการกลับมาและการบอกต่อ (Kim, 2014) นอกจากนี้ ประสบการณ์ยังครอบคลุมมิติต่างๆ เช่น เชิงประสาทสัมผัส ความบันเทิง การหลีกหนีจาก

ชีวิตประจำวัน และการได้รับความรู้ มีผลต่อความพึงพอใจโดยรวมและความตั้งใจเชิงพฤติกรรมของนักท่องเที่ยว (Oh et al., 2007) ความสามารถของแหล่งท่องเที่ยวในการสร้างประสบการณ์ที่มีคุณค่าและแตกต่างเป็นปัจจัยสำคัญของความสามารถในการแข่งขันอย่างยั่งยืน (Ritchie & Crouch, 2003)

ในบริบทการท่องเที่ยวไทย ประสบการณ์เชิงวัฒนธรรมและประสาทสัมผัสมีอิทธิพลเชิงบวกต่อความพึงพอใจของนักท่องเที่ยวในแหล่งท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมของภาคอีสาน ซึ่งสนับสนุนความจำเป็นในการทำความเข้าใจประสบการณ์ลูกค้าในบริบทของจังหวัดสุรินทร์ (ทิพย์วรรณ ประภาสโนบล และสุภาพร โพธิ์แก้ว, 2562) กรอบแนวคิดที่ได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวางในงานวิจัยด้านการท่องเที่ยวของ Schmitt (1999) ซึ่งจำแนกองค์ประกอบของประสบการณ์ลูกค้าออกเป็น 5 มิติหลัก ได้แก่ ประสาทสัมผัส (Sensory) อารมณ์ (Emotional) การรับรู้และความคิด (Cognitive) พฤติกรรม (Behavioral) และความสัมพันธ์ (Relational) กรอบดังกล่าวได้รับการนำไปประยุกต์ใช้อย่างแพร่หลายในงานวิจัยการท่องเที่ยวทั้งในระดับสากลและบริบทของประเทศไทย ดังรายละเอียดต่อไปนี้

3.1 ประสบการณ์เชิงประสาทสัมผัส (Sensory Experience) หมายถึงการกระตุ้นประสาทสัมผัสทั้งห้าของนักท่องเที่ยว ได้แก่ การมองเห็น การได้ยิน การสัมผัส การรับรส และการดมกลิ่น ซึ่งเกิดจากการมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมและบรรยากาศของแหล่งท่องเที่ยว

3.2 ประสบการณ์เชิงอารมณ์ (Emotional Experience) หมายถึงสภาวะทางจิตใจและความรู้สึกที่เกิดขึ้นในระหว่างการท่องเที่ยว เช่น ความสุข ความตื่นเต้น ความผ่อนคลาย และความประทับใจ

3.3 ประสบการณ์เชิงการรับรู้และความคิด (Cognitive Experience) หมายถึงกระบวนการทางปัญญาที่นักท่องเที่ยวใช้ในการประมวลผลและตีความข้อมูล ความรู้ และมุมมองใหม่ที่ได้รับจากการท่องเที่ยว

3.4 ประสบการณ์เชิงพฤติกรรม (Behavioral Experience) หมายถึงการมีส่วนร่วมเชิงกายภาพของนักท่องเที่ยวในกิจกรรมต่างๆ ของแหล่งท่องเที่ยว

3.5 ประสบการณ์เชิงความสัมพันธ์ (Relational Experience) หมายถึงความรู้สึกเชื่อมโยงทางสังคมและวัฒนธรรมระหว่างนักท่องเที่ยวกับชุมชนท้องถิ่นและสภาพแวดล้อมของแหล่งท่องเที่ยว

2. ความตั้งใจกลับมาท่องเที่ยวซ้ำ (Revisit Intention)

ความตั้งใจกลับมาท่องเที่ยวซ้ำ (Revisit Intention) เป็นแนวคิดที่ได้รับการศึกษาอย่างกว้างขวางในวรรณกรรมด้านการตลาดการท่องเที่ยว โดยมีรากฐานทางทฤษฎีจากแนวคิดความตั้งใจเชิงพฤติกรรมของ Ajzen (1991) ซึ่งอธิบายว่าความตั้งใจเป็นตัวทำนายที่สำคัญที่สุดของพฤติกรรมที่จะเกิดขึ้นจริงในอนาคต โดยความตั้งใจดังกล่าวถูกกำหนดโดยทัศนคติ บรรทัดฐานทางสังคม และการรับรู้ความสามารถในการควบคุมพฤติกรรม ในบริบทของการท่องเที่ยว Oppermann (2000) ได้นิยามความตั้งใจกลับมาท่องเที่ยวซ้ำว่าเป็นความน่าจะเป็นที่นักท่องเที่ยวจะเดินทางกลับมายังแหล่งท่องเที่ยวเดิมอีกครั้งในอนาคต ซึ่งสะท้อนถึงระดับความภักดีต่อแหล่งท่องเที่ยว และความพึงพอใจโดยรวมที่ได้รับจากประสบการณ์การท่องเที่ยวครั้งก่อน สอดคล้องกับ Chi และ Qu (2008) ที่นิยามความตั้งใจกลับมาท่องเที่ยวซ้ำว่าเป็นการตัดสินใจส่วนบุคคลของนักท่องเที่ยวที่จะเลือกแหล่งท่องเที่ยวเดิมเป็นจุดหมายปลายทางสำหรับการเดินทางครั้งต่อไป โดยพิจารณาในฐานะมิติหนึ่งของความภักดีต่อแหล่งท่องเที่ยวที่ต้องการการวัดเชิงประจักษ์ ต่อมา Zeithaml et al. (1996) ได้จัดประเภทความตั้งใจเชิงพฤติกรรมในบริบทของการบริการออกเป็นความตั้งใจเชิงบวก (favorable intentions) และความตั้งใจเชิงลบ โดยความตั้งใจกลับมาท่องเที่ยวซ้ำจัดอยู่ในกลุ่มความตั้งใจเชิงบวก ซึ่งรวมถึงการบอกต่อในเชิงบวก ความเต็มใจที่จะจ่ายในราคาสูงขึ้น และการแนะนำแหล่งท่องเที่ยวแก่บุคคลอื่น ในขณะที่ Lam & Hsu (2006) ได้ขยายแนวคิดดังกล่าวโดยอธิบายว่าความตั้งใจ

กลับมาท่องเที่ยวซ้ำในบริบทของการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมมีลักษณะเฉพาะที่แตกต่างจากการท่องเที่ยวประเภทอื่น เนื่องจากได้รับอิทธิพลจากทั้งปัจจัยเชิงอารมณ์ อัตลักษณ์ทางวัฒนธรรม และความผูกพันกับสถานที่อย่างมีนัยสำคัญ

ความตั้งใจกลับมาท่องเที่ยวซ้ำมีความสำคัญในหลายมิติทั้งในเชิงวิชาการและเชิงนโยบาย ในมิติเชิงเศรษฐกิจ Oppermann (2000) ได้แสดงให้เห็นว่านักท่องเที่ยวที่กลับมาเยี่ยมชมแหล่งท่องเที่ยวซ้ำมีแนวโน้มที่จะใช้จ่ายสูงกว่า พักนานกว่า และมีพฤติกรรมการท่องเที่ยวที่หลากหลายกว่านักท่องเที่ยวที่มาครั้งแรก เนื่องจากมีความคุ้นเคยกับแหล่งท่องเที่ยวและมีความมั่นใจในการสำรวจพื้นที่มากกว่า ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อรายได้ของชุมชนท้องถิ่นและผู้ประกอบการในพื้นที่ ในมิติของการตลาด Kotler et al. (2017) ได้ชี้ให้เห็นว่าการรักษาลูกค้าเดิม มีต้นทุนต่ำกว่าการหาลูกค้าใหม่อย่างมีนัยสำคัญ โดยในบริบทการท่องเที่ยว นักท่องเที่ยวที่มีความตั้งใจกลับมาซ้ำสูงมักทำหน้าที่เป็นทูตของแหล่งท่องเที่ยวที่มีบทบาทสำคัญในการบอกต่อและสร้างภาพลักษณ์เชิงบวกของแหล่งท่องเที่ยว สอดคล้องกับ Yoon & Uysal (2005) ที่พบว่าความตั้งใจกลับมาท่องเที่ยวซ้ำมีความสัมพันธ์สูงกับพฤติกรรมการแนะนำแหล่งท่องเที่ยวให้ผู้อื่น ซึ่งถือเป็นรูปแบบการตลาดที่มีประสิทธิภาพและต้นทุนต่ำที่สุด ในมิติของการพัฒนาแหล่งท่องเที่ยวอย่างยั่งยืน Ritchie & Crouch (2003) ได้แสดงให้เห็นว่าแหล่งท่องเที่ยวที่สามารถสร้างฐานนักท่องเที่ยวประจำ จะมีเสถียรภาพทางเศรษฐกิจที่ดีกว่าและสามารถวางแผนการพัฒนาในระยะยาวได้อย่างมีประสิทธิภาพมากกว่าแหล่งท่องเที่ยวที่พึ่งพานักท่องเที่ยวใหม่เป็นหลัก ทั้งนี้ในบริบทของจังหวัดสุรินทร์ซึ่งเป็นแหล่งท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมและชาติพันธุ์ที่มีเอกลักษณ์เฉพาะ การศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อความตั้งใจกลับมาท่องเที่ยวซ้ำจึงมีความสำคัญต่อการพัฒนายุทธศาสตร์การท่องเที่ยวของจังหวัดอย่างยิ่ง ดังที่ อรรถพร ศรีเสาวลักษณ์ และคณะ (2564) ได้แสดงให้เห็นว่าจังหวัดในภาคอีสานที่สามารถสร้างประสบการณ์เชิงวัฒนธรรมที่โดดเด่นสามารถเพิ่มอัตราการกลับมาท่องเที่ยวซ้ำได้อย่างมีนัยสำคัญ วรรณกรรมด้านการท่องเที่ยวได้นำเสนอกรอบแนวคิดเกี่ยวกับองค์ประกอบของความตั้งใจกลับมาท่องเที่ยวซ้ำในหลากหลายแนวทาง โดยงานวิจัยที่ผ่านมาโดยทั่วไปวัดความตั้งใจกลับมาท่องเที่ยวซ้ำผ่านองค์ประกอบหลัก 3 ด้าน ซึ่งสะท้อนอยู่ในแบบสอบถามของการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ ความตั้งใจที่จะกลับมา ความน่าจะเป็นในการเลือกแหล่งท่องเที่ยวเดิม และแนวโน้มเชิงพฤติกรรมในอนาคต ดังรายละเอียดต่อไปนี้

3.1 ความตั้งใจที่จะกลับมา (Intention to Return) เป็นองค์ประกอบพื้นฐานที่สุดของความตั้งใจกลับมาท่องเที่ยวซ้ำ ซึ่งสะท้อนถึงการประเมินเชิงความรู้ความเข้าใจของนักท่องเที่ยวว่าจะเดินทางกลับมายังแหล่งท่องเที่ยวเดิมหรือไม่

3.2 ความน่าจะเป็นในการเลือกแหล่งท่องเที่ยวเดิม (Probability of Destination Re-selection) องค์ประกอบนี้สะท้อนถึงการเปรียบเทียบเชิงสัมพัทธ์ระหว่างแหล่งท่องเที่ยวเดิมกับทางเลือกอื่น

3.3 แนวโน้มเชิงพฤติกรรมในอนาคต (Future Behavioral Tendency) องค์ประกอบนี้ครอบคลุมความตั้งใจในระยะยาวของนักท่องเที่ยวที่มีต่อแหล่งท่องเที่ยว รวมถึงความต้องการสำรวจแหล่งท่องเที่ยวใหม่ๆ ภายในพื้นที่เดิม

นอกจากนี้ในการวิจัยครั้งนี้ ตัวชี้วัดความตั้งใจกลับมาท่องเที่ยวซ้ำทั้ง 5 ข้อในแบบสอบถามมีความสอดคล้องกับกรอบการวัดที่ได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวางของ Zeithaml et al. (1996) ซึ่งครอบคลุมทั้งมิติของความตั้งใจโดยตรง (ข้อ 1 และ 5) การเลือกแหล่งท่องเที่ยวซ้ำเมื่อมีโอกาส (ข้อ 2) และความต้องการกลับมาเยี่ยมชมในอนาคต (ข้อ 3 และ 4) ซึ่งร่วมกันสะท้อนถึงความภักดีต่อแหล่งท่องเที่ยวในเชิงทัศนคติ (attitudinal loyalty) ตามกรอบแนวคิดของ Oliver (1999)

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักท่องเที่ยวที่เดินทางมาท่องเที่ยวในจังหวัดสุรินทร์ ในระหว่างปีงบประมาณ พ.ศ. 2569 ซึ่งไม่ทราบจำนวนที่แน่นอนจึงกำหนดขนาดตัวอย่างแบบไม่ทราบจำนวนประชากร และเพื่อให้ได้กลุ่มตัวอย่างที่เป็นตัวแทนที่ดี ผู้วิจัยกำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่าง (Sampling Size) โดยใช้สูตรคำนวณของ Cochran (1977) ได้จำนวนกลุ่มตัวอย่าง 400 คน เพื่อให้ได้กลุ่มตัวอย่างที่เป็นตัวแทนที่ดี ผู้วิจัยทำการสุ่มตัวอย่างวิธีการสุ่มตัวอย่างแบบหลายขั้นตอน (Multi-Stage-Sampling) เนื่องจากประชากรในการศึกษามีจำนวนมาก จึงจำเป็นต้องการเลือกตัวอย่างจากขนาดที่มีระดับใหญ่ที่สุด แล้วเลือกตัวอย่างเป็นกลุ่มย่อยให้มีระดับรองลงมา ทำเช่นนี้ไปเรื่อยๆ จนถึงระดับที่ต้องการ (สุทิติ ขัตติยะ และวิไลลักษณ์ สุวจิตตานนท์, 2554) โดยมีการแบ่งประชากรออกเป็นกลุ่มย่อยตามลำดับขั้นตอนดังต่อไปนี้ ขั้นที่หนึ่ง เลือกสุ่มตัวอย่างแบบแบ่งชั้น (Stratified Random Sampling) โดยจำแนกประชากรออกตามพื้นที่แหล่งท่องเที่ยวสำคัญในจังหวัดสุรินทร์ แล้วนำกลุ่มตัวอย่างที่ได้มาแบ่งกลุ่มอีกครั้งในขั้นที่สอง ผู้วิจัยกำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่างออกตามประเภทของการท่องเที่ยว ขั้นที่ 3 ขั้นที่สาม ผู้วิจัยกำหนดขนาดของกลุ่มโดยใช้วิธีการกำหนดกลุ่มตัวอย่างตามกฎแห่งความชัดเจน (Rule of Thump) ได้จำนวนกลุ่มตัวอย่าง เท่ากับ 400 คน (สุทิติ ขัตติยะ และวิไลลักษณ์ สุวจิตตานนท์, 2554) เพื่อให้ได้กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 400 คน เพื่อให้ได้ตัวแทนในแต่ละจังหวัด และขั้นที่สี่ เลือกสุ่มตัวแทนแต่ละสถานที่ท่องเที่ยวด้วยวิธีการสุ่มอย่างง่าย (Simple Random Sampling) เพื่อให้ได้ตัวแทนจากแต่ละกลุ่ม

2. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

การศึกษาในครั้งนี้ ใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือในการวิจัย โดยแบบสอบถามแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม ส่วนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับประสบการณ์ลูกค้า จำนวน 25 ข้อ และส่วนที่ 3 เป็นข้อมูลเกี่ยวกับความตั้งใจกลับมาท่องเที่ยวซ้ำ จำนวน 5 ข้อ โดยส่วนที่ 1 เป็นคำตอบแบบให้เลือกตอบ (Check List) ส่วนที่ 2 และส่วนที่ 3 เป็นคำตอบแบบเลือกตอบ 5 ระดับ (Rating Scale) คือ 5 หมายถึงระดับมากที่สุด 4 หมายถึงระดับมาก 3 หมายถึงระดับปานกลาง 2 หมายถึงระดับน้อย และ 1 หมายถึงระดับน้อยที่สุด

ผู้วิจัยทำการทดสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือ โดยการตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน ได้ค่า IOC เท่ากับ 1.00 ซึ่งสอดคล้องกับ สุทิติ ขัตติยะ และวิไลลักษณ์ สุวจิตตานนท์ (2554) ที่นำเสนอว่า ค่า IOC มีค่ามากกว่า 0.6 นั้นเป็นระดับความเที่ยงตรงที่ยอมรับได้ และการหาค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบถาม โดยใช้ค่าสัมประสิทธิแอลฟ่า (Alpha Coefficient) ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา อยู่ระหว่าง 0.865-0.898 ซึ่งสอดคล้องกับ สุทิติ ขัตติยะ และวิไลลักษณ์ สุวจิตตานนท์ (2554) ที่ให้แนวคิดว่า ค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาที่ยอมรับได้ต้องมีค่ามากกว่า 0.7

3. การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้ในการวิจัย

สำหรับการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ใช้สถิติการหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการวิเคราะห์สหสัมพันธ์พหุคูณและการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ เพื่อทดสอบความสัมพันธ์และผลกระทบของความตั้งใจกลับมาท่องเที่ยวซ้ำ ซึ่งเขียนสมการได้ ดังนี้

สมการ RI = $\beta_0 + \beta_1$ CX1 + β_2 CX2 + β_3 CX3 + β_3 CX4 + β_3 CX5 + ε

RI	แทน	คะแนนเฉลี่ยความคิดเห็นเกี่ยวกับความตั้งใจกลับมาท่องเที่ยวซ้ำ
CX1	แทน	คะแนนเฉลี่ยความคิดเห็นเกี่ยวกับประสบการณ์ลูกค้า ด้านประสาทสัมผัส
CX2	แทน	คะแนนเฉลี่ยความคิดเห็นเกี่ยวกับประสบการณ์ลูกค้า ด้านอารมณ์
CX3	แทน	คะแนนเฉลี่ยความคิดเห็นเกี่ยวกับประสบการณ์ลูกค้า ด้านการรับรู้และความคิด

CX4 แทน คะแนนเฉลี่ยความคิดเห็นเกี่ยวกับประสบการณ์ลูกค้า ด้านพฤติกรรม

CX5 แทน คะแนนเฉลี่ยความคิดเห็นเกี่ยวกับประสบการณ์ลูกค้า ด้านความสัมพันธ์

การแปลผลข้อมูลค่าเฉลี่ยด้วยวิธีการหาอัตรภาคชั้น

4.21-5.00	หมายถึง	มากที่สุด
3.41-4.20	หมายถึง	มาก
2.61-3.40	หมายถึง	ปานกลาง
1.81-2.60	หมายถึง	น้อย
1.00-1.80	หมายถึง	น้อยที่สุด

ผลการวิจัย

ข้อมูลทั่วไปของนักท่องเที่ยว พบว่า นักท่องเที่ยวส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง อายุระหว่าง 20-29 ปี ระดับการศึกษาต่ำกว่าปริญาตรี อาชีพนักเรียน/นักศึกษา มีรายได้ต่ำกว่า 10,000 บาท สถานภาพโสด ส่วนใหญ่เคยเดินทางมาท่องเที่ยวจังหวัดสุรินทร์ 2-3 ครั้ง เป็นการท่องเที่ยวแบบเชิงชุมชน

ตารางที่ 1 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของประสบการณ์ลูกค้า

ประสบการณ์ลูกค้า	$\overline{X}$	S.D.	แปลความหมาย	ลำดับ
ประสาทสัมผัส	4.35	0.45	มากที่สุด	3
อารมณ์	4.25	0.42	มากที่สุด	4
การรับรู้และความคิด	4.21	0.47	มากที่สุด	5
พฤติกรรม	4.39	0.50	มากที่สุด	2
ความสัมพันธ์	4.49	0.40	มากที่สุด	1
รวม	4.34	0.40	มากที่สุด	

จากตารางที่ 1 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของประสบการณ์ลูกค้า พบว่า นักท่องเที่ยวมีระดับประสบการณ์ลูกค้า ในภาพรวมอยู่ในระดับ “มากที่สุด” ($\overline{X}$ =4.34, S.D.=0.40) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า มีระดับความคิดเห็นด้านความสัมพันธ์มากที่สุด อยู่ในระดับ “มากที่สุด” ($\overline{X}$ =4.49, S.D.=0.40) รองลงมาคือด้านพฤติกรรม อยู่ในระดับ “มากที่สุด” ($\overline{X}$ =4.39, S.D.=0.50) ด้านประสาทสัมผัส อยู่ในระดับ “มากที่สุด” ($\overline{X}$ =4.35, S.D.=0.45) ด้านอารมณ์ อยู่ในระดับ “มากที่สุด” ($\overline{X}$ =4.25, S.D.=0.42) และด้านการรับรู้และความคิด อยู่ในระดับ “มากที่สุด” ($\overline{X}$ =4.21, S.D.=0.47) ตามลำดับ

ตารางที่ 2 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความตั้งใจกลับมาท่องเที่ยวซ้ำ

ความตั้งใจกลับมาท่องเที่ยวซ้ำ	$\overline{X}$	S.D.	แปลความหมาย	ลำดับ
1. ท่านมีความตั้งใจที่จะกลับมาท่องเที่ยวจังหวัดสุรินทร์อีกครั้ง	3.42	0.62	มาก	2
2. หากมีโอกาส ท่านจะเลือกจังหวัดสุรินทร์เป็นสถานที่ท่องเที่ยวอีกครั้ง	3.35	0.65	ปานกลาง	3
3. ท่านต้องการกลับมาเยี่ยมชมแหล่งท่องเที่ยวในจังหวัดสุรินทร์ในอนาคต	3.20	0.64	ปานกลาง	4
4. จังหวัดสุรินทร์เป็นหนึ่งในจุดหมายปลายทางที่ท่านต้องการกลับมา	3.05	0.45	ปานกลาง	5
5. ท่านมีแนวโน้มที่จะกลับมาเที่ยวจังหวัดสุรินทร์ซ้ำ	3.58	0.47	มาก	1
รวม	3.32	0.54	ปานกลาง	

จากตารางที่ 2 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความตั้งใจกลับมาท่องเที่ยวซ้ำ พบว่า นักท่องเที่ยวมีระดับความตั้งใจกลับมาท่องเที่ยวซ้ำ ในภาพรวมอยู่ในระดับ "ปานกลาง" ($\overline{X}$ = 3.32, S.D. = 0.54) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า ท่านมีแนวโน้มที่จะกลับมาเที่ยวจังหวัดสุรินทร์ซ้ำมากที่สุด อยู่ในระดับ "มาก" ($\overline{X}$ = 3.58, S.D. =0.47) รองลงมาคือ ท่านมีความตั้งใจที่จะกลับมาท่องเที่ยวจังหวัดสุรินทร์อีกครั้ง อยู่ในระดับ "มาก" ($\overline{X}$ =3.42, S.D. =0.62) หากมีโอกาส ท่านจะเลือกจังหวัดสุรินทร์เป็นสถานที่ท่องเที่ยวอีกครั้ง อยู่ในระดับ "ปานกลาง" ($\overline{X}$ =3.35, S.D. =0.65) ท่านต้องการกลับมาเยี่ยมชมแหล่งท่องเที่ยวในจังหวัดสุรินทร์ในอนาคต อยู่ในระดับ "ปานกลาง" ($\overline{X}$ =3.20, S.D. =0.64) และจังหวัดสุรินทร์เป็นหนึ่งในจุดหมายปลายทางที่ท่านต้องการกลับมา อยู่ในระดับ "ปานกลาง" ($\overline{X}$ =3.05, S.D. =0.45) ตามลำดับ

ตาราง 3 การวิเคราะห์สหสัมพันธ์ของประสบการณ์ลูกค้ากับความตั้งใจกลับมาท่องเที่ยวซ้ำ

ตัวแปร	ประสาทสัมผัส	อารมณ์	การรับรู้และความคิด	พฤติกรรม	ความสัมพันธ์	ความตั้งใจกลับมาท่องเที่ยวซ้ำ
ประสาทสัมผัส	-	0.432**	0.341**	0.628**	0.320**	0.420**
อารมณ์		-	0.504**	0.681**	0.455**	0.554**
การรับรู้และความคิด			-	0.541**	0.365**	0.441**
พฤติกรรม				-	0.412**	0.354**
ความสัมพันธ์					-	0.556**
ความตั้งใจกลับมาท่องเที่ยวซ้ำ						-

หมายเหตุ: ** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

จากตาราง 3 จะเห็นได้ว่า ค่าความสัมพันธ์ของประสาทสัมผัส อารมณ์ การรับรู้และความคิด พฤติกรรม และความสัมพันธ์กับความตั้งใจกลับมาท่องเที่ยวซ้ำ พบว่า คู่ที่มีความสัมพันธ์กันสูงสุดคือ อารมณ์กับพฤติกรรม มีความสัมพันธ์ 0.681 ซึ่งมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 คู่ที่มีความสัมพันธ์รองลงมาคือ ประสาทสัมผัสกับพฤติกรรม มีความสัมพันธ์ 0.628 การรับรู้และความคิดกับพฤติกรรม มีความสัมพันธ์ 0.541 อารมณ์กับการรับรู้และความคิด มีความสัมพันธ์ 0.504 อารมณ์กับความสัมพันธ์ มีความสัมพันธ์ 0.455 ประสาทสัมผัสกับอารมณ์ มีความสัมพันธ์ 0.432 พฤติกรรมกับความสัมพันธ์ มีความสัมพันธ์ 0.412 การรับรู้และความคิดกับความสัมพันธ์ มีความสัมพันธ์ 0.365 ประสาทสัมผัสกับการรับรู้และความคิด มีความสัมพันธ์ 0.341 และประสาทสัมผัสกับความสัมพันธ์ มีความสัมพันธ์ 0.320 ซึ่งมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

ทุกค่าความสัมพันธ์ของภาพรวมระหว่างประสาทสัมผัส อารมณ์ การรับรู้และความคิด พฤติกรรม และความสัมพันธ์กับความตั้งใจกลับมาท่องเที่ยวซ้ำ พบว่า ความสัมพันธ์กับความตั้งใจกลับมาท่องเที่ยวซ้ำ 0.556 อารมณ์กับความตั้งใจกลับมาท่องเที่ยวซ้ำ 0.554 การรับรู้และความคิดกับความตั้งใจกลับมาท่องเที่ยวซ้ำ 0.441 ประสาทสัมผัสกับความตั้งใจกลับมาท่องเที่ยวซ้ำ 0.420 และพฤติกรรมกับความตั้งใจกลับมาท่องเที่ยวซ้ำ 0.354 โดยแต่ละตัวแปรมีค่าความสัมพันธ์กันอยู่ระหว่าง 0.320-0.681 ซึ่งมีความสัมพันธ์กันอยู่ในระดับต่ำถึงปานกลาง ดังนั้น จึงไม่ทำให้เกิดปัญหา Multicollinearity ดังนั้น ตัวแปรทั้งหมดจึงมีความเหมาะสมที่จะนำไปวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (Black, 2006)

ตาราง 4 การทดสอบความสัมพันธ์ของสัมประสิทธิ์การถดถอยประสบการณ์ลูกค้ากับความตั้งใจกลับมาท่องเที่ยวซ้ำ

ประสบการณ์ลูกค้า	ความตั้งใจกลับมาท่องเที่ยวซ้ำ			t	p-value	Collinearity Statistics	
	สัมประสิทธิ์การถดถอย	ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน	เบต้า			Tolerance	VIF
ค่าคงที่ (a)	1.135	.413		4.561	.000**	-	-
ประสาทสัมผัส	0.350	.169	.294	2.257	.000**	0.781	1.256
อารมณ์	0.286	.139	.216	1.998	.000**	0.732	1.123
การรับรู้และความคิด	0.242	.102	.185	1.980	.000**	0.698	1.068
พฤติกรรม	0.498	.230	.350	2.531	.000**	0.684	1.054
ความสัมพันธ์	0.422	.188	.332	2.485	.000**	0.715	1.112
$F = 37.520$, $P < 0.000$, Adj $R^2 = 0.678$, $R^2 = 0.738$, $R = 0.859$, $SE_{est} = 0.454$, D-W = 2.135							

หมายเหตุ: ** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

จากตาราง 4 จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบของประสบการณ์ลูกค้ากับความตั้งใจกลับมาท่องเที่ยวซ้ำ โดยใช้การวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณ พบว่า ปัจจัยที่สามารถร่วมกันทำนายความตั้งใจกลับมาท่องเที่ยวซ้ำ ได้แก่ ประสาทสัมผัส อารมณ์ การรับรู้และความคิด พฤติกรรม และความสัมพันธ์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 0.01 ($F = 37.520$, p-value < 0.01) และสามารถอธิบายความแปรปรวนของตัวแปรตามได้ในระดับสูง โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณ 0.859 และมีความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการพยากร (SE_{est}) เท่ากับ ±0.454 ซึ่งตัวแปรทั้งห้าสามารถอธิบายความตั้งใจกลับมาท่องเที่ยวซ้ำได้ร้อยละ 73.80 ($R^2 = 0.738$) ยืนยันความเหมาะสมของโมเดล

เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยแบบไม่ถ่วงน้ำหนัก (Unstandardized Coefficients) พบว่า ตัวแปรอิสระทุกตัวมีอิทธิพลต่อความตั้งใจกลับมาท่องเที่ยวซ้ำ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 โดยค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยในรูปแบบคะแนนมาตรฐาน (β) และค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยในรูปแบบคะแนนดิบ (b) สูงสุดคือ พฤติกรรม (β = 350, b = 0.498) รองลงมาคือ ความสัมพันธ์ (β = 0.332, b = 0.422) ประสาทสัมผัส (β = 0.294, b = 0.350) อารมณ์ (β = 0.216, b = 0.286) และการรับรู้และความคิด (β = 0.185, b = 0.242) สามารถสร้างเป็นสมการพยากรณ์ความตั้งใจกลับมาท่องเที่ยวซ้ำได้ดังนี้

ความตั้งใจกลับมาท่องเที่ยวซ้ำ = 1.135 + 0.350(ประสาทสัมผัส) + 0.286(อารมณ์)
+ 0.242(การรับรู้และความคิด) + 0.498(พฤติกรรม)
+ 0.422(ความสัมพันธ์)

การอภิปรายผล

ตัวแปรประสบการณ์ลูกค้ามีอิทธิพลเชิงบวกต่อความตั้งใจกลับมาท่องเที่ยวซ้ำของนักท่องเที่ยวในจังหวัดสุรินทร์ สามารถอธิบายได้ด้วยกลไกหลักสองประการที่ทำงานร่วมกัน กล่าวคือ ประการแรกคือกลไกการสะสมประสบการณ์ (experiential accumulation) ซึ่งหมายความว่าเมื่อนักท่องเที่ยวได้รับประสบการณ์เชิงบวกในหลายมิติพร้อมกัน ทั้งการได้เห็น ได้รู้สึก ได้เรียนรู้ ได้ลงมือทำ และได้สร้างความสัมพันธ์ ผลลัพธ์สะสมของประสบการณ์เหล่านี้จะมีพลังในการสร้างความตั้งใจกลับมาซ้ำที่แข็งแกร่งกว่าการได้รับประสบการณ์ในมิติใดมิติหนึ่งเพียงอย่างเดียว สอดคล้องกับกรอบแนวคิดเชิงบูรณาการของ Schmitt (1999) และ ประการที่สองคือกลไกความเป็นเอกลักษณ์ที่ไม่สามารถทดแทนได้ (irreplaceable uniqueness) กล่าวคือเนื้อหาตัวชี้วัดในแบบสอบถามสะท้อนให้เห็นว่าจังหวัดสุรินทร์มีองค์ประกอบของประสบการณ์ในทุกมิติที่มีเอกลักษณ์เฉพาะตัวและหาไม่ได้จากแหล่งท่องเที่ยวอื่น ซึ่งทำให้ความตั้งใจกลับมาซ้ำไม่ได้เกิดจากความเคยชิน แต่เกิดจากคุณค่าเฉพาะที่มีเพียงจังหวัดสุรินทร์เท่านั้นที่มอบให้ได้ สอดคล้องกับ Lemon & Verhoef (2016) ที่อธิบายว่าประสบการณ์ลูกค้าที่ครอบคลุมหลายมิติและมีคุณค่าเฉพาะเจาะจงเป็นรากฐานที่แข็งแกร่งที่สุดของความภักดีต่อแหล่งท่องเที่ยวในระยะยาว เมื่อประสบการณ์ที่นักท่องเที่ยวได้รับในจังหวัดสุรินทร์มีความน่าประทับใจ ครอบคลุมทั้งด้านอารมณ์ความรู้สึก และการมีส่วนร่วม จะส่งผลให้นักท่องเที่ยวเกิดการประเมินเชิงบวกต่อแหล่งท่องเที่ยว และนำไปสู่ความตั้งใจที่จะกลับมาเยี่ยมเยือนอีกครั้ง สอดคล้องกับงานวิจัยของ Manojlović, et al. (2025) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างมิติต่างๆ ของประสบการณ์การท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมและพฤติกรรมนักท่องเที่ยว ประกอบด้วย ความพึงพอใจ ความภักดี และความตั้งใจกลับมาซ้ำ โดยใช้การวิเคราะห์สมการโครงสร้าง (SEM) กับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 1,822 คน ที่เดินทางมาท่องเที่ยวในมอนเตเนโกร ผลการวิจัยพบว่ามิติอารมณ์ สังคม และประสาทสัมผัสของประสบการณ์เชิงวัฒนธรรมมีความสัมพันธ์เชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญกับผลลัพธ์เชิงพฤติกรรมของนักท่องเที่ยว ในขณะที่มิติพฤติกรรมและการรับรู้แสดงความสัมพันธ์ที่อ่อนแอกว่ากับความพึงพอใจ ความภักดี และความตั้งใจในอนาคต สอดคล้องกับ Wang et al. (2025) ได้ศึกษาอิทธิพลของความคาดหวังประสบการณ์ และความพึงพอใจของนักท่องเที่ยวที่มีต่อความตั้งใจกลับมาท่องเที่ยวซ้ำ โดยใช้การวิเคราะห์การส่งผ่านแบบมีตัวแปรปรับ (moderated mediation analysis) โดยมองว่าประสบการณ์การท่องเที่ยวเป็นตัวแปรตัวกลางที่สำคัญระหว่างผลิตภัณฑ์ทางการท่องเที่ยวและความพึงพอใจ ครอบคลุมปฏิสัมพันธ์ทางอารมณ์ การรับรู้ และพฤติกรรมระหว่างนักท่องเที่ยวกับแหล่งท่องเที่ยว ผลการวิจัยพบว่าความพึงพอใจมีอิทธิพลเชิงบวกต่อความตั้งใจกลับมาท่องเที่ยวซ้ำ และทำหน้าที่เป็นตัวกลางในความสัมพันธ์ระหว่างประสบการณ์การท่องเที่ยวกับความตั้งใจดังกล่าว เช่นเดียวกับ Baquero (2025) ได้ศึกษา

ความสัมพันธ์ระหว่างประสบการณ์ลูกค้า ความตั้งใจกลับมา คุณค่าของลูกค้า และการมีส่วนร่วมในอุตสาหกรรมโรงแรม โดยใช้ทฤษฎีการประเมินเชิงการรับรู้ (Cognitive Appraisal Theory) เป็นกรอบแนวคิด งานวิจัยดังกล่าวเน้นย้ำว่าโรงแรมที่สามารถสร้างประสบการณ์ลูกค้าที่เหนือกว่าสามารถสร้างความแตกต่างในภาคการบริการที่มีการแข่งขันสูง ผลการวิจัยพบว่าประสบการณ์ลูกค้ามีความสัมพันธ์เชิงบวกกับการมีส่วนร่วมและความตั้งใจกลับมาใช้บริการซ้ำ

บทสรุป

ตัวแปรประสบการณ์ลูกค้า ประกอบด้วย ประสาทสัมผัส อารมณ์ การรับรู้และความคิด พฤติกรรม และความสัมพันธ์ มีอิทธิพลเชิงบวกต่อความตั้งใจกลับมาท่องเที่ยวซ้ำ ผลการวิจัยดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่าประสบการณ์ลูกค้าเป็นปัจจัยเชิงกลยุทธ์ที่มีความสำคัญต่อการพัฒนาการท่องเที่ยวของจังหวัดสุรินทร์ เนื่องจากไม่เพียงส่งผลต่อความพึงพอใจของนักท่องเที่ยวในระยะสั้น แต่ยังส่งผลต่อพฤติกรรมการกลับมาท่องเที่ยวซ้ำและการบอกต่อในเชิงบวกในระยะยาว ดังนั้นหน่วยงานภาครัฐ ผู้ประกอบการ และผู้มีส่วนเกี่ยวข้องควรให้ความสำคัญกับการออกแบบและบริหารจัดการประสบการณ์การท่องเที่ยวที่สามารถสร้างความแตกต่าง สะท้อนอัตลักษณ์ของท้องถิ่น และตอบสนองความต้องการของนักท่องเที่ยวได้อย่างครอบคลุม เพื่อยกระดับศักยภาพทางการแข่งขันและส่งเสริมการท่องเที่ยวของจังหวัดสุรินทร์ให้เติบโตอย่างยั่งยืนต่อไป

ข้อเสนอแนะจากผลการวิจัย

จากผลการวิจัยที่พบว่า ประสบการณ์ลูกค้ามีอิทธิพลเชิงบวกต่อความตั้งใจกลับมาท่องเที่ยวซ้ำของนักท่องเที่ยวในจังหวัดสุรินทร์ ผู้วิจัยจึงมีข้อเสนอแนะเชิงปฏิบัติสำหรับหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

1. หน่วยงานภาครัฐและองค์กรด้านการท่องเที่ยวของจังหวัดสุรินทร์ควรให้ความสำคัญกับการพัฒนา “ประสบการณ์การท่องเที่ยวเชิงคุณค่า” มากกว่าการมุ่งเน้นเพียงการประชาสัมพันธ์แหล่งท่องเที่ยว เนื่องจากประสบการณ์ที่นักท่องเที่ยวได้รับมีผลโดยตรงต่อความประทับใจและความตั้งใจกลับมาเยือนซ้ำ ดังนั้นควรพัฒนากิจกรรมที่เปิดโอกาสให้นักท่องเที่ยวได้มีส่วนร่วมกับวัฒนธรรม วิถีชีวิต และอัตลักษณ์ของท้องถิ่นอย่างใกล้ชิด เช่น การท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรม การเรียนรู้ภูมิปัญญาท้องถิ่น และกิจกรรมชุมชน
2. ผู้ประกอบการด้านการท่องเที่ยว เช่น โรงแรม ร้านอาหาร ร้านของที่ระลึก และธุรกิจบริการอื่นๆ ควรพัฒนาคุณภาพการให้บริการอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะด้านการสร้างความประทับใจทางอารมณ์ การบริการด้วยความเป็นมิตร และการตอบสนองความต้องการของนักท่องเที่ยวอย่างเหมาะสม เนื่องจากองค์ประกอบเหล่านี้เป็นส่วนสำคัญของประสบการณ์ลูกค้าและมีผลต่อการตัดสินใจกลับมาใช้บริการในอนาคต
3. จังหวัดสุรินทร์ควรพัฒนากลยุทธ์การสื่อสารการตลาดที่สะท้อนอัตลักษณ์เฉพาะของพื้นที่ เพื่อสร้างภาพจำและความแตกต่างจากจังหวัดท่องเที่ยวอื่น โดยอาจใช้การเล่าเรื่อง (storytelling) ผ่านสื่อดิจิทัลและสื่อสังคมออนไลน์ เพื่อถ่ายทอดประสบการณ์ที่นักท่องเที่ยวจะได้รับจากการเดินทางมาท่องเที่ยวในจังหวัดสุรินทร์ อันจะช่วยกระตุ้นทั้งการตัดสินใจเดินทางและความต้องการกลับมาเยือนซ้ำ
4. หน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรส่งเสริมการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานและสิ่งอำนวยความสะดวกทางการท่องเที่ยว เช่น ระบบการเดินทาง ป้ายแนะนำสถานที่ ห้องน้ำสาธารณะ และระบบข้อมูลการท่องเที่ยว เพื่อยกระดับประสบการณ์โดยรวมของนักท่องเที่ยว เนื่องจากประสบการณ์ที่ดีมิได้เกิดจากกิจกรรมการท่องเที่ยวเพียงอย่างเดียว แต่ยังรวมถึงความสะดวกสบายและคุณภาพของบริการสนับสนุนต่าง ๆ ด้วย

5. ควรมีการสร้างเครือข่ายความร่วมมือระหว่างภาครัฐ ภาคเอกชน และชุมชนท้องถิ่น เพื่อร่วมกันออกแบบประสบการณ์การท่องเที่ยวที่มีเอกลักษณ์และตอบสนองความต้องการของนักท่องเที่ยวในยุคปัจจุบัน โดยเฉพาะการพัฒนาการท่องเที่ยวอย่างยั่งยืนที่สามารถรักษาอัตลักษณ์ทางวัฒนธรรมของจังหวัดไว้ได้ในระยะยาว

ข้อเสนอแนะในการวิจัยต่อไป

1. การวิจัยครั้งต่อไปควรศึกษาตัวแปรสื่อกลางหรือตัวแปรกำกับ ที่อาจส่งผลต่อความสัมพันธ์ระหว่างประสบการณ์ลูกค้าและความตั้งใจกลับมาท่องเที่ยวซ้ำ เช่น ความพึงพอใจ คุณค่าที่รับรู้ ความผูกพันต่อสถานที่ หรือภาพลักษณ์แหล่งท่องเที่ยว เพื่อให้สามารถอธิบายพฤติกรรมของนักท่องเที่ยวได้อย่างครอบคลุมมากยิ่งขึ้น

2. ควรมีการศึกษาประสบการณ์ลูกค้าในมิติใหม่ ๆ ที่สอดคล้องกับพฤติกรรมของนักท่องเที่ยวยุคดิจิทัล เช่น ประสบการณ์ผ่านสื่อสังคมออนไลน์ ประสบการณ์ดิจิทัลก่อนและหลังการเดินทาง หรืออิทธิพลของเนื้อหาที่ผู้ใช้สร้างขึ้นที่อาจส่งผลต่อความตั้งใจกลับมาท่องเที่ยวซ้ำ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน ในการให้ทุนอุดหนุนโครงการด้านวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2569 ในการดำเนินการวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงการท่องเที่ยวและกีฬา. (2567). สถานการณ์การท่องเที่ยวในประเทศ รายจังหวัด ปี 2567. กองเศรษฐกิจการท่องเที่ยวและกีฬา.

ทิพย์วรรณ ประภาสโนบล และสุภาพร โพธิ์แก้ว. (2562). ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อประสบการณ์การท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย. วารสารการจัดการการท่องเที่ยวไทย. 14(2): 45–68.

สุทิติ ขัตติยะ และวิไลลักษณ์ สุวจิตตานนท์. (2554). แบบแผนการวิจัยและสถิติ. กรุงเทพฯ: บจ.ประยูรวงศ์พริ้นติ้ง.

อรรถพร ศรีเสาวลักษณ์, วิภาวี กิตติโกวิท และนภดล ร่มโพธิ์. (2564). ปัจจัยที่ส่งผลต่อความตั้งใจกลับมาท่องเที่ยวซ้ำในแหล่งท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. วารสารการจัดการการท่องเที่ยวไทย. 16(1): 112–134.

Ajzen, I. (1991). The theory of planned behavior. Organizational Behavior and Human Decision Processes, 50(2), 179–211. https://doi.org/10.1016/0749-5978(91)90020-T

Baquero, A. (2025). Exploring the relationship between customer experience, revisit intention, customer value and engagement in the hotel industry. International Journal of Tourism Research, 27(5), Article e70109.

Black, K. (2006). Business statistics for contemporary decision making 4th ed. USA : John Wiley & Son.

Brakus, J. J., Schmitt, B. H., & Zarantonello, L. (2009). Brand experience: What is it? How is it measured? Does it affect loyalty? Journal of Marketing. 73(3): 52–68. https://doi.org/10.1509/jmkg.73.3.052

Chi, C. G.-Q., & Qu, H. (2008). Examining the structural relationships of destination image, tourist satisfaction and destination loyalty: An integrated approach. Tourism Management. 29(4): 624–636. https://doi.org/10.1016/j.tourman.2007.06.007

Fajriah, S. D., Salsabila, N., Dewi, M. S., & Sari, Y. P. (2025). Exploring determinants and theoretical underpinnings of revisit intention in tourism: A PRISMA-based systematic literature review. Sustainability. 17(24): Article 11044. https://doi.org/10.3390/su172411044

Gentile, C., Spiller, N., & Noci, G. (2007). How to sustain the customer experience: An overview of experience components that co-create value with the customer. European Management Journal. 25(5): 395–410. https://doi.org/10.1016/j.emj.2007.08.005

Khemthong, S., Luenam, P., Frank, T. D., & Ingsrisawang, L. (2024). Identifying the determinants of tourism receipts of Thailand and relevant determinant-determinant interactions. PLOS ONE. 19(8): Article e0308153. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0308153

Kim, J.-H. (2014). The antecedents of memorable tourism experiences: The development and testing of a model. Tourism Management. 44, 34–45: https://doi.org/10.1016/j.tourman.2014.02.007

Kotler, P., Bowen, J. T., Makens, J., & Baloglu, S. (2017). Marketing for hospitality and tourism (7th ed.). Pearson Education.

Lam, T., & Hsu, C. H. C. (2006). Predicting behavioral intention of choosing a travel destination. Tourism Management. 27(4): 589–599. https://doi.org/10.1016/j.tourman.2005.02.003

Lemon, K. N., & Verhoef, P. C. (2016). Understanding customer experience throughout the customer journey. Journal of Marketing. 80(6): 69–96. https://doi.org/10.1509/jm.15.0420

Manojlović, M., Stanovčić, T., & Perović, Đ. (2025). Effects of cultural tourism experience on tourist behavior: Insights from Montenegro. SAGE Open, 15(2), Article 21582440251397318. https://doi.org/10.1177/21582440251397318

Oh, H., Fiore, A. M., & Jeoung, M. (2007). Measuring experience economy concepts: Tourism applications. Journal of Travel Research. 46(2): 119–132. https://doi.org/10.1177/0047287507304039

Oliver, R. L. (1999). Whence consumer loyalty? Journal of Marketing, 63(Special Issue), 33–44. https://doi.org/10.1177/00222429990634s105

Oppermann, M. (2000). Tourism destination loyalty. Journal of Travel Research, 39(1), 78–84. https://doi.org/10.1177/004728750003900110

Oppermann, M. (2000). Tourism destination loyalty. Journal of Travel Research, 39(1), 78–84. https://doi.org/10.1177/004728750003900110

Pine, B. J., & Gilmore, J. H. (1998). Welcome to the experience economy. Harvard Business Review. 76(4): 97–105.

Rasoolimanesh, S. M., Seyfi, S., Rather, R. A., & Hall, C. M. (2022). Investigating the mediating role of visitor satisfaction in the relationship between memorable tourism experiences and behavioral intentions in heritage tourism context. Tourism Review. 77(2): 687–709. https://doi.org/10.1108/TR-02-2021-0086

Ritchie, J. R. B., & Crouch, G. I. (2003). The competitive destination: A sustainable tourism perspective. CABI Publishing.Yoon & Uysal (2005)

Schmitt, B. H. (1999). Experiential marketing: How to get customers to sense, feel, think, act, and relate to your company and brands. Free Press.

Thongsri, N., Sinthupinyo, S., Raksong, S., & Boonlua, S. (2024). Antecedents of revisit intention of Thai cultural tourist in Thailand. Journal of Applied Economic Sciences. 19(1): 48–62.

UNWTO. (2023). Tourism highlights 2023 edition. World Tourism Organization. https://doi.org/10.18111/9789284425518

Walls, A. R., Okumus, F., Wang, Y., & Kwun, D. J.-W. (2011). An epistemological view of consumer experiences. International Journal of Hospitality Management. 30(1): 10–21. https://doi.org/10.1016/j.ijhm.2010.04.005

Wang, G., Dong, X., Zheng, X., & Liu, F. (2025). The impact of tourist expectations, experiences, and satisfaction on revisit intentions: A moderated mediation analysis. SAGE Open. 15(1): Article 21582440251409043. https://doi.org/10.1177/21582440251409043

Zeithaml, V. A., Berry, L. L., & Parasuraman, A. (1996). The behavioral consequences of service quality. Journal of Marketing. 60(2): 31–46. https://doi.org/10.1177/002224299606000203

ผลกระทบของการตลาดดิจิทัลต่อพฤติกรรมการซื้อสินค้าออนไลน์ของผู้บริโภคในประเทศไทย
The Impact of Digital Marketing on Consumers' Online Purchasing Behavior in Thailand

ธาริกา รัตนโสภานิช[1*] อารยา อึงไพบูลย์กิจ[1] วนารัตน์ บุญธรรม[1] วิรัลพัชร มงคลอำนวย[1] และอรุณี นามวงศ์[1]

Tarika Rattanasopanich[1*], Araya Uengpaiboonkit[1], Vanarat Boontum[1], Wiranpat Mongkolamnuy[1] and Arunee Namwong[1]

[1]คณะเทคโนโลยีการจัดการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์ จังหวัดสุรินทร์

[1]Faculty of Management Technology, Rajamangala University of Technology Isan Surin Campus, Surin Province

[*]Corresponding Author E-mail Address : tarika.ra@rmuti.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลกระทบของการตลาดดิจิทัลต่อพฤติกรรมการซื้อสินค้าออนไลน์ของผู้บริโภค โดยใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลจากผู้บริโภคที่มีการซื้อสินค้าออนไลน์ในประเทศไทย ขนาดกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 384 ตัวอย่าง สุ่มตัวอย่างแบบหลายขั้นตอน สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การวิเคราะห์สหสัมพันธ์พหุคูณ และการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ ผลการวิจัยพบว่า การตลาดดิจิทัล ด้านเว็บไซต์ การตลาดเชิงเนื้อหา จดหมายอิเล็กทรอนิกส์ การครองหน้าแรก และสื่อสังคมออนไลน์ มีอิทธิพลเชิงบวกต่อพฤติกรรมการซื้อสินค้าออนไลน์ นอกจากนี้ยังพบว่า การตลาดดิจิทัล ด้านเว็บไซต์ การตลาดเชิงเนื้อหา จดหมายอิเล็กทรอนิกส์ การครองหน้าแรก และสื่อสังคมออนไลน์ สามารถอธิบายตัวแปรพฤติกรรมการซื้อสินค้าออนไลน์ ได้ร้อยละ 67.70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 0.01

คำสำคัญ: การตลาดดิจิทัล พฤติกรรมการซื้อ สินค้าออนไลน์ อีคอมเมิร์ส

Abstract

The purpose of this study was to examine the impact of digital marketing on consumers' online purchasing behavior. A questionnaire was used as a research instrument to collect data from consumers who purchase products online in Thailand. The sample consisted of 384 respondents, selected using a multi-stage sampling technique. The data were analyzed using mean, standard deviation, multiple correlation analysis, and multiple regression analysis. The results revealed that digital marketing factors, including website, content marketing, email, search engine dominance, and social media, had a positive influence on online purchasing behavior. In addition, these factors were able to explain 67.70% of the variance in online purchasing behavior, with a statistical significance level of 0.01.

Keywords: Digital Marketing, Purchasing Behavior, Online purchasing, E-Commerce

บทนำ

ในยุคที่เทคโนโลยีดิจิทัลได้กลายเป็นโครงสร้างพื้นฐานของระบบเศรษฐกิจและสังคมสมัยใหม่ พฤติกรรมการซื้อสินค้าของผู้บริโภคได้เปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญจากรูปแบบดั้งเดิมสู่สภาพแวดล้อมออนไลน์ที่ไร้ขีดจำกัดด้านเวลาและพื้นที่ ประเทศไทยเป็นหนึ่งในตลาดดิจิทัลที่มีพลวัตสูงที่สุดในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ โดยรายงานของสำนักงานพัฒนาธุรกรรมทางอิเล็กทรอนิกส์ (ETDA, 2023) ระบุว่ามูลค่าพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ของไทยมีการเติบโตอย่างต่อเนื่อง สะท้อนให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงเชิงโครงสร้างของพฤติกรรมผู้บริโภคที่หันมาพึ่งพาช่องทางดิจิทัลในการค้นหาข้อมูล เปรียบเทียบสินค้า และตัดสินใจซื้อมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ การเปลี่ยนแปลงนี้ได้สร้างความท้าทายและโอกาสใหม่ให้แก่ผู้ประกอบการในการนำกลยุทธ์การตลาดดิจิทัลมาประยุกต์ใช้เพื่อเข้าถึงและโน้มน้าวพฤติกรรมการซื้อของผู้บริโภคได้อย่างมีประสิทธิผลยิ่งขึ้น

การตลาดดิจิทัล (Digital Marketing) ได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวางในเชิงวิชาการในฐานะกลยุทธ์เชิงรุกที่มีศักยภาพสูงในการสร้างความได้เปรียบทางการแข่งขันสำหรับธุรกิจในสภาพแวดล้อมออนไลน์ Chaffey และ Ellis-Chadwick (2019) อธิบายว่าการตลาดดิจิทัลครอบคลุมการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีดิจิทัลหลากหลายรูปแบบ ทั้งเว็บไซต์ การปรับแต่งเว็บไซต์ให้ติดอันดับบนเครื่องมือค้นหา (Search Engine Optimization: SEO) การตลาดเชิงเนื้อหา (Content Marketing) การตลาดผ่านจดหมายอิเล็กทรอนิกส์ (Email Marketing) และการตลาดผ่านสื่อสังคมออนไลน์ (Social Media Marketing) โดยแต่ละองค์ประกอบมีกลไกในการเข้าถึงและสร้างอิทธิพลต่อผู้บริโภคในลักษณะที่แตกต่างกัน Kannan (2017) ชี้ให้เห็นว่าประสิทธิผลของการตลาดดิจิทัลขึ้นอยู่กับความสามารถขององค์กรในการบูรณาการเครื่องมือเหล่านี้อย่างเป็นระบบ เพื่อสร้างประสบการณ์ผู้บริโภคที่สอดคล้องและต่อเนื่องตลอดเส้นทางการตัดสินใจซื้อ

ในมิติของพฤติกรรมการซื้อสินค้าออนไลน์ งานวิจัยจำนวนมากแสดงให้เห็นว่ากระบวนการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภคในสภาพแวดล้อมดิจิทัลมีความซับซ้อนและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญจากพฤติกรรมการซื้อในรูปแบบดั้งเดิม Schiffman และ Wisenblit (2019) อธิบายว่าพฤติกรรมการซื้อออนไลน์ครอบคลุมกระบวนการตั้งแต่การรับรู้ความต้องการ การค้นหาข้อมูลจากแหล่งดิจิทัลหลากหลาย การประเมินทางเลือก การตัดสินใจซื้อ ไปจนถึงพฤติกรรมหลังการซื้อที่แสดงออกในรูปของการรีวิว การแนะนำบอกต่อ และการซื้อซ้ำ ซึ่งทุกขั้นตอนล้วนได้รับอิทธิพลจากกลยุทธ์การตลาดดิจิทัลในระดับที่แตกต่างกัน Dwivedi et al. (2021) ยืนยันจากการทบทวนวรรณกรรมอย่างเป็นระบบว่าการตลาดผ่านสื่อสังคมออนไลน์ การตลาดเชิงเนื้อหา และการสื่อสารแบบปากต่อปากดิจิทัล (electronic word-of-mouth: eWOM) มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับพฤติกรรมการซื้อออนไลน์ในตลาดเกิดใหม่

แม้ว่างานวิจัยด้านการตลาดดิจิทัลและพฤติกรรมการซื้อออนไลน์จะมีการเติบโตอย่างรวดเร็วในระดับนานาชาติ โดยเฉพาะในช่วงปี ค.ศ. 2020–2025 ที่ได้รับแรงกระตุ้นจากการระบาดของโควิด-19 ที่เร่งรัดการเปลี่ยนผ่านสู่พฤติกรรมดิจิทัลของผู้บริโภคทั่วโลก (Srisathan & Naruetharadhol, 2022) แต่ยังคงมีช่องว่างทางการวิจัย (research gaps) ที่สำคัญอย่างน้อยสามประการในบริบทของประเทศไทย ประการแรก งานวิจัยส่วนใหญ่ที่ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการตลาดดิจิทัลและพฤติกรรมการซื้อออนไลน์ในบริบทไทยมักมุ่งเน้นการศึกษาองค์ประกอบการตลาดดิจิทัลเพียงมิติเดียว โดยเฉพาะสื่อสังคมออนไลน์ (Puriwat & Tripopsakul, 2021; Wongsansukcharoen, 2022) ในขณะที่การศึกษาที่บูรณาการองค์ประกอบการตลาดดิจิทัลหลายมิติพร้อมกัน ครอบคลุมทั้งเว็บไซต์ การตลาดเชิงเนื้อหา การตลาดทางอีเมล SEO และสื่อสังคมออนไลน์ในกรอบการวิจัยเดียวกัน ยังมีจำนวนจำกัด ส่งผลให้ยังไม่มีความเข้าใจที่ชัดเจนว่าองค์ประกอบใดมีอิทธิพลสูงสุดในบริบทผู้บริโภคไทยและองค์ประกอบเหล่านั้นมีปฏิสัมพันธ์กันอย่างไรในการกำหนดพฤติกรรมการซื้อ ประการที่สอง งานวิจัยที่ผ่านมาในบริบทไทยส่วนใหญ่ศึกษาพฤติกรรมการซื้อออนไลน์ในมิติของความตั้งใจซื้อ (purchase intention) ซึ่งเป็นตัวแปรที่วัด

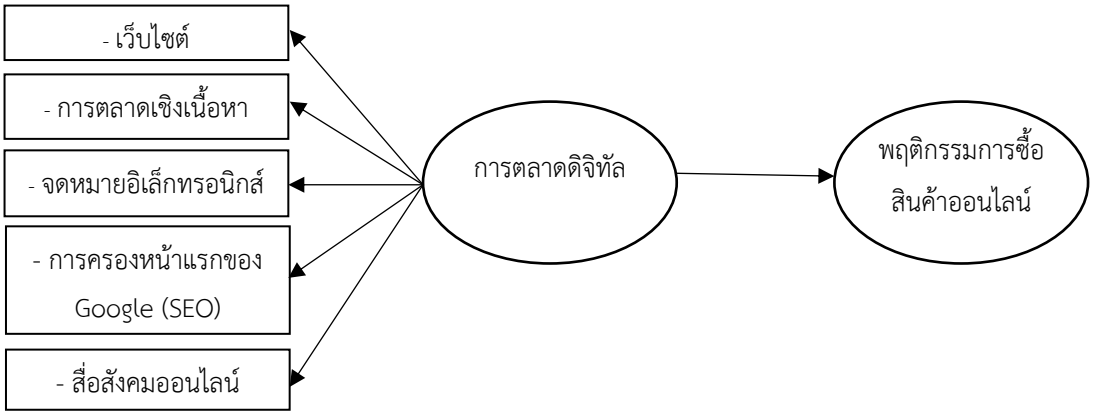
ทัศนคติมากกว่าพฤติกรรมจริง โดยยังมีงานวิจัยที่ศึกษาพฤติกรรมการซื้อจริง (actual purchase behavior) อย่างครอบคลุมในทุกขั้นตอน ตั้งแต่การรับรู้ความต้องการ การค้นหาข้อมูล การประเมินทางเลือก การตัดสินใจซื้อ ไปจนถึงพฤติกรรมหลังการซื้อในกลุ่มผู้บริโภคที่มีพฤติกรรมการซื้อสินค้าออนไลน์จริงนั้นยังมีอยู่น้อย ซึ่งทำให้ความเข้าใจเกี่ยวกับกระบวนการตัดสินใจซื้อออนไลน์ของผู้บริโภคไทยยังมีความไม่สมบูรณ์ และประการที่สาม แม้งานวิจัยในระดับสากลจะแสดงให้เห็นว่าการตลาดดิจิทัลมีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการซื้อออนไลน์ แต่ผลการวิจัยในบริบทที่แตกต่างกันมักให้ผลที่ไม่สอดคล้องกัน โดยเฉพาะในด้านองค์ประกอบที่มีอิทธิพลสูงสุด อาทิ Khanfar et al. (2024) พบว่าสื่อสังคมออนไลน์มีอิทธิพลสูงสุดในตลาดจอร์แดน ในขณะที่ Lim และ Tan (2023) พบว่าการส่งเสริมการขายดิจิทัลและคุณภาพเว็บไซต์มีอิทธิพลสูงสุดในตลาดสิงคโปร์ ความไม่สอดคล้องดังกล่าวชี้ให้เห็นว่าอิทธิพลของการตลาดดิจิทัลต่อพฤติกรรมการซื้อมีลักษณะเฉพาะบริบท (context-specific) และไม่สามารถสรุปอนุมานจากผลการวิจัยในตลาดอื่นมาใช้กับบริบทไทยได้โดยตรง การวิจัยที่มุ่งศึกษาความสัมพันธ์ดังกล่าวในบริบทเฉพาะของประเทศไทยจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง

ด้วยเหตุผลดังกล่าว การวิจัยครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการตลาดดิจิทัล ซึ่งครอบคลุมองค์ประกอบทั้ง 5 มิติ ได้แก่ เว็บไซต์ การตลาดเชิงเนื้อหา การตลาดทางอีเมล SEO และสื่อสังคมออนไลน์ กับพฤติกรรมการซื้อสินค้าออนไลน์ของผู้บริโภคในประเทศไทย โดยผลการวิจัยที่ได้จะเป็นประโยชน์ทั้งในเชิงทฤษฎีในการเสริมสร้างองค์ความรู้ด้านพฤติกรรมผู้บริโภคดิจิทัลในบริบทตลาดเกิดใหม่ของเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ และในเชิงปฏิบัติในการเสนอแนะแนวทางการพัฒนากลยุทธ์การตลาดดิจิทัลที่มีประสิทธิผลสำหรับผู้ประกอบการพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ในประเทศไทย

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาผลกระทบของการตลาดดิจิทัลต่อพฤติกรรมการซื้อสินค้าออนไลน์ของผู้บริโภคในประเทศไทย

กรอบแนวคิดการวิจัย



สมมติฐานการวิจัย

การตลาดดิจิทัลอิทธิพลทางบวกต่อพฤติกรรมการซื้อสินค้าออนไลน์ของผู้บริโภคในประเทศไทย

การทบทวนวรรณกรรม

การทบทวนวรรณกรรมฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์กรอบแนวคิดเชิงทฤษฎีของการตลาดดิจิทัลในบริบทที่ส่งผลต่อพฤติกรรมการตัดสินใจซื้อสินค้าออนไลน์ของผู้บริโภค โดยครอบคลุมประเด็นด้านความหมาย ความสำคัญ และองค์ประกอบของตัวแปร ดังนี้

1. ความหมายของการตลาดดิจิทัล

นักวิชาการและสถาบันชั้นนำได้ให้คำนิยามของการตลาดดิจิทัลในมุมมองที่มุ่งเน้นการบูรณาการเทคโนโลยีเข้ากับกลยุทธ์การสร้างความสัมพันธ์กับผู้บริโภคอย่างมีนัยสำคัญ โดย Muneesawang et al. (2025) ได้นิยามการตลาดดิจิทัลว่าเป็นรากฐานของการตลาดแบบดื่มด่ำ (Immersive Marketing) ที่อาศัยการตอบโต้แบบเรียลไทม์เพื่อเปลี่ยนสถานะจากผู้มุ่งหวัง (Prospects) ให้กลายเป็นผู้ซื้อสินค้าอย่างเป็นรูปธรรม สอดคล้องกับคำนิยามของ Chaffey และ Ellis-Chadwick (2023) ที่ระบุว่าการตลาดดิจิทัลคือการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีดิจิทัลร่วมกับสื่อในรูปแบบต่างๆ เพื่อบรรลุเป้าหมายทางการตลาด โดยมุ่งเน้นการบริหารจัดการข้อมูลของลูกค้าผ่านช่องทางออนไลน์ นอกจากนี้ ในระดับสากล ISO 56000 (2020) ได้สะท้อนมุมมองด้านนวัตกรรมว่าเป็นการสร้างเอนทิตีใหม่ที่ส่งผลต่อการกระจายคุณค่า (Value Distribution) ผ่านระบบดิจิทัล

จากการประมวลนิยามข้างต้น การตลาดดิจิทัล จึงหมายถึง กระบวนการเชิงกลยุทธ์ในการนำเทคโนโลยีสารสนเทศ สื่ออิเล็กทรอนิกส์ และการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงลึก (Data Analytics) มาเป็นเครื่องมือในการสื่อสารและดำเนินกิจกรรมทางการตลาด เพื่อสร้างการรับรู้ เพิ่มการมีส่วนร่วม และส่งมอบคุณค่าที่ตรงตามความต้องการเฉพาะบุคคล (Personalization) ของผู้บริโภคในยุคเศรษฐกิจฐานเทคโนโลยี

2. ความสำคัญของการตลาดดิจิทัลต่อพฤติกรรมผู้บริโภค

ในสภาวะที่โครงสร้างทางเศรษฐกิจเปลี่ยนแปลงไปสู่รูปแบบ Next Normal การตลาดดิจิทัลได้แปรสภาพจากช่องทางเลือกมาเป็นเงื่อนไขสำคัญของการอยู่รอดและความได้เปรียบทางการแข่งขัน ข้อมูลจาก World Bank (2025) ระบุว่านวัตกรรมและการใช้เทคโนโลยีดิจิทัลเป็นปัจจัยหลักในการปลดล็อกศักยภาพการเติบโตในเศรษฐกิจโลก โดยเฉพาะในประเทศไทยที่มีอัตราการเข้าถึงอินเทอร์เน็ตสูงถึงร้อยละ 94.7 (บริษัท ดาต้าเซ็ต จำกัด, 2568) ความสำคัญของการตลาดดิจิทัลที่มีต่อพฤติกรรมผู้บริโภคสามารถจำแนกได้เป็น 3 มิติหลัก ดังนี้

1. การลดอุปสรรคด้านข้อมูล (Information Symmetry) เทคโนโลยีดิจิทัลช่วยให้ผู้บริโภคเข้าถึงรายละเอียดผลิตภัณฑ์และเปรียบเทียบราคาได้โดยไร้ข้อจำกัดด้านเวลาและสถานที่
2. การสร้างประสบการณ์ส่วนบุคคล (Personalized Experience) การใช้ข้อมูลเชิงลึกจะช่วยให้ธุรกิจสามารถนำเสนอเนื้อหาที่ตรงใจผู้บริโภคในลักษณะการช้อปปิ้งแบบค้นพบ (Discovery-based Shopping) หรือการค้นพบสินค้าผ่านอัลกอริทึม (Muneesawang et al., 2025)
3. การสื่อสารสองทาง (Interactive Communication) ดิจิทัลแพลตฟอร์มช่วยสร้างบทสนทนาและแบ่งปันข้อมูล ซึ่งเป็นปัจจัยกระตุ้นความต้องการซื้อและความภักดีต่อตราสินค้า (Hayes et al., 2023)

3. องค์ประกอบของการตลาดดิจิทัล (Components of Digital Marketing)

จากการสังเคราะห์วรรณกรรมและมาตรวัดมาตรฐานของ Chaffey และ Smith (2022) องค์ประกอบของการตลาดดิจิทัลที่ส่งผลต่อพฤติกรรมผู้บริโภคประกอบด้วย 5 ด้านหลัก ดังนี้:

1. เว็บไซต์ (Website) เป็นแพลตฟอร์มศูนย์กลางที่สร้างความน่าเชื่อถือและรองรับการทำธุรกรรมออนไลน์ ระบบการใช้งานที่ง่าย (User Interface) และไม่ซับซ้อนถือเป็นปัจจัยต้นที่ส่งผลต่อความพึงพอใจและการตัดสินใจซื้อซ้ำ

2. การตลาดเชิงเนื้อหา (Content Marketing) การสร้างและเผยแพร่ข้อมูลที่มีคุณค่าผ่านภาพวิดีโอ หรือบทความสั้น เพื่อดึงดูดใจและเปลี่ยนสถานะผู้รับสารผ่านการเล่าเรื่องเชิงกลยุทธ์ (Strategic Storytelling) ซึ่งส่งผลต่อการสร้างการรับรู้แบรนด์อย่างลึกซึ้ง (Hussain et al., 2023)

3. การครองหน้าแรก (Search Engine Marketing - SEO/SEM) กระบวนการเพิ่มความสามารถในการมองเห็นผ่าน Search Engine อย่าง Google หรือ TikTok ซึ่งปัจจุบันเป็นเครื่องมือหลักในการสืบค้นข้อมูลก่อนตัดสินใจซื้อของคนรุ่นใหม่ (Ziakis & Vlachopoulou, 2023)

4. จดหมายอิเล็กทรอนิกส์ (Email Marketing) การสื่อสารโดยตรงเพื่อแจ้งข่าวสารหรือโปรโมชั่นเฉพาะบุคคล ซึ่งยังคงเป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพในการกระตุ้นการตัดสินใจซื้ออย่างเจาะจงและติดตามผลได้แบบเรียลไทม์

5. สื่อสังคมออนไลน์ (Social Media) เครื่องมือหลักในการสื่อสารสองทาง (Two-way Communication) เช่น Facebook, TikTok และ LINE ซึ่งทำหน้าที่เป็นช่องทางสร้างตัวตนของแบรนด์และเข้าถึงกลุ่มเป้าหมายได้อย่างแม่นยำผ่าน Micro-targeting (Nwoko & Obi, 2024)

4. ความหมายของพฤติกรรมการซื้อสินค้าออนไลน์

พฤติกรรมการซื้อ (Buying Behavior) เป็นแนวคิดหลักในการบริหารการตลาดที่ศึกษากระบวนการตัดสินใจและการกระทำของผู้บริโภคในการได้มาซึ่งสินค้าและบริการ นับตั้งแต่การพัฒนาโมเดลคลาสสิกในทศวรรษที่ 1960–1970 โดย Howard & Sheth (1969) และ Engel et al. (1995) จนถึงการขยายแนวคิดสู่บริบทพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ในยุคปัจจุบัน แนวคิดนี้ได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่องเพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยีและพฤติกรรมผู้บริโภค จากการศึกษาพบพัฒนาการของแนวคิดพฤติกรรมการซื้อสามารถจำแนกได้เป็น 3 ยุคสำคัญ ดังนี้

ยุคที่ 1 แนวคิดเชิงกระบวนการดั้งเดิม (Traditional Process Perspective, ค.ศ. 1960–1990) นักวิจัยในยุคแรก อาทิ Howard & Sheth (1969), Engel et al. (1995) และ Blackwell et al. (2006) วางรากฐานทางทฤษฎีโดยมองพฤติกรรมการซื้อเป็นกระบวนการที่เป็นระบบซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนต่างๆ ตั้งแต่การตระหนักรู้ถึงความต้องการ การค้นหาข้อมูล การประเมินทางเลือก การตัดสินใจซื้อ ไปจนถึงการประเมินภายหลังการซื้อ แนวคิดนี้เป็นรากฐานสำคัญที่นักการตลาดยังคงใช้อ้างอิงในงานวิจัยร่วมสมัย

ยุคที่ 2 แนวคิดเชิงจิตวิทยาและสังคม (Psychological-Social Perspective, ค.ศ. 1980–2005) นักวิจัยในยุคที่สอง อาทิ Ajzen (1991), Zeithaml (1988), Schiffman & Kanuk (2014) และ Solomon (2015) ขยายแนวคิดให้ครอบคลุมปัจจัยภายในของผู้บริโภค อาทิ ทัศนคติ แรงจูงใจ การรับรู้ และบรรทัดฐานทางสังคม ซึ่งมีอิทธิพลต่อกระบวนการตัดสินใจซื้อในทุกขั้นตอน

ยุคที่ 3 แนวคิดเชิงดิจิทัลและพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ (Digital-E-Commerce Perspective, ค.ศ. 2000–ปัจจุบัน) นักวิจัยรุ่นใหม่ อาทิ Pavlou (2003), Gefen et al. (2003), Davis (1989), Lim et al. (2016) และ Tandon et al. (2017) ขยายแนวคิดพฤติกรรมการซื้อสู่บริบทออนไลน์ โดยเน้นบทบาทของความไว้วางใจออนไลน์ การรับรู้ความเสี่ยง ความสะดวกในการใช้งาน และประสบการณ์ผู้ใช้ในการกำหนดพฤติกรรมการซื้อสินค้าออนไลน์

ดังนั้น พฤติกรรมการซื้อสินค้าออนไลน์ (Online purchasing Behavior) หมายถึง กระบวนการตัดสินใจและการกระทำของผู้บริโภคในการค้นหา ประเมิน และซื้อสินค้าผ่านช่องทางพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ โดยครอบคลุม 5 มิติหลัก ได้แก่ การตระหนักรู้ถึงความต้องการ การค้นหาข้อมูล การประเมินทางเลือก การตัดสินใจซื้อ และพฤติกรรมภายหลังการซื้อ ซึ่งกระบวนการดังกล่าวได้รับอิทธิพลจากปัจจัยทางการตลาดดิจิทัล ภาพลักษณ์ตราสินค้า การรับรู้ตราสินค้า ความไว้วางใจออนไลน์ และลักษณะเฉพาะทางสังคมวัฒนธรรมของผู้บริโภคชาวไทยในบริบทพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ (Kotler & Armstrong, 2018, Blackwell et al., 2006, Ajzen, 1991, Pavlou, 2003, Tandon et al., 2017, Khaniwale, 2015)

5. **ความสำคัญของการศึกษาพฤติกรรมการซื้อสินค้าออนไลน์**

ความเข้าใจพฤติกรรมการซื้อเป็นพื้นฐานสำคัญของการออกแบบกลยุทธ์การตลาดที่มีประสิทธิภาพ Kotler & Armstrong (2018) ชี้ให้เห็นว่า คำถามสำคัญที่นักการตลาดต้องตอบให้ได้คือ ผู้บริโภคซื้ออะไร ทำไมถึงซื้อ ซื้ออย่างไร ซื้อที่ไหน และซื้อเมื่อใด ความเข้าใจในคำตอบเหล่านี้ช่วยให้องค์กรสามารถออกแบบผลิตภัณฑ์ กำหนดราคา เลือกช่องทางการจัดจำหน่าย และสื่อสารการตลาดได้อย่างสอดคล้องกับความต้องการและพฤติกรรมจริงของผู้บริโภค ส่วน Schiffman & Kanuk (2014) เน้นย้ำว่า การศึกษาพฤติกรรมผู้บริโภคช่วยให้นักการตลาดสามารถคาดการณ์แนวโน้มการซื้อ ออกแบบโปรแกรมส่งเสริมการขายที่ตรงใจ และสร้างประสบการณ์การซื้อที่เหนือกว่าคู่แข่งได้ การทำความเข้าใจพฤติกรรมการซื้อออนไลน์มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการพัฒนาแพลตฟอร์มและระบบพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ Davis (1989) ผ่านทฤษฎีการยอมรับเทคโนโลยี (TAM) ชี้ให้เห็นว่า การรับรู้ความเป็นประโยชน์ (Perceived Usefulness) และการรับรู้ความง่ายในการใช้งาน (Perceived Ease of Use) เป็นปัจจัยสำคัญที่กำหนดว่าผู้บริโภคจะยอมรับและใช้ระบบซื้อออนไลน์หรือไม่ ความเข้าใจในกลไกนี้ช่วยให้นักพัฒนาระบบและผู้บริหารธุรกิจออนไลน์สามารถออกแบบประสบการณ์ผู้ใช้ที่ดีขึ้น ซึ่ง Gefen et al. (2003) เสริมว่า ความไว้วางใจออนไลน์เป็นปัจจัยสำคัญที่กำหนดพฤติกรรมการซื้อออนไลน์ในระยะยาว การทำความเข้าใจกลไกการสร้างความไว้วางใจในสภาพแวดล้อมดิจิทัลจึงมีความสำคัญต่อการออกแบบระบบและนโยบายความปลอดภัยที่สร้างความเชื่อมั่นให้กับผู้บริโภค พฤติกรรมการซื้อในยุคดิจิทัลมีความซับซ้อนและพลวัตมากกว่าการซื้อแบบดั้งเดิม Darley et al. (2010) พบว่า กระบวนการค้นหาข้อมูลออนไลน์ก่อนการซื้อมีรูปแบบที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยผู้บริโภคใช้แหล่งข้อมูลหลายประเภททั้งเว็บไซต์ร้านค้า รีวิวผู้ใช้ บล็อกเกอร์ และสื่อสังคมออนไลน์ประกอบการตัดสินใจ ความเข้าใจในรูปแบบการค้นหาข้อมูลออนไลน์นี้มีนัยสำคัญต่อการออกแบบกลยุทธ์การตลาดเนื้อหาและ SEO

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ผู้บริโภคที่ซื้อสินค้าออนไลน์ในประเทศไทย ซึ่งไม่ทราบจำนวนที่แน่นอนชัดเจนจึงกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างแบบไม่ทราบจำนวนประชากร โดยใช้สูตรคำนวณของ Cochran (1977) ได้จำนวน 384 ราย โดยการกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างเพื่อให้ได้กลุ่มตัวอย่างที่เป็นตัวแทนที่ดี ผู้วิจัยทำการสุ่มตัวอย่างวิธีการสุ่มตัวอย่างแบบหลายขั้นตอน (Multi-Stage-Sampling) เนื่องจากประชากรในการศึกษามีจำนวนมาก จึงจำเป็นต้องการเลือกตัวอย่างจากขนาดที่มีระดับใหญ่ที่สุด แล้วเลือกตัวอย่างเป็นกลุ่มย่อยให้มีระดับรองลงมา ทำเช่นนี้ไปเรื่อยๆ จนถึงระดับที่ต้องการ (สุทิติ ขัตติยะ และวิไลลักษณ์ สุวจิตตานนท์, 2554) โดยมีการแบ่งประชากรออกเป็นกลุ่มย่อยตามลำดับขั้นตอนดังต่อไปนี้ ขั้นที่หนึ่ง เลือกสุ่มตัวอย่างแบบแบ่งชั้น (Stratified Random Sampling) โดยจำแนกประชากรออกตามพื้นที่ทั้ง 6 ภาค แล้วนำกลุ่มตัวอย่างที่ได้มาแบ่งกลุ่มอีกครั้งในขั้นที่สอง ผู้วิจัยกำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่างโดยใช้วิธีการกำหนดกลุ่มตัวอย่างตามกฎแห่ง

ความชัดเจน (Rule of Thumb) ได้จำนวนกลุ่มตัวอย่าง เท่ากับ 384 ราย เนื่องจากจำนวนผู้บริโภคสินค้าออนไลน์ในแต่ละกลุ่มไม่เท่ากัน ผู้วิจัยจึงใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบแบ่งชั้น (Stratified Random Sampling) อย่างเป็นสัดส่วน เพื่อให้ได้กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 384 ราย เพื่อให้ได้ตัวแทนในแต่ละจังหวัด และขั้นที่สาม เลือกสุ่มตัวแทนแต่ละจังหวัดด้วยวิธีการสุ่มอย่างง่าย (Simple Random Sampling) เพื่อให้ได้ตัวแทนจากแต่ละกลุ่ม

2. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

การศึกษาในครั้งนี้ ใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือในการวิจัย โดยแบบสอบถามแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม ส่วนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับการตลาดดิจิทัล และส่วนที่ 3 เป็นข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมการซื้อ โดยส่วนที่ 1 เป็นคำตอบแบบให้เลือกตอบ (Check List) ส่วนที่ 2 และ ส่วนที่ 3 เป็นคำตอบแบบเลือกตอบ 5 ระดับ (Rating Scale) คือ 5 หมายถึงระดับมากที่สุด 4 หมายถึงระดับมาก 3 หมายถึงระดับปานกลาง 2 หมายถึงระดับน้อย และ 1 หมายถึงระดับน้อยที่สุด

ผู้วิจัยทำการทดสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือ โดยการตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน ได้ค่า IOC เท่ากับ 1.00 ซึ่งสอดคล้องกับ สุทิติ ขัตติยะ และวิไลลักษณ์ สุวจิตตานนท์ (2554) ที่นำเสนอว่า ค่า IOC มีค่ามากกว่า 0.6 นั้นเป็นระดับความเที่ยงตรงที่ยอมรับได้ และการหาค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบถาม โดยใช้ค่าสัมประสิทธิแอลฟ่า (Alpha Coefficient) ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิแอลฟา เท่ากับ 0.889 ซึ่งสอดคล้องกับ สุทิติ ขัตติยะ และวิไลลักษณ์ สุวจิตตานนท์ (2554) ที่ให้แนวคิดว่า ค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาที่ยอมรับได้ต้องมีค่ามากกว่า 0.7

3. การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้ในการวิจัย

สำหรับการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ใช้สถิติการหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการวิเคราะห์สหสัมพันธ์พหุคูณและการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ เพื่อทดสอบความสัมพันธ์และผลกระทบของพฤติกรรมการซื้อ ซึ่งเขียนสมการได้ ดังนี้

สมการ PB = $\beta_0 + \beta_1 DM1 + \beta_2 DM2 + \beta_3 DM3 + \beta_3 DM4 + \beta_3 DM5 + \varepsilon$

PB แทน คะแนนเฉลี่ยความคิดเห็นเกี่ยวกับพฤติกรรมการซื้อโดยรวม

DM1 แทน คะแนนเฉลี่ยความคิดเห็นเกี่ยวกับการตลาดดิจิทัล ด้านเว็บไซต์

DM2 แทน คะแนนเฉลี่ยความคิดเห็นเกี่ยวกับการตลาดดิจิทัล ด้านการตลาดเชิงเนื้อหา

DM3 แทน คะแนนเฉลี่ยความคิดเห็นเกี่ยวกับการตลาดดิจิทัล ด้านจดหมายอิเล็กทรอนิกส์

DM4 แทน คะแนนเฉลี่ยความคิดเห็นเกี่ยวกับการตลาดดิจิทัล ด้านการครองหน้าแรกของ Google (SEO)

DM5 แทน คะแนนเฉลี่ยความคิดเห็นเกี่ยวกับการตลาดดิจิทัล ด้านสื่อสังคมออนไลน์

การแปลผลข้อมูลค่าเฉลี่ยด้วยวิธีการหาอันตรภาคชั้น

4.21-5.00	หมายถึง	มากที่สุด
3.41-4.20	หมายถึง	มาก
2.61-3.40	หมายถึง	ปานกลาง
1.81-2.60	หมายถึง	น้อย
1.00-1.80	หมายถึง	น้อยที่สุด

ผลการวิจัย

ตารางที่ 1 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการตลาดดิจิทัล

การตลาดดิจิทัล	$\overline{X}$	S.D.	แปลความหมาย	ลำดับ
เว็บไซต์	4.43	0.55	มากที่สุด	2
การตลาดเชิงเนื้อหา	4.18	0.53	มาก	4
จดหมายอิเล็กทรอนิกส์	4.07	0.47	มาก	5
การครองหน้าแรกของ Google (SEO)	4.39	0.46	มากที่สุด	3
สื่อสังคมออนไลน์	4.49	0.40	มากที่สุด	1
รวม	4.31	0.42	มากที่สุด	

จากตารางที่ 1 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการตลาดดิจิทัล พบว่า ผู้บริโภคมีระดับการตลาดดิจิทัล ในภาพรวมอยู่ในระดับ "มากที่สุด" ($\overline{X}$ =4.31, S.D.=0.42) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า สื่อสังคมออนไลน์มากที่สุด อยู่ในระดับ "มากที่สุด" ($\overline{X}$ =4.49, S.D.=0.40) รองลงมาคือด้านเว็บไซต์ อยู่ในระดับ "มากที่สุด" ($\overline{X}$ =4.43, S.D.=0.55) ด้านการครองหน้าแรกของ Google (SEO) อยู่ในระดับ "มากที่สุด" ($\overline{X}$ =4.39, S.D.=0.46) ด้านการตลาดเชิงเนื้อหา อยู่ในระดับ "มาก" ($\overline{X}$ =4.18, S.D.=0.53) และด้านจดหมายอิเล็กทรอนิกส์ อยู่ในระดับ "มาก" ($\overline{X}$ =4.07, S.D.=0.47) ตามลำดับ

ตารางที่ 2 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของพฤติกรรมการซื้อ

พฤติกรรมการซื้อ	$\overline{X}$	S.D.	แปลความหมาย	ลำดับ
1. ท่านตัดสินใจซื้อสินค้าออนไลน์ที่สามารถแก้ไขปัญหาของท่านได้	4.21	0.63	มากที่สุด	10
2. ท่านตัดสินใจซื้อสินค้าออนไลน์ที่ไม่ส่งผลข้างเคียงต่อจากการใช้งาน	4.30	0.59	มากที่สุด	2
3. ท่านตัดสินใจซื้อสินค้าออนไลน์ที่สามารถตอบสนองความต้องการได้ดีกว่า	4.22	0.70	มากที่สุด	6
4. ท่านมีการค้นหาข้อมูลสินค้าจากสื่อต่างๆ ก่อนการตัดสินใจซื้อสินค้าออนไลน์	4.26	0.65	มากที่สุด	3
5. ท่านมีการศึกษาข้อมูลสินค้าจากตัวแทนจำหน่ายและเว็บไซต์ออนไลน์ เช่น Facebook, Live สด หรือบิวตี้บล็อกเกอร์ ก่อนการตัดสินใจซื้อสินค้าออนไลน์	4.50	0.58	มากที่สุด	1
6. ท่านมีการศึกษาข้อมูลสินค้าจากหน่วยงานที่รับรองมาตรฐานสินค้าก่อนการตัดสินใจซื้อสินค้าออนไลน์	4.23	0.71	มากที่สุด	5
7. ท่านตัดสินใจซื้อสินค้าออนไลน์โดยคำนึงถึงผลประโยชน์ที่ได้จากการใช้ผลิตภัณฑ์นั้น	4.21	0.69	มากที่สุด	9

พฤติกรรมการซื้อ	$\overline{X}$	S.D.	แปลความหมาย	ลำดับ
8. ท่านค้นหาสินค้าออนไลน์ที่มีคุณภาพสูงแต่ราคาต่ำกว่า	4.11	0.64	มาก	13
9. ท่านค้นหาสินค้าออนไลน์ที่สามารถตอบสนองความต้องการของตนเองมากที่สุด	4.08	0.66	มาก	15
10. ท่านตัดสินใจซื้อสินค้าออนไลน์ที่ท่านชื่นชอบมากที่สุด	4.04	0.59	มาก	16
11. ท่านตัดสินใจซื้อสินค้าออนไลน์จากตราสินค้าที่มีการโฆษณาเป็นที่รู้จักทั่วไป และมีการรีวิวว่าใช้ดี	4.13	0.58	มาก	12
12. ท่านตัดสินใจซื้อสินค้าออนไลน์ตามรายได้ที่มีและความสามารถจ่ายได้	4.14	0.63	มาก	11
13. ท่านตัดสินใจซื้อสินค้าออนไลน์เพราะพนักงานได้นำเสนอส่วนลดหรือของแถม	4.21	0.72	มากที่สุด	8
14. ท่านจะแนะนำบุคคลอื่นให้มาซื้อสินค้าออนไลน์	4.22	0.67	มากที่สุด	7
15. ท่านจะกลับมาซื้อสินค้าออนไลน์อีกครั้ง	4.24	0.70	มากที่สุด	4
16. เมื่อมีคนเข้าใจผิดเกี่ยวกับสินค้าออนไลน์ท่านจะพยายามอธิบายให้เข้าใจในสิ่งที่ถูกต้อง	4.10	0.62	มาก	14
รวม	4.20	0.27	มาก	

จากตารางที่ 2 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของพฤติกรรมการซื้อ พบว่า ผู้บริโภคมีระดับพฤติกรรมการซื้อ ในภาพรวมอยู่ในระดับ “มาก” ($\overline{X}$ = 4.20, S.D. = 0.27) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า ท่านมีการศึกษาข้อมูลสินค้าจากตัวแทนจำหน่ายและเว็บไซต์ออนไลน์ เช่น Facebook, Live สด หรือบิวตี้บล็อกเกอร์ ก่อนการตัดสินใจซื้อสินค้าออนไลน์มากที่สุด อยู่ในระดับ “มากที่สุด” ($\overline{X}$ = 4.50, S.D. =0.58) รองลงมาคือ ท่านตัดสินใจซื้อสินค้าออนไลน์ที่ไม่ส่งผลข้างเคียงต่อจากการใช้งาน อยู่ในระดับ “มากที่สุด” ($\overline{X}$ =4.30, S.D. =0.59) ท่านมีการค้นหาข้อมูลสินค้าจากสื่อต่างๆ ก่อนการตัดสินใจซื้อสินค้าออนไลน์ อยู่ในระดับ “มากที่สุด” ($\overline{X}$ =4.26, S.D. =0.65) ท่านจะกลับมาซื้อสินค้าออนไลน์อีกครั้ง อยู่ในระดับ “มากที่สุด” ($\overline{X}$ =4.24, S.D. =0.70) ท่านมีการศึกษาข้อมูลสินค้าจากหน่วยงานที่รับรองมาตรฐานสินค้าก่อนการตัดสินใจซื้อสินค้าออนไลน์ อยู่ในระดับ “มากที่สุด” ($\overline{X}$ =4.23, S.D. =0.71) ท่านตัดสินใจซื้อสินค้าออนไลน์ที่สามารถตอบสนองความต้องการได้ดีกว่า อยู่ในระดับ “มากที่สุด” ($\overline{X}$ =4.22, S.D. =0.70) ท่านจะแนะนำบุคคลอื่นให้มาซื้อสินค้าออนไลน์ อยู่ในระดับ “มากที่สุด” ($\overline{X}$ =4.22, S.D. =0.67) ท่านตัดสินใจซื้อสินค้าออนไลน์เพราะพนักงานได้นำเสนอส่วนลดหรือของแถม อยู่ในระดับ “มากที่สุด” ($\overline{X}$ =4.21, S.D. =0.72) ท่านตัดสินใจซื้อสินค้าออนไลน์โดยคำนึงถึงผลประโยชน์ที่ได้จากการใช้ผลิตภัณฑ์นั้น อยู่ในระดับ “มากที่สุด” ($\overline{X}$ =4.21, S.D. =0.69) ท่านตัดสินใจซื้อสินค้าออนไลน์ที่สามารถแก้ไขปัญหาของท่านได้ อยู่ในระดับ “มากที่สุด” ($\overline{X}$ =4.21, S.D. =0.63) ท่านตัดสินใจซื้อสินค้าออนไลน์ตามรายได้ที่มีและความสามารถจ่ายได้ อยู่ในระดับ “มาก” ($\overline{X}$ =4.14, S.D. =0.63) ท่านตัดสินใจซื้อสินค้าออนไลน์จากตราสินค้าที่มีการโฆษณาเป็นที่รู้จักทั่วไป และมีการรีวิวว่าใช้ดี อยู่ในระดับ “มาก” ($\overline{X}$ =4.13, S.D. =0.58) ท่านค้นหาสินค้าออนไลน์ที่มีคุณภาพสูงแต่ราคาต่ำกว่า อยู่ในระดับ “มาก” ($\overline{X}$ =4.11, S.D. =0.64) เมื่อมีคนเข้าใจผิดเกี่ยวกับสินค้าออนไลน์ท่านจะพยายามอธิบายให้เข้าใจในสิ่งที่ถูกต้อง อยู่ในระดับ “มาก” ($\overline{X}$ =4.10, S.D.

=0.62) ท่านค้นหาสินค้าออนไลน์ที่สามารถตอบสนองความต้องการของตนเองมากที่สุด อยู่ในระดับ "มาก" ($\overline{X}$ =4.08, S.D. =0.66) และท่านตัดสินใจซื้อสินค้าออนไลน์ที่ท่านชื่นชอบมากที่สุด อยู่ในระดับ "มาก" ($\overline{X}$ =4.04, S.D. =0.59) ตามลำดับ

ตาราง 3 การวิเคราะห์สหสัมพันธ์ของการดิจิทัลกับพฤติกรรมการซื้อ

ตัวแปร	เว็บไซต์	การตลาดเชิงเนื้อหา	จดหมายอิเล็กทรอนิกส์	การครองหน้าแรกของ Google (SEO)	สื่อสังคมออนไลน์	พฤติกรรมการซื้อ
เว็บไซต์	-	0.365**	0.418**	0.586**	0.497**	0.421**
การตลาดเชิงเนื้อหา		-	0.552**	0.598**	0.599**	0.568**
จดหมายอิเล็กทรอนิกส์			-	0.416**	0.342**	0.415**
การครองหน้าแรกของ Google (SEO)				-	0.425**	0.559**
สื่อสังคมออนไลน์					-	0.598**
พฤติกรรมการซื้อ						-

หมายเหตุ: ** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

จากตาราง 3 จะเห็นได้ว่า ค่าความสัมพันธ์ของเว็บไซต์ การตลาดเชิงเนื้อหา จดหมายอิเล็กทรอนิกส์ การครองหน้าแรกของ Google (SEO) และสื่อสังคมออนไลน์กับพฤติกรรมการซื้อ พบว่า คู่ที่มีความสัมพันธ์กันสูงสุดคือ สื่อสังคมออนไลน์กับการตลาดเชิงเนื้อหา มีความสัมพันธ์ 0.599 ซึ่งมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 คู่ที่มีความสัมพันธ์รองลงมาคือ การตลาดเชิงเนื้อหากับการครองหน้าแรกของ Google (SEO) มีความสัมพันธ์ 0.598 เว็บไซต์กับการครองหน้าแรกของ Google (SEO) มีความสัมพันธ์ 0.586 การตลาดเชิงเนื้อหากับจดหมายอิเล็กทรอนิกส์ มีความสัมพันธ์ 0.552 เว็บไซต์กับสื่อสังคมออนไลน์ มีความสัมพันธ์ 0.497 การครองหน้าแรกของ Google (SEO) กับสื่อสังคมออนไลน์ มีความสัมพันธ์ 0.425 เว็บไซต์กับจดหมายอิเล็กทรอนิกส์ มีความสัมพันธ์ 0.418 จดหมายอิเล็กทรอนิกส์กับการครองหน้าแรกของ Google (SEO) มีความสัมพันธ์ 0.416 เว็บไซต์กับการตลาดเชิงเนื้อหา มีความสัมพันธ์ 0.365 และ จดหมายอิเล็กรอนิกส์กับสื่อสังคมออนไลน์ มีความสัมพันธ์ 0.342 ซึ่งมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

ทุกค่าความสัมพันธ์ของภาพรวมระหว่างเว็บไซต์ การตลาดเชิงเนื้อหา จดหมายอิเล็กทรอนิกส์ การครองหน้าแรกของ Google (SEO) และสื่อสังคมออนไลน์กับพฤติกรรมการซื้อ พบว่า สื่อสังคมออนไลน์กับพฤติกรรมการซื้อ 0.598 การตลาดเชิงเนื้อหากับพฤติกรรมการซื้อ 0.568 การครองหน้าแรกของ Google (SEO) กับพฤติกรรมการซื้อ 0.559 เว็บไซต์กับพฤติกรรมการซื้อ 0.4210 และจดหมายอิเล็กทรอนิกส์กับพฤติกรรมการซื้อ 0.415 โดยแต่ละตัวแปรมีค่าความสัมพันธ์กันอยู่ระหว่าง 0.342-0.598 ซึ่งมีความสัมพันธ์กันอยู่ในระดับปานกลาง ดังนั้น จึงไม่ทำให้เกิดปัญหา Multicollinearity ดังนั้น ตัวแปรทั้งหมดจึงมีความเหมาะสมที่จะนำไปวิเคราะห์การถดถอยพหูคูณ (Black, 2006)

ตาราง 4 การทดสอบความสัมพันธ์ของสัมประสิทธิ์การถดถอยการตลาดดิจิทัลกับพฤติกรรมการซื้อ

การตลาดดิจิทัล	พฤติกรรมการซื้อ			t	p-value
	สัมประสิทธิ์การถดถอย	ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน	เบต้า		
ค่าคงที่ (a)	2.381	.413		5.215	.000**
เว็บไซต์	0.342	.169	.498	1.725	.000**
การตลาดเชิงเนื้อหา	0.353	.139	.505	1.956	.000**
จดหมายอิเล็กทรอนิกส์	0.252	.102	.323	1.417	.000**
การครองหน้าแรกของ Google (SEO)	0.413	.230	.455	1.351	.000**
สื่อสังคมออนไลน์	0.480	.188	.574	2.548	.000**
$F = 35.452$, $P < 0.000$, Adj $R^2 = 0.586$, $R^2 = 0.677$, $R = 0.823$, $SE_{est} = 0.524$					

หมายเหตุ: ** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

จากตาราง 4 จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบของการตลาดดิจิทัลกับพฤติกรรมการซื้อ โดยใช้การวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณ พบว่า ปัจจัยที่สามารถร่วมกันทำนายพฤติกรรมการซื้อ ได้แก่ เว็บไซต์ การตลาดเชิงเนื้อหา จดหมายอิเล็กทรอนิกส์ การครองหน้าแรกของ Google (SEO) และสื่อสังคมออนไลน์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 0.01 ($F = 35.452$, p-value < 0.01) และสามารถอธิบายความแปรปรวนของตัวแปรตามได้ในระดับสูง โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณ 0.823 และมีความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการพยากร (SE_{est}) เท่ากับ ±0.5264 ซึ่งตัวแปรทั้งห้าสามารถอธิบายพฤติกรรมการซื้อได้ร้อยละ 67.70 ($R^2 = 0.677$) ยืนยันความเหมาะสมของโมเดล

เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยแบบไม่ถ่วงน้ำหนัก (Unstandardized Coefficients) พบว่า ตัวแปรอิสระทุกตัวมีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการซื้อ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 โดยค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยในรูปแบบคะแนนมาตรฐาน (β) และค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยในรูปแบบคะแนนดิบ (b) สูงสุดคือ สื่อสังคมออนไลน์ ($\beta = 0.574$, $b = 0.480$) รองลงมาคือ การตลาดเชิงเนื้อหา ($\beta = 0.505$, $b = 0.353$) เว็บไซต์ ($\beta = 0.498$, $b = 0.342$) การครองหน้าแรกของ Google (SEO) ($\beta = 0.455$, $b = 0.413$) และจดหมายอิเล็กทรอนิกส์ ($\beta = 0.323$, $b = 0.252$) สามารถสร้างเป็นสมการพยากรณ์พฤติกรรมการซื้อ ได้ดังนี้

พฤติกรรมการซื้อ = 2.381 + 0.342 (เว็บไซต์) + 0.353 (การตลาดเชิงเนื้อหา) + 0.252 (จดหมายอิเล็กทรอนิกส์) + 0.413 (การครองหน้าแรกของ Google (SEO)) + 0.480 (สื่อสังคมออนไลน์)

การอภิปรายผล

การตลาดดิจิทัลมีอิทธิพลทางบวกต่อพฤติกรรมการซื้อ ทั้งนี้เนื่องมาจากผู้บริโภคส่วนใหญ่มีการศึกษาข้อมูลสินค้าจากตัวแทนจำหน่ายและเว็บไซต์และสื่อสังคมออนไลน์ต่างๆ เช่น Facebook, Live สด หรือบิวตี้บล็อกเกอร์ ก่อนการตัดสินใจซื้อสินค้าออนไลน์ และมีการค้นหาข้อมูลสินค้าจากสื่อต่างๆ ก่อนการตัดสินใจซื้อสินค้าออนไลน์โดยการตัดสินใจซื้อสินค้าออนไลน์ที่ไม่ส่งผลข้างเคียงต่อจากการใช้งาน ทำให้เห็นว่ากลยุทธ์การตลาดดิจิทัลโดยรวมมีพลังในการอธิบายพฤติกรรมการซื้อสินค้าออนไลน์ได้อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งสะท้อนถึงการเปลี่ยนแปลงเชิงโครงสร้างของพฤติกรรมผู้บริโภคชาวไทยที่ได้รับการยืนยันจาก Srisathan & Naruetharadhol (2022) ว่าวิกฤตโควิด-19 ได้เร่งรัดการเปลี่ยนผ่านสู่พฤติกรรมดิจิทัลอย่างถาวร โดยเฉพาะในด้านการซื้อสินค้าออนไลน์และการพึ่งพาช่องทางดิจิทัลในกระบวนการตัดสินใจซื้อ ผลการวิจัยนี้จึงมีความสอดคล้องกับบริบทตลาดดิจิทัลไทยในปัจจุบัน ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Masfer & Helmi (2025) ที่พบว่ากลยุทธ์การตลาดดิจิทัลในแพลตฟอร์มพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์มีอิทธิพลเชิงบวกต่อพฤติกรรมการซื้อออนไลน์อย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะเมื่อกลยุทธ์ดังกล่าวสามารถสร้างความไว้วางใจและประสบการณ์ที่ราบรื่นแก่ผู้ใช้ นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Khanfar et al. (2024) ที่ยืนยันว่าเครื่องมือการตลาดออนไลน์ทุกประเภทล้วนมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับการตัดสินใจซื้อของลูกค้า และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Rowi et al. (2024) ที่พบว่าการบูรณาการกลยุทธ์การตลาดดิจิทัลหลายช่องทางมีอิทธิพลเชิงบวกต่อการมีส่วนร่วมของลูกค้าและความภักดีในตราสินค้า ซึ่งนำไปสู่พฤติกรรมการซื้อซ้ำในระยะยาว

บทสรุป

ตัวแปรการตลาดดิจิทัล ประกอบด้วย เว็บไซต์ การตลาดเชิงเนื้อหา จดหมายอิเล็กทรอนิกส์ การครองหน้าแรก และสื่อสังคมออนไลน์ มีอิทธิพลทางบวกต่อพฤติกรรมการตัดสินใจซื้อสินค้าออนไลน์ของผู้บริโภคในประเทศไทย ดังนั้นผู้ประกอบการขายสินค้าออนไลน์ควรให้ความสำคัญกับพฤติกรรมการซื้อสินค้าของผู้บริโภค และควรใช้การตลาดดิจิทัลโดยเฉพาะการใช้สื่อสังคมออนไลน์ในการช่วยทำการตลาดดิจิทัลในปัจจุบันมากที่สุด

ข้อเสนอแนะในการวิจัยต่อไป

ควรมีการศึกษาปัจจัยด้านกลยุทธ์การตลาดออนไลน์เพิ่มเติมประกอบเพื่อดูอิทธิพลของกลยุทธ์การตลาดออนไลน์ว่ามีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการซื้อหรือไม่

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน ในการให้ทุนอุดหนุนโครงการด้านวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2569 ในการดำเนินการวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

สุทิติ ขัตติยะ และวิไลลักษณ์ สุวจิตตานนท์. (2554). แบบแผนการวิจัยและสถิติ. กรุงเทพฯ: บจ.ประยูรวงศ์พริ้นติ้ง.

Black, K. (2006). Business statistics for contemporary decision making 4th ed. USA : John Wiley & Son.

Ajzen, I. (1991). The theory of planned behavior. Organizational Behavior and Human Decision Processes, 50(2), 179–211. https://doi.org/10.1016/0749-5978(91)90020-T

Baltes, L. P. (2015). Content marketing – the fundamental tool of digital marketing. Bulletin of the Transilvania University of Brasov. 8(2): 111–118.

Blackwell, R. D., Miniard, P. W., & Engel, J. F. (2006). Consumer behavior (10th ed.). Thomson South-Western.

Chaffey, D., & Ellis-Chadwick, F. (2019). Digital marketing: Strategy, implementation and practice (7th ed.). Pearson Education.

Chikandiwa, S. T., Contogiannis, E., & Jembere, E. (2013). The adoption of social media marketing in South African banks. European Business Review. 25(4): 365–381. https://doi.org/10.1108/EBR-02-2013-0013

Cochran, W. G. (1977). Sampling Techniques (3rd ed.). New York: John Wiley & Sons.

Darley, W. K., Blankson, C., & Luethge, D. J. (2010). Toward an integrated framework for online consumer behavior and decision making process: A review. Psychology & Marketing. 27(2): 94–116. https://doi.org/10.1002/mar.20322

Davis, F. D. (1989). Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. MIS Quarterly, 13(3), 319–340. https://doi.org/10.2307/249008

Dehghani, M., & Tumer, M. (2015). A research on effectiveness of Facebook advertising on enhancing purchase intention of consumers. Computers in Human Behavior. 49: 597–600. https://doi.org/10.1016/j.chb.2015.03.051

Dwivedi, Y. K., Ismagilova, E., Hughes, D. L., Carlson, J., Filieri, R., Jacobson, J., Jain, V., Karjaluoto, H., Kefi, H., Krishen, A. S., Kumar, V., Rahman, M. M., Raman, R., Rauschnabel, P. A., Rowley, J., Salo, J., Tran, G. A., & Wang, Y. (2021). Setting the future of digital and social media marketing research: Perspectives and research propositions. International Journal of Information Management. 59: 102168. https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2020.102168

Engel, J. F., Blackwell, R. D., & Miniard, P. W. (1995). Consumer behavior (8th ed.). Dryden Press.

ETDA. (2023). รายงานมูลค่าพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ในประเทศไทย ปี 2566. สำนักงานพัฒนาธุรกรรมทางอิเล็กทรอนิกส์.

Gefen, D., Karahanna, E., & Straub, D. W. (2003). Trust and TAM in online shopping: An integrated model. MIS Quarterly. 27(1): 51–90. https://doi.org/10.2307/30036519

Gensler, S., Völckner, F., Liu-Thompkins, Y., & Wiertz, C. (2013). Managing brands in the social media environment. Journal of Interactive Marketing. 27(4): 242–256. https://doi.org/10.1016/j.intmar.2013.09.004

Holliman, G., & Rowley, J. (2014). Business to business digital content marketing: Marketers' perceptions of best practice. Journal of Research in Interactive Marketing. 8(4): 269–293. https://doi.org/10.1108/JRIM-02-2014-0013

Howard, J. A., & Sheth, J. N. (1969). The theory of buyer behavior. John Wiley & Sons.

Järvinen, J., & Karjaluoto, H. (2015). The use of Web analytics for digital marketing performance measurement. Industrial Marketing Management. 50: 117–127. https://doi.org/10.1016/j.indmarman .2015.04.009

Kannan, P. K., & Li, H. A. (2017). Digital marketing: A framework, review and research agenda. International Journal of Research in Marketing. 34(1): 22–45. https://doi.org/10.1016/j.ijresmar.2016.11.006

Karimi, S., & Naghibi, H. S. (2015). Social media marketing (SMM) strategies for small to medium enterprises (SMEs). International Journal of Information, Business and Management. 7(4): 86–98.

Khanfar, I. A. A., Dalbah, I., Atteyh, A. A., & Al-Shaikh, M. S. (2024). Impact of online marketing tools on customers' purchasing decisions. International Journal of Data and Network Science. 8(2): 1023–1034. https://doi.org/10.5267/j.ijdns.2024.1.009

Khaniwale, M. (2015). Consumer buying behavior. International Journal of Innovation and Scientific Research. 14(2): 278–286.

Kim, A. J., & Ko, E. (2012). Do social media marketing activities enhance customer equity? An empirical study of luxury fashion brand. Journal of Business Research. 65(10): 1480–1486. https://doi.org/10.1016 /j.jbusres.2011.10.014

Kotler, P., & Armstrong, G. (2018). Principles of marketing (17th ed.). Pearson Education.

Leeflang, P. S. H., Verhoef, P. C., Dahlström, P., & Freundt, T. (2014). Challenges and solutions for marketing in a digital era. European Management Journal. 32(1): 1–12. https://doi.org/10.1016/ j.emj.2013.12.001

Lim, J., & Tan, C. Y. (2023). Determinants of online purchase intention among Millennials in Singapore: A marketing mix perspective. Journal of Retailing and Consumer Services, 75, 103479. https://doi.org/10.1016/j.jretconser.2023.103479

Lim, Y. J., Osman, A., Salahuddin, S. N., & Romle, A. R. (2016). Factors influencing online shopping behavior: The mediating role of purchase intention. Procedia Economics and Finance. 35: 401–410. https://doi.org/10.1016/S2212-5671(16)00050-2

Masfer, H. M., & Helmi, M. A. (2025). The role of digital marketing in shaping consumer behavior in e-commerce platforms. International Journal of Professional Business Review. 10(3): e05420. https://doi.org/10.26668/businessreview/2025.v10i3.5420

Patrutiu-Baltes, L. (2016). Inbound marketing – the most important digital marketing strategy. Bulletin of the Transilvania University of Brasov. 9(2): 61–68.

Pavlou, P. A. (2003). Consumer acceptance of electronic commerce: Integrating trust and risk with the technology acceptance model. International Journal of Electronic Commerce. 7(3): 101–134. https://doi.org/10.1080/10864415.2003.11044275

Puriwat, W., & Tripopsakul, S. (2021). The role of viral marketing in social media on brand recognition and preference. Emerging Science Journal. 5(6): 855–867. https://doi.org/10.28991/esj-2021-01308

Ramsaran-Fowdar, R. R., & Fowdar, S. (2013). The implications of Facebook marketing for organizations. Contemporary Management Research. 9(1): 73–84. https://doi.org/10.7903/cmr.9710

Rowi, A. S., Wahyudi, M. A., Oswari, T., & Purwoko, B. (2024). The role of digital marketing strategies in enhancing customer engagement and brand loyalty: A study of e-commerce platforms. International Journal of Business, Law, and Education. 5(2): 2778–2788. http://ijble.com/index.php/journal/article/view/936

Ryan, D. (2020). Understanding digital marketing: Marketing strategies for engaging the digital generation (5th ed.). Kogan Page.

Schiffman, L. G., & Kanuk, L. L. (2014). Consumer behavior (11th ed.). Pearson Education.

Schiffman, L. G., & Wisenblit, J. (2019). Consumer behavior (12th ed.). Pearson Education.

Solomon, M. R. (2015). Consumer behavior: Buying, having, and being (11th ed.). Pearson Education.

Srisathan, W. A., & Naruetharadhol, P. (2022). A COVID-19 disruption: The great acceleration of digitally planned and transformed behaviors in Thailand. Technology in Society. 68: 101912. https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2021.101912

Stelzner, M. A. (2014). Social media marketing industry report: How marketers are using social media to grow their businesses. Social Media Examiner.

Tandon, U., Kiran, R., & Sah, A. N. (2017). Analyzing customer satisfaction: Users perspective towards online shopping. Nankai Business Review International. 8(3): 266–288. https://doi.org/10.1108/NBRI-04-2016-0012

Todor, R. D. (2016). Blending traditional and digital marketing. Bulletin of the Transilvania University of Brasov. 9(1): 51–56.

Tuten, T. L., & Solomon, M. R. (2018). Social media marketing (3rd ed.). SAGE Publications.

Vinerean, S., Cetina, I., Dumitrescu, L., & Tichindelean, M. (2013). The effects of social media marketing on online consumer behavior. International Journal of Business and Management. 8(14): 66–79. https://doi.org/10.5539/ijbm.v8n14p66

Wongsansukcharoen, J. (2022). Effect of community relationship management, relationship marketing orientation, customer engagement, and brand trust on brand loyalty: The case of a commercial bank in Thailand. Journal of Retailing and Consumer Services. 64: 102826. https://doi.org/10.1016/j.jretconser.2021.102826

Wymbs, C. (2011). Digital marketing: The time for a new academic major has arrived. Journal of Marketing Education. 33(1): 93–106. https://doi.org/10.1177/0273475310392544

Zeithaml, V. A. (1988). Consumer perceptions of price, quality, and value: A means-end model and synthesis of evidence. Journal of Marketing. 52(3): 2–22. https://doi.org/10.1177/002224298805200302

เครื่องมือทางบัญชีที่ส่งผลต่อความสำเร็จของกลยุทธ์การตลาดในธุรกิจขนาดกลางและขนาดย่อม

Accounting Tools Influencing the Success of Marketing Strategies in Small and Medium-sized Enterprises (SMEs)

สนธยา เรืองหิรัญ[1*] ภุชงค์ เมนะสินธุ์[1] ภคพร กระจาดทอง[1] และนฤมล โสภารัตนกุล[1]
Sonthaya Ruanghiran[1*], Puchong Manasin[1], Pakaporn Krachadthong[1] and Nauremol Soparattankul[1]

[1]คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต กรุงเทพฯ
[*]Corresponding Author E-mail Address : sonthaya_rua@dusit.ac.th

บทคัดย่อ

บทความวิชาการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเครื่องมือทางบัญชีที่มีอิทธิพลต่อความสำเร็จของกลยุทธ์การตลาดในธุรกิจขนาดกลางและขนาดย่อม (SMEs) โดยใช้วิธีการวิเคราะห์เชิงแนวคิดร่วมกับการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องอย่างเป็นระบบ ภายใต้บริบทของการแข่งขันทางธุรกิจที่มีความซับซ้อนและเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว SMEs จำเป็นต้องอาศัยข้อมูลเชิงลึกเพื่อสนับสนุนการตัดสินใจทางการตลาดอย่างมีประสิทธิภาพ ผลการศึกษาพบว่าเครื่องมือทางบัญชีที่มีบทบาทสำคัญประกอบด้วย 5 มิติหลัก ได้แก่ การจัดการต้นทุนอย่างมีประสิทธิภาพ การวิเคราะห์ความสามารถในการทำกำไรของลูกค้า การวางแผนและควบคุมงบประมาณการตลาด ระบบสารสนเทศทางบัญชี รวมถึงการใช้ข้อมูลบัญชีเพื่อการตัดสินใจเชิงกลยุทธ์ ปัจจัยเหล่านี้ช่วยให้ผู้ประกอบการสามารถประเมินความคุ้มค่าและประสิทธิผลของกิจกรรมทางการตลาดได้อย่างเป็นระบบ อีกทั้งยังช่วยลดความไม่แน่นอนในการดำเนินธุรกิจ นอกจากนี้การบูรณาการข้อมูลทางบัญชีกับข้อมูลการตลาด เช่น พฤติกรรมผู้บริโภคและแนวโน้มตลาด ช่วยเพิ่มความแม่นยำในการกำหนดกลยุทธ์และการเลือกกลุ่มเป้าหมาย ส่งผลให้ธุรกิจสามารถใช้ทรัพยากรได้อย่างเหมาะสมและเกิดประโยชน์สูงสุด การใช้ตัวชี้วัดทางบัญชี เช่น ผลตอบแทนจากการลงทุนด้านการตลาด (Marketing ROI) ยังเป็นเครื่องมือสำคัญในการติดตามและประเมินผลลัพธ์ของกลยุทธ์ที่นำไปใช้ บทความนี้จึงเสนอแนวทางในการประยุกต์ใช้ข้อมูลทางบัญชีเพื่อสนับสนุนการวางแผน การดำเนินงาน และการประเมินผลกลยุทธ์การตลาดของ SMEs อย่างเป็นระบบ เพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขัน สร้างความยั่งยืนทางธุรกิจ และรองรับการเปลี่ยนแปลงในสภาพแวดล้อมทางเศรษฐกิจในระยะยาว

คำสำคัญ: การบัญชี ธุรกิจขนาดกลางและขนาดย่อม ผลตอบแทนจากการลงทุนด้านการตลาด การตัดสินใจเชิงกลยุทธ์ ระบบสารสนเทศทางบัญชี

Abstract

This academic article aims to examine accounting tools influencing the success of marketing strategies in Small and Medium-sized Enterprises (SMEs). The study employs a conceptual analysis combined with a systematic literature review within the context of increasingly complex and dynamic business environments, where SMEs must rely on insightful data to support effective marketing decisions. The findings indicate that key accounting tools consist of five dimensions: cost management, customer profitability analysis, marketing budgeting, accounting information systems (AIS), and the use of accounting information for strategic decision-making. These factors play a crucial role in enhancing the efficiency and effectiveness of marketing activities. In particular, effective cost management enables firms to set competitive pricing strategies, while customer profitability analysis helps identify high-value customer segments. Additionally, structured marketing budgeting supports better allocation of limited resources and minimizes unnecessary expenditures. Furthermore, the integration of accounting information with market data, such as consumer behavior and market trends, enhances the accuracy of strategic planning and target market selection. This integration allows SMEs to optimize resource utilization and improve overall performance. The use of accounting-based performance indicators, especially Marketing Return on Investment (Marketing ROI), serves as an essential tool for monitoring and evaluating the outcomes of marketing strategies. This article proposes practical guidelines for applying accounting information to support the planning, implementation, and evaluation of marketing strategies in SMEs. Such integration is expected to strengthen competitive advantage, improve decision-making capabilities, and promote long-term business sustainability in a rapidly changing economic environment.

Keywords: Accounting, Small and Medium-sized Enterprises, Marketing ROI, Strategic Decision-Making, Accounting Information Systems (AIS)

บทนำ

ในบริบทของการแข่งขันที่ทวีความรุนแรงและพลวัตความผันผวนของสภาพแวดล้อมทางธุรกิจในยุคดิจิทัล ธุรกิจขนาดกลางและขนาดย่อม (Small and Medium-sized Enterprises: SMEs) จำเป็นต้องยกระดับการพัฒนากลยุทธ์การตลาดเชิงรุกเพื่อสร้างและรักษาความได้เปรียบทางการแข่งขันอย่างยั่งยืน (Kraus et al., 2020; Dwivedi et al., 2021) อย่างไรก็ตามองค์ความรู้ในปัจจุบันบ่งชี้ว่า “ความสำเร็จของกลยุทธ์การตลาด” มิได้ขึ้นอยู่เพียงมิติด้านความคิดสร้างสรรค์หรือความเข้าใจในพฤติกรรมผู้บริโภคเท่านั้น หากแต่ยังพึ่งพาขีดความสามารถขององค์กรในการบูรณาการข้อมูลเชิงปริมาณ โดยเฉพาะสารสนเทศทางบัญชีและการวิเคราะห์ข้อมูลขั้นสูง เพื่อสนับสนุนกระบวนการตัดสินใจเชิงกลยุทธ์อย่างเป็นระบบ (Appelbaum et al., 2022; Bhimani, 2020) มุมมองดังกล่าวมีความสอดคล้องกับแนวคิดการตัดสินใจบนฐานข้อมูล (Data-

Driven Decision-Making: DDDM) และความสามารถเชิงพลวัต (Dynamic Capabilities) ซึ่งมุ่งเน้นการปรับใช้ข้อมูลในฐานะทรัพยากรเชิงกลยุทธ์หลักเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มและเสริมสร้างศักยภาพทางการแข่งขันในระยะยาว

ข้อมูลทางบัญชี อาทิ ต้นทุนผลิตภัณฑ์ ต้นทุนทางการตลาด กำไรขั้นต้น และกระแสเงินสด ยังคงเป็นกลไกหลักในการประเมินความคุ้มค่า (Cost-Effectiveness) และผลตอบแทนจากการดำเนินกิจกรรมทางการตลาดอย่างเป็นรูปธรรม ซึ่งเมื่อบูรณาการร่วมกับเทคโนโลยีสารสนเทศและระบบการวิเคราะห์ข้อมูลขั้นสูง (Advanced Analytics) จะช่วยเพิ่มความแม่นยำในการวางแผนและการควบคุมกิจกรรมทางการตลาดเชิงกลยุทธ์ (Bhimani, 2020; Appelbaum et al., 2022) นอกจากนี้เครื่องมือด้านการบัญชีบริหารเชิงกลยุทธ์ (Strategic Management Accounting: SMA) ในยุคดิจิทัลได้วิวัฒนาการสู่การเชื่อมโยงข้อมูลทางการเงินเข้ากับฐานข้อมูลลูกค้าและพลวัตของตลาดในลักษณะฉับไว (Real-time Integration) ส่งผลให้ผู้บริหารสามารถกำหนดราคา การจัดสรรงบประมาณ และการออกแบบกลยุทธ์ได้อย่างยืดหยุ่น โดยมีหลักฐานเชิงประจักษ์รองรับการตัดสินใจอย่างมีประสิทธิภาพ (Turner, Weickgenannt, & Copeland, 2021)

ในทางกลับกันการขาดการบูรณาการระหว่างข้อมูลบัญชีกับข้อมูลการตลาดยังคงเป็นอุปสรรคสำคัญสำหรับวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม (SMEs) โดยเฉพาะในกลุ่มประเทศกำลังพัฒนา ซึ่งข้อจำกัดดังกล่าวอาจนำไปสู่การตัดสินใจที่ปราศจากข้อเท็จจริงเชิงประจักษ์รองรับและส่งผลให้เกิดความไร้ประสิทธิภาพในการจัดสรรทรัพยากร (Kraus et al., 2020) ด้วยเหตุนี้ แนวคิดผลตอบแทนจากการลงทุนทางการตลาด (Marketing Return on Investment: Marketing ROI) จึงได้รับความสำคัญเพิ่มขึ้นในฐานะเครื่องมือเชิงยุทธศาสตร์ที่เชื่อมโยงสัมพันธภาพระหว่างผลลัพธ์ทางการตลาดและสมรรถนะทางการเงินเข้าด้วยกันอย่างเป็นรูปธรรม พร้อมทั้งสนับสนุนการประเมินประสิทธิผลของกลยุทธ์ในเชิงปริมาณ (Hanssens & Pauwels, 2021)

ฐานข้อมูลเชิงประจักษ์ล่าสุดบ่งชี้ว่า การผสานรวมข้อมูลทางบัญชีเข้ากับมิติด้านการตลาดและเทคโนโลยีดิจิทัลมีส่วนสำคัญในการยกระดับผลการดำเนินงานขององค์กร (Firm Performance) และเสริมสร้างขีดความสามารถในการแข่งขันได้อย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะในบริบทของ SMEs ที่ดำเนินงานภายใต้ข้อจำกัดด้านทรัพยากร (Zhang et al., 2021; Troise et al., 2022) ดังนั้นการเสริมสร้างทักษะและความสามารถในการบูรณาการข้อมูลข้ามสายงานระหว่างการบัญชีและการตลาดจึงถือเป็น “ปัจจัยวิกฤตต่อความสำเร็จ” (Critical Success Factor) ที่ไม่อาจละเลยได้ในยุคปัจจุบัน

ดังนั้นบทความวิชาการฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์บทบาทเชิงยุทธศาสตร์ของเครื่องมือทางบัญชีที่ส่งผลต่อความสำเร็จของกลยุทธ์การตลาดในธุรกิจขนาดกลางและขนาดย่อม (SMEs) โดยใช้วิธีการทบทวนวรรณกรรมปัจจุบันอย่างเป็นระบบ พร้อมทั้งนำเสนอแนวทางเชิงบูรณาการในการใช้ข้อมูลทางบัญชีเพื่อสนับสนุนการบริหารจัดการการตลาด เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการตัดสินใจ ลดความเสี่ยงทางธุรกิจ และเสริมสร้างขีดความสามารถในการแข่งขันอย่างยั่งยืนในระยะยาว ทั้งนี้ขอบเขตการศึกษาครอบคลุมเครื่องมือทางบัญชีบริหาร 5 มิติหลัก ได้แก่ (1) การจัดการต้นทุน (2) การวิเคราะห์ความสามารถในการทำกำไรของลูกค้า (3) การจัดทำงบประมาณทางการตลาด (4) การวัดผลตอบแทนจากการลงทุนทางการตลาด (Marketing ROI) และ (5) ระบบสารสนเทศทางบัญชี

ภาพรวมแนวคิดและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

การบูรณาการระหว่างศาสตร์ด้านการบัญชีและการตลาดได้รับความสนใจอย่างแพร่หลายในองค์ความรู้ปัจจุบัน โดยเฉพาะในบริบทของธุรกิจขนาดกลางและขนาดย่อม (SMEs) ซึ่งปฏิบัติงานภายใต้ข้อจำกัดด้านทรัพยากรและความผันผวนของสภาวะตลาด แนวคิดดังกล่าวประยุกต์ใช้พื้นฐานจากการตัดสินใจบนฐานข้อมูล (Data-Driven Decision-Making) การบัญชีบริหารเชิงกลยุทธ์ (Strategic Management Accounting - SMA) และสมรรถนะเชิงพลวัต (Dynamic Capabilities) เพื่อมุ่งเน้นการใช้ข้อมูลเชิงลึกในการเสริมสร้างประสิทธิภาพการตัดสินใจเชิงกลยุทธ์ (Bhimani, 2020; Appelbaum et al., 2022; Troise et al., 2022) ผลการศึกษาในช่วงที่ผ่านมาตอกย้ำความสำคัญของการผสานรวมข้อมูลทางบัญชีและข้อมูลทางการตลาดในฐานะกลไกหลักที่ช่วยเพิ่มความแม่นยำในการวางแผนเชิงกลยุทธ์ ตลอดจนมีส่วนสำคัญในการขับเคลื่อนผลการดำเนินงานขององค์กรให้สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ (Hanssens & Pauwels, 2021; Zhang et al., 2021)

1. การจัดการต้นทุน (Cost Management)

การจัดการต้นทุนเป็นองค์ประกอบพื้นฐานของการบัญชีบริหารที่มีบทบาทสำคัญต่อการกำหนดกลยุทธ์การตลาด โดยเฉพาะในด้านการตั้งราคา (Pricing Strategy) และการควบคุมค่าใช้จ่ายทางการตลาด งานวิจัยระบุว่าการใช้เทคนิคการวิเคราะห์ต้นทุน เช่น การบัญชีต้นทุนตามกิจกรรม (Activity-Based Costing: ABC) และการกำหนดต้นทุนตามเป้าหมาย (Target Costing) ช่วยให้องค์กรสามารถระบุแหล่งที่มาของต้นทุนได้อย่างแม่นยำ และนำไปสู่การตัดสินใจเชิงกลยุทธ์ที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น (Bhimani, 2020) นอกจากนี้ธุรกิจขนาดกลางและขนาดย่อม (SMEs) ที่มีระบบการจัดการต้นทุนที่มีประสิทธิภาพสามารถเพิ่มความสามารถในการแข่งขันด้านราคา และรักษาอัตรากำไรได้ดีกว่าองค์กรที่ขาดข้อมูลต้นทุนที่ชัดเจน (Appelbaum et al., 2022) นอกจากนี้แนวคิด Value Chain Analysis ยังช่วยให้ผู้ประกอบการสามารถระบุกิจกรรมที่สร้างคุณค่าและกิจกรรมที่ก่อให้เกิดต้นทุนโดยไม่จำเป็น ซึ่งเป็นฐานสำคัญสำหรับการปรับกลยุทธ์การตลาดให้มีความคุ้มค่ามากยิ่งขึ้น (Drury, 2018)

ตัวอย่างเช่น ผลการประยุกต์ใช้ระบบต้นทุนฐานกิจกรรม (Activity-Based Costing: ABC) ในธุรกิจร้านกาแฟบ่งชี้ให้เห็นว่ากลุ่มผลิตภัณฑ์ "กาแฟพิเศษ" (Specialty Coffee) มีต้นทุนแฝงที่เกิดจากกระบวนการเตรียมและวัตถุดิบในระดับสูง ซึ่งส่งผลโดยตรงต่ออัตรากำไรที่ลดลง จากข้อค้นพบดังกล่าวผู้ประกอบการจึงได้ปรับกลยุทธ์การตลาดผ่านการกำหนดราคาใหม่สำหรับเมนูระดับพรีเมียม ควบคู่กับการใช้กิจกรรมส่งเสริมการขายเพื่อปรับพฤติกรรมผู้บริโภคเข้าสู่กลุ่มผลิตภัณฑ์ที่มีอัตรากำไรขั้นต้น (Margin) สูงกว่า แม้ปริมาณยอดขายในบางเมนูจะลดลง แต่ส่งผลให้กำไรในภาพรวมเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ กรณีศึกษานี้สะท้อนให้เห็นว่าความแม่นยำของข้อมูลต้นทุนเชิงลึกเป็นปัจจัยเชิงกลยุทธ์ที่สำคัญในการกำหนดทิศทางและการตัดสินใจทางการตลาดให้เกิดประสิทธิผลสูงสุด

2. การวิเคราะห์ความสามารถในการทำกำไรของลูกค้า (Customer Profitability Analysis: CPA)

การวิเคราะห์ความสามารถในการทำกำไรของลูกค้า (Customer Profitability Analysis: CPA) ถือเป็นกลไกสำคัญที่ช่วยให้องค์กรสามารถจำแนกประเภทลูกค้าตามศักยภาพในการสร้างมูลค่าส่วนเพิ่ม โดยพิจารณาจากส่วนต่างระหว่างรายได้และต้นทุนฐานกิจกรรมที่เกิดขึ้นจริงจากลูกค้าแต่ละราย หลักฐานเชิงประจักษ์บ่งชี้ว่า องค์กรที่ประยุกต์ใช้ CPA อย่างมีประสิทธิภาพจะสามารถพัฒนาการตลาดแบบเฉพาะบุคคล (Personalized Marketing) และเสริมสร้างความภักดีของลูกค้า (Customer Loyalty) ได้อย่างยั่งยืน (Zhang et al., 2021) นอกจากนี้ CPA ยังสนับสนุนการตัดสินใจเชิงกลยุทธ์ในการจัดสรรทรัพยากรไปยังกลุ่มลูกค้าที่มีมูลค่าสูง (High-value Clients) พร้อมทั้งปรับลดการลงทุนในกลุ่มลูกค้าที่ไม่ก่อให้เกิด

ผลตอบแทน (Hanssens & Pauwels, 2021) ซึ่งแนวคิดดังกล่าวมีความเชื่อมโยงโดยตรงกับมูลค่าตลอดช่วงชีวิตของลูกค้า (Customer Lifetime Value: CLV) ในฐานะตัวชี้วัดเชิงพยากรณ์ที่ช่วยให้ผู้บริหารสามารถประเมินมูลค่าระยะยาวและวางแผนกลยุทธ์การรักษาฐานลูกค้าได้อย่างมีประสิทธิผล (Rust et al., 2021) สำหรับวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม (SMEs) การบูรณาการ CPA และ CLV ยิ่งมีความสำคัญทวีคูณ เนื่องจากเป็นเครื่องมือที่ช่วยให้การบริหารทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัดเกิดความคุ้มค่าและสร้างความได้เปรียบทางการแข่งขันในระยะยาว

ตัวอย่างเช่น ธุรกิจพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ (E-commerce) จากการวิเคราะห์ข้อมูลลูกค้า พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างกลุ่มลูกค้า โดยพบว่ากลุ่มลูกค้าที่มีการซื้อซ้ำอย่างต่อเนื่อง (Group A) เป็นกลุ่มที่สร้างมูลค่าส่วนเพิ่มสูงกว่ากลุ่มลูกค้าที่เน้นการซื้อตามปัจจัยด้านราคาหรือโปรโมชั่น (Group B) จากข้อค้นพบดังกล่าว ผู้ประกอบการจึงได้กำหนดกลยุทธ์เชิงรุกผ่านการสร้างโปรแกรมเสริมสร้างความภักดี (Loyalty Program) เพื่อรักษาฐานลูกค้ากลุ่ม A และออกแบบกลไกการตลาดส่วนบุคคล (Personalized Promotion) เพื่อกระตุ้นให้ลูกค้ากลุ่ม B ปรับพฤติกรรมสู่การซื้อซ้ำ การดำเนินงานดังกล่าวส่งผลให้มูลค่าตลอดช่วงชีวิตของลูกค้า (Customer Lifetime Value: CLV) ปรับตัวสูงขึ้น ควบคู่กับการลดลงของต้นทุนการได้มาซึ่งลูกค้า (Customer Acquisition Cost: CAC) ในภาพรวมจากตัวอย่างเป็นการตอกย้ำถึงประสิทธิภาพของการตัดสินใจบนฐานข้อมูล (Data-Driven Decision Making) ที่ช่วยให้การจัดสรรทรัพยากรทางการตลาดเป็นไปอย่างมีประสิทธิผล

3. การจัดทำงบประมาณการตลาด (Marketing Budgeting)

การวางแผนและควบคุมงบประมาณทางการตลาดถือเป็นกระบวนการเชิงยุทธศาสตร์ที่ช่วยให้ธุรกิจขนาดกลางและขนาดย่อม (SMEs) สามารถบริหารจัดการทรัพยากรภายใต้ข้อจำกัดด้านเงินทุนได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด หลักฐานทางวิชาการชี้ให้เห็นว่าการประยุกต์ใช้แนวทางงบประมาณฐานศูนย์ (Zero-Based Budgeting: ZBB) ควบคู่กับการบริหารงบประมาณมุ่งเน้นผลงาน (Performance-Based Budgeting: PBB) ไม่เพียงแต่ช่วยเพิ่มความโปร่งใส แต่ยังสร้างกลไกความรับผิดชอบในการใช้จ่ายที่ชัดเจน (Troise et al., 2022) นอกจากนี้ การบูรณาการข้อมูลทางบัญชีเข้ากับข้อมูลการตลาดยังช่วยให้การจัดสรรงบประมาณมีความสอดคล้องกับเป้าหมายเชิงกลยุทธ์ (Strategic Alignment) มากยิ่งขึ้น (Appelbaum et al., 2022) โดยการจัดทำงบประมาณที่มีประสิทธิผลควรมาพร้อมกับการกำหนดดัชนีชี้วัดผลงานหลัก (Key Performance Indicators: KPIs) ล่วงหน้า เพื่อให้เกิดการประเมินความคุ้มค่าของการลงทุน (Return on Investment: ROI) ในแต่ละช่องทางการตลาดได้อย่างเป็นระบบและต่อเนื่อง

ตัวอย่างเช่น ธุรกิจเครื่องแต่งกายออนไลน์เคยใช้งบโฆษณาแบบคงที่ (Fixed Budgeting) ทุกเดือนโดยที่ไม่ได้ประเมินความคุ้มค่า เมื่อมีเปลี่ยนมาใช้การบริหารงบประมาณมุ่งเน้นผลงาน (Performance-Based Budgeting) และใช้เครื่องมือการวัดผลตอบแทนจากการลงทุนทางการตลาด (Marketing Return on Investment: Marketing -ROI) เป็นเกณฑ์ตัดสินใจ การยกเลิกแคมเปญที่มีประสิทธิภาพต่ำและการจัดสรรทรัพยากรใหม่ไปยังช่องทางที่มีอัตราการตอบรับสูง (High-performing Channels) ส่งผลให้ต้นทุนค่าโฆษณาลดลงร้อยละ 20 ในขณะที่รายได้จากการขายกลับปรับตัวสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ กรณีศึกษานี้บ่งชี้ว่าการวิเคราะห์ผลตอบแทนเชิงตัวเลขที่แม่นยำช่วยให้องค์กรสามารถบรรลุสภาวะการใช้ทรัพยากรที่เหมาะสมที่สุด (Optimization) และเพิ่มขีดความสามารถในการทำกำไรภายใต้งบประมาณที่จำกัด

4. การวัดผลตอบแทนจากการลงทุนด้านการตลาด (Marketing Return on Investment: Marketing ROI)

การวัดผลตอบแทนจากการลงทุนทางการตลาด (Marketing ROI) เป็นดัชนีชี้วัดหลักที่เชื่อมโยงผลลัพธ์เชิงกลยุทธ์เข้ากับสมรรถนะทางการเงิน เพื่อให้องค์กรสามารถประเมินประสิทธิภาพของกิจกรรมทางการตลาดในรูปแบบดัชนีเชิงปริมาณ ผลการศึกษาของ Hanssens และ Pauwels (2021) บ่งชี้ว่าองค์กรที่มีระบบการวัดผล Marketing ROI ที่มีประสิทธิภาพ จะสามารถปรับตัวเชิงกลยุทธ์ได้อย่างรวดเร็วและสร้างผลตอบแทนที่ยั่งยืนในระยะยาว นอกจากนี้การบูรณาการตัวชี้วัดร่วม อาทิ มูลค่าตลอดช่วงชีวิตของลูกค้า (Customer Lifetime Value: CLV) และประสิทธิผลทางการตลาด (Marketing Productivity) ยังช่วยยกระดับความแม่นยำในการประเมินผลให้ครอบคลุมมิติเชิงลึกมากยิ่งขึ้น (Rust et al., 2021) โดยสมการพื้นฐานของ Marketing ROI คำนวณจาก [(รายได้ที่เกิดจากการตลาด – ต้นทุนการตลาด) / ต้นทุนการตลาด] × 100 ซึ่งข้อมูลที่ได้รับจะช่วยสนับสนุนการตัดสินใจเชิงบริหารในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างแคมเปญได้อย่างเป็นรูปธรรมและชัดเจน

ตัวอย่างเช่น ธุรกิจค้าปลีกออนไลน์ลงทุนโฆษณาผ่านสื่อสังคมออนไลน์ด้วยงบประมาณ 10,000 บาท ได้ลูกค้าใหม่ 50 ราย มูลค่าการซื้อเฉลี่ย 300 บาท รวมรายได้ 15,000 บาท ในเบื้องต้นการลงทุนนี้ดูเหมือนให้ผลตอบแทนเชิงบวก อย่างไรก็ตาม เมื่อวิเคราะห์พฤติกรรมระยะยาวพบว่าลูกค้าส่วนใหญ่ไม่กลับมาซื้อซ้ำ ส่งผลให้ Customer Lifetime Value (CLV) อยู่ในระดับต่ำ ผู้ประกอบการจึงปรับกลยุทธ์จากการหาลูกค้าใหม่ไปสู่การรักษาลูกค้าเดิมผ่านโปรแกรมสะสมแต้มและส่วนลดสำหรับการซื้อซ้ำ ผลคือรายได้รวมเพิ่มขึ้นโดยไม่ต้องเพิ่มงบโฆษณา กรณีนี้แสดงให้เห็นความสำคัญของการพิจารณา Marketing ROI ทั้งในมิติระยะสั้นและระยะยาว

5. ระบบสารสนเทศทางบัญชี (Accounting Information Systems: AIS)

ระบบสารสนเทศทางบัญชี (AIS) มีบทบาทเชิงยุทธศาสตร์ในการรวบรวม ประมวลผล และนำเสนอข้อมูลทางการเงิน รวมถึงข้อมูลประกอบการตัดสินใจให้มีประสิทธิภาพสูงสุด ในยุคเศรษฐกิจดิจิทัล AIS ได้วิวัฒนาการสู่การบูรณาการเทคโนโลยีขั้นสูง อาทิ การประมวลผลบนคลาวด์ (Cloud Computing) การวิเคราะห์ข้อมูลขนาดใหญ่ (Big Data Analytics) และปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence: AI) ซึ่งช่วยยกระดับทั้งความรวดเร็วและความแม่นยำของสารสนเทศ (Appelbaum et al., 2022) หลักฐานเชิงประจักษ์บ่งชี้ว่า ธุรกิจขนาดกลางและขนาดย่อม (SMEs) ที่ประยุกต์ใช้เทคโนโลยี AIS อย่างมีประสิทธิภาพ จะมีขีดความสามารถในการปรับตัวต่อความผันผวนของตลาดได้ดียิ่งขึ้น และมีดัชนีวัดผลการดำเนินงานที่เหนือกว่าองค์กรที่ขาดการบริหารจัดการเชิงเทคโนโลยี (Troise et al., 2022) ดังนั้นการเลือกใช้ AIS ที่สอดคล้องกับขนาดและบริบททางธุรกิจจึงถือเป็นการลงทุนเชิงกลยุทธ์ที่สำคัญในการเสริมสร้างความได้เปรียบทางการแข่งขันอย่างยั่งยืน (Turner, Weickgenannt, & Copeland, 2021)

ตัวอย่างเช่น ธุรกิจขนาดกลางและขนาดย่อม (SMEs) มีการประยุกต์ใช้ระบบบัญชีบนระบบคลาวด์ (Cloud Accounting) บูรณาการร่วมกับระบบบริหารจัดการการขายออนไลน์ (E-Commerce Integration) สามารถเข้าถึงสารสนเทศในรูปแบบแผงควบคุมข้อมูลอัจฉริยะ (Real-time Dashboard) ที่แสดงดัชนีชี้วัดสำคัญ อาทิ ยอดขายรายวัน ต้นทุนรายผลิตภัณฑ์ และอัตรากำไรแยกตามแคมเปญ จากข้อค้นพบเชิงประจักษ์ เมื่อผู้บริหารได้รับสารสนเทศที่ระบุว่าแคมเปญโฆษณาผ่านช่องทาง TikTok มีอัตราผลตอบแทนจากการลงทุน (ROI) ที่สูงกว่า Facebook จึงนำไปสู่การตัดสินใจปรับปรุงการจัดสรรงบประมาณทางการตลาด (Budget Reallocation) ได้อย่างทันท่วงที ส่งผลให้องค์กรมีความคล่องตัวในการตอบสนองต่อสภาวะตลาด (Market Agility) และยกระดับผลการดำเนินงานในภาพรวมให้สูงขึ้นอย่างเป็นระบบ

จากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องสามารถสรุปได้ว่า เครื่องมือทางบัญชีทั้ง 5 มิติ ได้แก่ (1) การบริหารจัดการต้นทุน (2) การวิเคราะห์ความสามารถในการทำกำไรของลูกค้า (3) การจัดทำงบประมาณเชิงกลยุทธ์ (4) การประเมินผลตอบแทนจากการลงทุนทางการตลาด และ (5) ระบบสารสนเทศทางบัญชี มีบทบาทสำคัญในการสนับสนุนความสำเร็จของกลยุทธ์การตลาดในธุรกิจขนาดกลางและขนาดย่อม (SMEs) โดยเครื่องมือเหล่านี้ทำหน้าที่เป็น “กลไกเชิงข้อมูล” ที่ช่วยลดปัจจัยความเสี่ยงจากความไม่แน่นอนของตลาด เสริมสร้างความแม่นยำในการตัดสินใจ และยกระดับผลการดำเนินงานขององค์กรอย่างยั่งยืน ทั้งนี้เครื่องมือแต่ละมิติมีความสัมพันธ์เชื่อมโยงซึ่งกันและกัน การบูรณาการเครื่องมือเหล่านี้เข้าด้วยกันอย่างเป็นระบบจะสร้างผลลัพธ์ที่มีประสิทธิภาพสูงกว่าการใช้เครื่องมือใดเครื่องมือหนึ่งเพียงอย่างเดียว



รูปที่ 1 : เครื่องมือทางบัญชีที่ส่งผลต่อความสำเร็จของกลยุทธ์การตลาดในธุรกิจขนาดกลางและขนาดย่อม SMEs

ที่มา : ChatGPT, 2026

เครื่องมือทางบัญชีมีบทบาทเชิงยุทธศาสตร์ที่สำคัญต่อการขับเคลื่อนความสำเร็จของกลยุทธ์การตลาดในธุรกิจขนาดกลางและขนาดย่อม (SMEs)

จากการวิเคราะห์เชิงลึกและการสังเคราะห์องค์ความรู้จากเอกสารวิชาการที่เกี่ยวข้อง แสดงถึงข้อมูลในเชิงประจักษ์ว่า เครื่องมือทางบัญชีมีบทบาทเชิงยุทธศาสตร์ที่สำคัญต่อการขับเคลื่อนความสำเร็จของกลยุทธ์การตลาดในธุรกิจขนาดกลางและขนาดย่อม (SMEs) โดยสามารถจำแนกข้อค้นพบสำคัญออกเป็น 5 ประเด็นหลัก ดังนี้

1. ประสิทธิภาพการบริหารจัดการต้นทุน (Cost Management Efficiency) ข้อมูลต้นทุนเชิงลึกถือเป็นรากฐานสำคัญในการกำหนดทิศทางกลยุทธ์ทางการตลาด โดยเฉพาะในมิติการกำหนดราคากลยุทธ์ (Strategic Pricing) และการควบคุมค่าใช้จ่ายดำเนินงานอย่างมีระบบ หลักฐานทางวิชาการบ่งชี้ว่า ความแม่นยำของข้อมูลต้นทุนช่วยให้ผู้ประกอบการสามารถกำหนดราคาที่สร้างความได้เปรียบทางการแข่งขัน ควบคู่กับการรักษาความสามารถในการทำกำไรอย่างยั่งยืน (Drury, 2018; Bhimani, 2020) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของสุภาวดี แสงทอง (2564) ที่พบว่า ธุรกิจขนาดกลางและขนาดย่อม (SMEs) ที่มีระบบบัญชีต้นทุนที่มีประสิทธิภาพ มีแนวโน้มที่จะบรรลุความสำเร็จในผลการดำเนินงานสูงกว่ากลุ่มที่ขาดการบริหารจัดการข้อมูลต้นทุนอย่างมีนัยสำคัญ

2. การบูรณาการสารสนเทศทางบัญชีกับการวิเคราะห์ตลาด (Integration of Accounting and Market Data) การผสานรวมข้อมูลทางบัญชีเข้ากับมิติการวิเคราะห์ตลาดเป็นปัจจัยขับเคลื่อนสำคัญในการเพิ่มความแม่นยำให้แก่การวางแผนกลยุทธ์ การเชื่อมโยงข้อมูลทางการเงินเข้ากับพฤติกรรมผู้บริโภคช่วยให้องค์กรสามารถประเมินสมดุลระหว่าง "โครงสร้างต้นทุน" (Cost Structure) และ "คุณค่าที่ส่งมอบแก่ลูกค้า" (Customer Value) ได้อย่างครอบคลุม (Hanssens & Pauwels, 2021) นอกจากนี้ Appelbaum et al. (2022) ยังระบุว่าการประยุกต์ใช้การวิเคราะห์ข้อมูลขั้นสูง (Advanced Analytics) ร่วมกับฐานข้อมูลทางบัญชี เป็นกลไกสำคัญในการยกระดับคุณภาพของการตัดสินใจเชิงกลยุทธ์และการตอบสนองต่อพลวัตของตลาดได้อย่างมีประสิทธิผล

3. การวางแผนและควบคุมงบประมาณเชิงกลยุทธ์ (Strategic Budgeting and Control) การจัดทำงบประมาณอย่างมีประสิทธิภาพถือเป็นกลไกเชิงยุทธศาสตร์ในการจัดสรรทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัดให้เกิดประโยชน์สูงสุด โดยเฉพาะในธุรกิจขนาดกลางและขนาดย่อม (SMEs) ที่เผชิญกับข้อจำกัดด้านเงินทุนอย่างมีนัยสำคัญ ระบบการควบคุมงบประมาณที่เป็นระบบช่วยลดความสูญเสียเชิงปฏิบัติการและเพิ่มอัตราผลตอบแทนจากการลงทุน (Troise et al., 2022) และยังสอดคล้องกับผลการศึกษาของ พงษ์ศักดิ์ ศรีสวัสดิ์ (2563) ที่ระบุว่า การวางแผนงบประมาณอย่างมีประสิทธิภาพมีความสัมพันธ์เชิงบวกต่อผลการดำเนินงานของธุรกิจขนาดย่อม โดยเป็นตัวแปรสำคัญที่ช่วยรักษาสภาพคล่องและสร้างความมั่นคงทางการเงินในระยะยาว

4. ระบบการวัดผลการดำเนินงานฐานการบัญชี (Accounting-Based Performance Measurement) การประยุกต์ใช้ดัชนีชี้วัดทางการเงิน อาทิ กำไรแยกตามกิจกรรม (Profit per Campaign) และผลตอบแทนจากการลงทุนทางการตลาด (Marketing ROI) เป็นเครื่องมือสำคัญในการประเมินสัมประสิทธิ์ความสำเร็จของกลยุทธ์การตลาดอย่างเป็นรูปธรรม (Rust et al., 2021) การใช้ตัวชี้วัดเหล่านี้ไม่เพียงแต่ช่วยให้องค์กรสามารถปรับกลยุทธ์ตามพลวัตของตลาดได้อย่างคล่องตัว (Agility) แต่ยังช่วยเสริมสร้างประสิทธิภาพการดำเนินงานอย่างต่อเนื่อง อย่างไรก็ตาม เพื่อให้ได้ภาพสะท้อนที่เป็นองค์รวม องค์กรควรใช้ระบบการวัดผลหลายมิติ (Multi-dimensional Measurement) ร่วมกันเพื่อลดอคติจากการพิจารณาเพียงตัวชี้วัดทางการเงินในระยะสั้น และมุ่งเน้นการสร้างคุณค่าระยะยาวให้แก่กิจการ

5. ขีดความสามารถเชิงบริหารจัดการในการใช้ข้อมูลบัญชี (Managerial Capability in Accounting Utilization) บทบาทของผู้บริหารในการประยุกต์ใช้ข้อมูลทางบัญชีถือเป็นปัจจัยเชิงพฤติกรรมที่มีอิทธิพลต่อความสำเร็จของกลยุทธ์การตลาดอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากความพร้อมของระบบข้อมูลเพียงอย่างเดียวอาจไม่เพียงพอต่อการสร้างความได้เปรียบทางการแข่งขัน หากปราศจากความสามารถในการวิเคราะห์และตีความสารสนเทศเพื่อการตัดสินใจเชิงกลยุทธ์ (Bhimani, 2020) และสอดคล้องกับงานวิจัยของ ณัฐพล ใจดี (2565) ที่ชี้ให้เห็นว่าทักษะด้านการวิเคราะห์ข้อมูลของผู้บริหารมีความสัมพันธ์โดยตรงกับคุณภาพการตัดสินใจขององค์กร ดังนั้น การยกระดับความฉลาดรู้ด้านข้อมูล (Data Literacy) ของ

ผู้บริหารและบุคลากรจึงเป็นพันธกิจวิกฤตที่ต้องดำเนินการควบคู่ไปกับการพัฒนาระบบสารสนเทศทางบัญชี เพื่อเปลี่ยนผ่าน "ข้อมูล" ให้เป็น "สินทรัพย์เชิงยุทธศาสตร์" ได้อย่างแท้จริง

บทสรุป

บทความฉบับนี้มุ่งวิเคราะห์บทบาทเชิงยุทธศาสตร์ของเครื่องมือทางบัญชีที่ส่งผลต่อความสำเร็จของกลยุทธ์การตลาดในวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม (SMEs) ผ่านการสังเคราะห์องค์ความรู้และแนวคิดปัจจุบัน ผลการศึกษาชี้ให้เห็นอย่างประจักษ์ว่า สารสนเทศทางบัญชีมิได้ทำหน้าที่เพียงการบันทึกรายงานทางการเงินตามระเบียบปฏิบัติเท่านั้น หากแต่เป็น 'กลไกเชิงกลยุทธ์' (Strategic Mechanism) ที่มีอิทธิพลโดยตรงต่อประสิทธิภาพการวางแผนและการขับเคลื่อนกลยุทธ์การตลาดให้สัมฤทธิผล

ในมิติเชิงปฏิบัติการข้อค้นพบระบุว่า การบริหารจัดการต้นทุนอย่างมีประสิทธิภาพเป็นรากฐานสำคัญที่ช่วยให้ผู้ประกอบการสามารถกำหนดราคากลยุทธ์ (Strategic Pricing) ได้อย่างเหมาะสม สอดรับกับสภาวะการแข่งขัน และรักษาขีดความสามารถในการทำกำไรอย่างยั่งยืน ในขณะเดียวกัน การบูรณาการข้อมูลทางบัญชีเข้ากับมิติข้อมูลการตลาด อาทิ พฤติกรรมผู้บริโภคและพลวัตของตลาด ช่วยยกระดับความแม่นยำในการวิเคราะห์สถานการณ์และการกำหนดทิศทางกลยุทธ์โดยมีหลักฐานเชิงประจักษ์รองรับ

นอกจากนี้ การวางแผนและควบคุมงบประมาณทางการตลาดอย่างเป็นระบบ ถือเป็นเครื่องมือสำคัญในการจัดสรรทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัดให้เกิดประสิทธิผลสูงสุด บรรเทาความเสี่ยงจากการใช้จ่ายที่สูญเปล่า และเพิ่มผลิตภาพของการลงทุนทางการตลาด (Marketing Productivity) ขณะที่การใช้ตัวชี้วัดสมรรถนะฐานการบัญชี อาทิ ผลตอบแทนจากการลงทุนทางการตลาด (Marketing ROI) และกำไรแยกตามกิจกรรม (Profit per Campaign) ช่วยให้องค์กรสามารถประเมินผลลัพธ์ของกิจกรรมทางการตลาดได้อย่างเป็นรูปธรรม ส่งผลให้ SMEs มีความคล่องตัว (Agility) ในการปรับเปลี่ยนกลยุทธ์ตามสถานการณ์เพื่อเป้าหมายการเติบโตในระยะยาว

อีกมิติหนึ่งที่มีความสำคัญไม่ยิ่งหย่อนไปกว่ากันคือ ขีดความสามารถเชิงบริหารจัดการในการประยุกต์ใช้ข้อมูลทางบัญชี ซึ่งถือเป็นปัจจัยด้านทุนมนุษย์ (Human Capital) ที่กำหนดประสิทธิผลในการเปลี่ยนผ่านข้อมูลสู่การสร้างคุณค่าเชิงกลยุทธ์ ผู้บริหารที่มีทักษะในการวิเคราะห์ ตีความ และการใช้ข้อมูลเชิงปริมาณเพื่อการตัดสินใจ จะเป็นตัวแปรสำคัญในการยกระดับสมรรถนะขององค์กรได้อย่างมีนัยสำคัญ

จากข้อค้นพบทั้งหมดข้างต้น สามารถสรุปได้ว่าการบูรณาการข้อมูลทางบัญชีกับการบริหารการตลาดเชิงรุกเป็นแนวทางเชิงยุทธศาสตร์ที่ช่วยให้ธุรกิจขนาดกลางและขนาดย่อม (SMEs) สามารถตัดสินใจได้อย่างแม่นยำ ลดความเสี่ยงจากความไม่แน่นอน และเสริมสร้างขีดความสามารถในการแข่งขันภายใต้พลวัตของตลาดที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ดังนั้น ผู้ประกอบการจึงควรให้ความสำคัญกับการพัฒนาระบบสารสนเทศทางบัญชีดิจิทัลที่รองรับการแสดงผลแบบฉับไว (Real-time Information) ควบคู่ไปกับการยกระดับความฉลาดรู้ด้านข้อมูล (Data Literacy) ของผู้บริหารและบุคลากร เพื่อให้สามารถใช้ประโยชน์จากข้อมูลได้อย่างเต็มศักยภาพ อย่างไรก็ตาม งานวิจัยในอนาคตควรขยายขอบเขตการศึกษาเชิงลึกบทบาทของเครื่องมือทางบัญชีในบริบทเฉพาะของ SMEs ไทย เพื่อสร้างองค์ความรู้เชิงประจักษ์ที่สอดคล้องกับปัจจัยแวดล้อมทางเศรษฐกิจและสังคมในระดับท้องถิ่นอย่างยั่งยืน

ข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย

จากข้อค้นพบเชิงประจักษ์ที่ชี้ให้เห็นถึงสำคัญของเครื่องมือทางบัญชีต่อความสำเร็จของกลยุทธ์การตลาดในธุรกิจขนาดกลางและขนาดย่อม (SMEs) บทความฉบับนี้จึงนำเสนอข้อเสนอแนะเชิงนโยบายเพื่อการยกระดับขีดความสามารถทางการแข่งขันในระดับมหภาค ดังนี้

1. **การบูรณาการโครงสร้างพื้นฐานด้านเทคโนโลยีสารสนเทศทางบัญชี (Accounting Information Systems: AIS)** ภาครัฐและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรสร้างกลไกสนับสนุนให้ SMEs เข้าถึงนวัตกรรมดิจิทัลอย่างเป็นรูปธรรม อาทิ การส่งเสริมโปรแกรมบัญชีออนไลน์ (Cloud-based Accounting) และเครื่องมือวิเคราะห์ข้อมูลขั้นสูง ผ่านมาตรการจูงใจทางภาษี (Tax Incentives) หรือโครงการอุดหนุนด้านเงินทุนสำหรับการปรับเปลี่ยนสู่ระบบดิจิทัล (Digital Transformation Subsidy) เพื่อลดอุปสรรคด้านต้นทุนและเพิ่มประสิทธิภาพในการเข้าถึงข้อมูลเชิงกลยุทธ์

2. การเสริมสร้างทุนทางปัญญาและทักษะการตัดสินใจเชิงข้อมูล (Strategic Data Literacy) ควรจัดตั้งโครงการพัฒนาศักยภาพผู้ประกอบการที่มุ่งเน้นการใช้ข้อมูลทางบัญชีเพื่อการตัดสินใจเชิงยุทธศาสตร์ โดยเฉพาะการฝึกอบรมทักษะการวิเคราะห์โครงสร้างต้นทุนเชิงลึก การประเมินมูลค่าระยะยาวของลูกค้า (CLV) และการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการตลาด (Marketing ROI) เพื่อยกระดับความฉลาดรู้ด้านข้อมูล (Data Literacy) และความฉลาดรู้ทางการเงิน (Financial Literacy) ซึ่งเป็นปัจจัยวิกฤตในการเปลี่ยนผ่านข้อมูลพื้นฐานสู่การสร้างมูลค่าเพิ่มทางธุรกิจอย่างยั่งยืน

3. การพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานดิจิทัลและการบูรณาการข้อมูลเชิงพื้นที่ หน่วยงานภาครัฐส่งเสริมการบูรณาการข้อมูลระหว่างการบัญชีและการตลาด ในการพัฒนาแพลตฟอร์มกลางหรือเครื่องมือสนับสนุนทางเทคโนโลยี ที่เอื้อต่อการบูรณาการข้อมูลระหว่างสายงานบัญชีและสายงานการตลาดเข้าด้วยกัน ระบบดังกล่าวควรช่วยให้ SMEs สามารถเชื่อมโยงข้อมูลสำคัญ อาทิ ยอดขาย ต้นทุนการดำเนินงาน และพฤติกรรมผู้บริโภคได้ภายในระบบเดียว (Unified Data System) เพื่อลดข้อจำกัดด้านทรัพยากรและงบประมาณในการลงทุนด้านไอที อีกทั้งยังเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงกลยุทธ์เพื่อให้เกิดการตัดสินใจที่แม่นยำยิ่งขึ้น

4. การกำหนดมาตรฐานตัวชี้วัดสมรรถนะร่วม (Integrated KPIs) ควรมีการกำหนดและเผยแพร่มาตรฐานตัวชี้วัดประสิทธิภาพทางการตลาดที่มีความเชื่อมโยงกับตัวชี้วัดทางเงินและบัญชี เพื่อให้เกิดการประเมินผลที่เป็นรูปธรรม อาทิ การวัดผลตอบแทนจากการลงทุนทางการตลาด (Marketing ROI) มูลค่าตลอดอายุการใช้งานของลูกค้า (Customer Lifetime Value: CLV) และต้นทุนต่อการได้มาซึ่งลูกค้า (Customer Acquisition Cost: CAC) การมีมาตรฐานที่ชัดเจนจะช่วยให้ SMEs สามารถประเมินผลการดำเนินงานของตนเองเทียบกับค่าเฉลี่ยของอุตสาหกรรม (Industry Benchmark) ได้อย่างเป็นระบบ

5. การสร้างระบบนิเวศทางธุรกิจและการถ่ายทอดองค์ความรู้ ภาครัฐควรส่งเสริมระบบนิเวศที่เอื้อต่อการใช้ประโยชน์จากข้อมูลผ่านการสร้างเครือข่ายความร่วมมือ (Collaboration Network) ระหว่างสถาบันการศึกษา หน่วยงานวิจัย และภาคเอกชน เพื่อร่วมกันถ่ายทอดองค์ความรู้ด้านการบัญชีและการตลาดสมัยใหม่ นอกจากนี้ควรสนับสนุนการวิจัยและพัฒนาเครื่องมือวิเคราะห์ข้อมูล (Analytics Tools) ที่มีความซับซ้อนน้อยและเหมาะสมกับบริบทหรือขนาดธุรกิจของ SMEs ไทย

6. การผลักดันนโยบายการเปลี่ยนผ่านสู่ดิจิทัลอย่างต่อเนื่อง นโยบายด้านการส่งเสริม Digital Transformation สำหรับ SMEs ควรมีความต่อเนื่องและมุ่งเน้นไปที่การปรับเปลี่ยนทัศนคติและการดำเนินงานให้มีข้อมูลเป็นศูนย์กลาง (Data-

Centric Approach) เพื่อให้ผู้ประกอบการสามารถตอบสนองต่อความผันผวนของสภาพแวดล้อมทางเศรษฐกิจและเทคโนโลยีที่เปลี่ยนแปลงไปอย่างรวดเร็ว ซึ่งจะเป็นรากฐานสำคัญในการสร้างความได้เปรียบทางการแข่งขันในระยะยาว

ข้อเสนอแนะเชิงปฏิบัติ

จากการศึกษาบทบาทของเครื่องมือทางบัญชีที่มีต่อความสำเร็จของกลยุทธ์การตลาดในธุรกิจขนาดกลางและขนาดย่อม (SMEs) โดยมีข้อเสนอแนะเชิงประยุกต์เพื่อให้ผู้ประกอบการและผู้บริหารสามารถนำไปพัฒนาประสิทธิภาพการดำเนินงาน ดังนี้

1. การพัฒนาระบบการจัดการต้นทุนเชิงกลยุทธ์ (Strategic Cost Management) ผู้ประกอบการควรให้ความสำคัญกับการจัดวางระบบบัญชีต้นทุนที่เป็นระบบและมีความละเอียดสูง โดยมุ่งเน้นการจำแนกโครงสร้างต้นทุนให้ชัดเจน ทั้งในส่วนของต้นทุนคงที่ (Fixed Costs) ต้นทุนผันแปร (Variable Costs) และต้นทุนที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมทางการตลาด (Marketing-Related Costs) การมีฐานข้อมูลต้นทุนที่ถูกต้องแม่นยำจะช่วยให้ธุรกิจสามารถกำหนดนโยบายราคา (Pricing Strategy) ได้อย่างมีประสิทธิภาพ สอดคล้องกับสภาวะตลาด และป้องกันความเสี่ยงจากการกำหนดราคาที่ต่ำกว่าต้นทุนที่แท้จริง ซึ่งจะส่งผลโดยตรงต่อความสามารถในการทำกำไรและความมั่นคงทางการเงินในระยะยาว

2. การบูรณาการข้อมูลสารสนเทศเพื่อการตัดสินใจ (Data Integration for Decision Making) ผู้บริหารควรส่งเสริมการเชื่อมโยงข้อมูลระหว่างระบบข้อมูลบัญชีและฐานข้อมูลการตลาดเข้าด้วยกัน (Integrated Information System) เพื่อให้เกิดการวิเคราะห์ข้อมูลในเชิงลึก (Deep Insights) แทนการใช้เพียงสัญชาตญาณในการวางแผน การบูรณาการข้อมูลยอดขาย ต้นทุน และพฤติกรรมลูกค้าจะช่วยให้ธุรกิจสามารถระบุกลุ่มลูกค้าเป้าหมายที่สร้างมูลค่ากำไรสูงสุด (High-Yield Customers) รวมถึงสามารถประเมินความคุ้มค่าของแคมเปญการตลาดได้อย่างเป็นรูปธรรม กระบวนการนี้จะช่วยเพิ่มความแม่นยำในการกำหนดกลยุทธ์ ลดความสูญเปล่าของทรัพยากร และเพิ่มขีดความสามารถในการตอบสนองต่อความต้องการของตลาดได้อย่างมีนัยสำคัญ

3. การวางแผนและบริหารงบประมาณเชิงกลยุทธ์ (Strategic Budgeting and Control) ผู้ประกอบการควรดำเนินการวางแผนและควบคุมงบประมาณด้านการตลาดอย่างเคร่งครัด โดยมุ่งเน้นการจัดสรรทรัพยากรให้สอดคล้องกับเป้าหมายหลักขององค์กร (Organizational Goals) ทั้งนี้ ควรประยุกต์ใช้แนวคิดการจัดทำงบประมาณตามผลการปฏิบัติงาน (Performance-Based Budgeting) ซึ่งเน้นการวิเคราะห์ความคุ้มค่าและผลสัมฤทธิ์ของแต่ละโครงการ กระบวนการติดตามและประเมินผลการใช้จ่ายอย่างต่อเนื่องจะช่วยให้ฝ่ายบริหารสามารถปรับปรุงการจัดสรรงบประมาณ (Re-allocation) ไปยังช่องทางหรือกิจกรรมที่สร้างผลตอบแทนสูงได้อย่างทันท่วงที ท่ามกลางสภาวะตลาดที่มีความผันผวน

4. การประยุกต์ใช้ตัวชี้วัดสมรรถนะร่วมทางบัญชีและการตลาด (Financial-Marketing KPI Integration) ธุรกิจควรนำตัวชี้วัดทางบัญชีมาเป็นเครื่องมือหลักในการประเมินความสำเร็จของกิจกรรมทางการตลาดอย่างเป็นรูปธรรม โดยครอบคลุมทั้งมิติเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ อาทิ การคำนวณผลตอบแทนจากการลงทุนทางการตลาด (Marketing Return on Investment: ROMI) ต้นทุนต่อการได้มาซึ่งลูกค้า (Customer Acquisition Cost: CAC) และมูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดจากลูกค้าตลอดช่วงความสัมพันธ์ (Customer Lifetime Value: CLV) การบูรณาการตัวชี้วัดเหล่านี้จะช่วยให้ผู้บริหารสามารถวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ได้ทั้งในระยะสั้นและประเมินศักยภาพการสร้างมูลค่าเพิ่มของกลยุทธ์การตลาดในระยะยาวได้อย่างรอบด้าน

5. การเสริมสร้างสมรรถนะด้านการวิเคราะห์ข้อมูลและทัศนคติเชิงตัวเลข (Data Literacy and Analytical Competency Development) องค์กรควรให้ความสำคัญกับการพัฒนาทักษะของผู้บริหารและบุคลากรที่เกี่ยวข้องในด้าน

การใช้สารสนเทศทางการบัญชี (Accounting Information Usage) โดยเฉพาะอย่างยิ่งทักษะการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงลึก (Data Analytics) และความสามารถในการตีความข้อมูลเชิงธุรกิจ (Business Intelligence Interpretation) เพื่อเปลี่ยนข้อมูลดิบให้เป็นองค์ความรู้ที่ทรงคุณค่า เนื่องจากประสิทธิภาพของการตัดสินใจเชิงกลยุทธ์ไม่ได้ขึ้นอยู่กับคุณภาพของข้อมูลเพียงอย่างเดียว แต่ขึ้นอยู่กับศักยภาพของบุคคลในการประยุกต์ใช้ข้อมูลเหล่านั้นเพื่อแก้ไขปัญหาและแสวงหาโอกาสทางธุรกิจได้อย่างเหมาะสม

6. การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีและระบบสารสนเทศทางการบัญชีระดับสูง (Advanced AIS Integration) ผู้ประกอบการควรพิจารณาลงทุนและนำระบบสารสนเทศทางการบัญชี (Accounting Information System: AIS) ที่มีความทันสมัยมาใช้เป็นโครงสร้างพื้นฐานในการบริหารจัดการ อาทิ โปรแกรมบัญชีออนไลน์ (Cloud-based Accounting) หรือซอฟต์แวร์บริหารจัดการทรัพยากรองค์กร (ERP) ที่มีคุณสมบัติในการเชื่อมโยงข้อมูลธุรกรรมการเงินเข้ากับข้อมูลการตลาดแบบเรียลไทม์ (Real-time Data Integration) การปรับเปลี่ยนสู่ระบบดิจิทัลนี้ไม่เพียงแต่จะช่วยลดภาระงานด้านเอกสารและลดความผิดพลาดที่เกิดจากมนุษย์ (Human Error) เท่านั้น แต่ยังช่วยเพิ่มความถูกต้องแม่นยำของสารสนเทศ ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่สนับสนุนให้ผู้บริหารสามารถตัดสินใจเชิงกลยุทธ์ได้อย่างรวดเร็วและทันต่อเหตุการณ์

7. การสร้างวัฒนธรรมองค์กรที่ขับเคลื่อนด้วยข้อมูล (Data-Driven Organizational Culture) องค์กรควรให้ความสำคัญกับการปลูกฝังวัฒนธรรมการทำงานที่ยึดถือข้อมูลเป็นหลักในการตัดสินใจ (Data-Driven Decision Making) โดยส่งเสริมให้บุคลากรในทุกระดับชั้นนำข้อมูลและหลักฐานเชิงประจักษ์ (Empirical Evidence) มาใช้เป็นฐานในการวางแผนและประเมินผล แทนการพึ่งพาสัญชาตญาณหรือประสบการณ์ส่วนบุคคลเพียงอย่างเดียว การสร้างวัฒนธรรมดังกล่าวจะช่วยเสริมสร้างความโปร่งใสในกระบวนการทำงาน ลดอคติในการตัดสินใจ และเป็นกลไกสำคัญในการยกระดับประสิทธิภาพการดำเนินงานขององค์กรในภาพรวมให้มีความเป็นมืออาชีพและสามารถตรวจสอบได้ตามหลักธรรมาภิบาล

เอกสารอ้างอิง

ณัฐพล ใจดี. (2565). ความสามารถของผู้บริหารกับการตัดสินใจเชิงกลยุทธ์ของธุรกิจ SMEs. วารสารบริหารธุรกิจ. 45(3): 120–135.

พงษ์ศักดิ์ ศรีสวัสดิ์. (2563). การวางแผนงบประมาณกับผลการดำเนินงานของธุรกิจขนาดย่อมในประเทศไทย. วารสารการบัญชีและการจัดการ. 12(2): 55–70.

สุภาวดี แสงทอง. (2564). ระบบบัญชีต้นทุนกับความสามารถในการแข่งขันของ SMEs ไทย. วารสารวิชาการการบัญชี. 18(1): 33–48.

Appelbaum, D., Kogan, A., Vasarhelyi, M., & Yan, Z. (2022). Impact of business analytics and enterprise systems on managerial accounting. International Journal of Accounting Information Systems. 46: 100570.

Bhimani, A. (2020). Digital data and management accounting: Why we need to rethink research methods. Journal of Management Control. 31(1–2): 9–23.

ChatGPT. (2026). เครื่องมือทางบัญชีที่ส่งผลต่อความสำเร็จของกลยุทธ์การตลาดในธุรกิจขนาดกลางและขนาดย่อม SMEs [ภาพที่สร้างโดย AI]. https://chatgpt.com/c/69f94ec8-776c-8320-ae91-ce8243284830.

Drury, C. (2018). Management and cost accounting (10th ed.). Cengage Learning.

Dwivedi, Y. K., Ismagilova, E., Hughes, D. L., et al. (2021). Setting the future of digital and social media marketing research: Perspectives and research propositions. International Journal of Information Management. 59: 102168.

Hanssens, D. M., & Pauwels, K. (2021). Demonstrating the value of marketing. Journal of Marketing. 85(2): 173–190.

Kraus, S., Clauss, T., Breier, M., et al. (2020). The economics of COVID-19: Initial empirical evidence on how family firms in five European countries cope with the corona crisis. International Journal of Entrepreneurial Behavior & Research. 26(5): 1067–1092.

Rust, R. T., Lemon, K. N., & Zeithaml, V. A. (2021). Customer equity and marketing ROI revisited. Journal of Marketing. 85(1): 1–20.

Troise, C., Corvello, V., Ghobadian, A., & O’Regan, N. (2022). How can SMEs successfully navigate VUCA environment: The role of digital transformation. Journal of Business Research. 142: 108–120.

Turner, M. J., Weickgenannt, A., & Copeland, M. K. (2021). Accounting information systems: Controls and processes (4th ed.). Wiley.

Zhang, M., Guo, H., Huo, B., Zhao, X., & Huang, J. (2021). Linking supply chain quality integration with mass customization and product modularity. International Journal of Production Economics. 231: 107845.

Development of a Competency Model for Muay Thai Camp Managers Toward International Standards: An Ethnographic Delphi Futures Research

Rungroj Yenchaiyapruek[1], Suchada Apiratana[2*] and Proudteema Sriratu[2]

[1]Faculty of Management Science, Suan Dusit University, Bangkok, Thailand.
[2]School of Tourism and Hospitality Management, Suan Dusit University, Bangkok, Thailand.
[*]Corresponding Author E-mail Address : suchada_api@dusit.ac.th

Abstract

This study aimed to develop a competency model for Muay Thai camp managers to support the advancement of Muay Thai camps toward internationally recognized standards. A qualitative research design employing the Ethnographic Delphi Futures Research (EDFR) technique was adopted. The key informants consisted of 17 Muay Thai camp managers selected through purposive sampling based on predefined qualifications and professional experience. Research instruments included a semi-structured interview protocol and two rounds of questionnaires. Data were analyzed using content analysis, median values, and interquartile ranges to determine the level of consensus among the expert panel.

The findings identified six core competency domains encompassing twenty-four sub-competencies: (1) strategic planning, (2) business and resource management, (3) knowledge and skills in Muay Thai and sports science, (4) communication skills and human relations, (5) personal attributes and ethics, and (6) continuous self-development. All domains were rated as highly important, with median values of 5 and interquartile ranges ranging from 0 to 1, indicating a strong level of consensus among the experts. The results suggest that these competencies are critical for enhancing the effectiveness of Muay Thai camp management and supporting the development of camps in accordance with international service standards. The proposed model may serve as a practical framework for managerial development, professional training, personnel selection, and organizational improvement. Furthermore, it may contribute to strengthening Thailand's cultural economy, sports tourism industry, and the international promotion of Muay Thai as a form of national soft power.

Keywords: Muay Thai camp manager competencies; international standards; service quality; Ethnographic Delphi Futures Research (EDFR)

Introduction

Muay Thai is one of Thailand's most distinctive martial arts and an important element of the nation's cultural heritage. Passed down through generations, it is internationally recognized for its unique combat techniques that integrate punches, elbows, knees, and kicks into a highly effective fighting system. Traditionally, Muay Thai knowledge was transmitted within specialized training schools, where respected masters carefully selected and trained disciples to preserve the authenticity and values of the art. Today, however, Muay Thai camps have evolved into modern training environments that serve enthusiasts, amateur practitioners, and professional fighters seeking to develop their skills, prepare for competition, and experience authentic Thai martial culture.

Over the past two decades, Muay Thai has gained substantial international recognition, attracting increasing numbers of foreign learners, athletes, and sports tourists. This growing global interest is reflected not only in the expansion of Muay Thai camps throughout Thailand but also in the establishment of training facilities in many countries worldwide. Numerous camps now offer both short-term and long-term programs designed specifically for international visitors who wish to learn Muay Thai in its country of origin. According to tourism statistics, more than 50,000 international visitors traveled to Thailand in 2016 primarily to participate in Muay Thai training activities. In addition, Muay Thai has generated considerable economic value, contributing more than 100 billion baht to the Thai economy by 2018 through sports tourism, training services, competitions, and related industries.

Despite this rapid growth, the expansion of Muay Thai camps has not been accompanied by a comparable improvement in management quality and service standardization. Reports indicate that there were approximately 3,869 Muay Thai camps operating overseas in 2013, while the number of camps in Thailand increased to approximately 5,100 by 2018. Nevertheless, only a limited number of these establishments obtained certification under the standards established by the Sports Authority of Thailand. Although the certification system was introduced to promote systematic management, improve service quality, and strengthen the international reputation of Muay Thai, only 190 camps had achieved certification at the three-, four-, or five-star levels.

The disparity between the rapid growth in the number of Muay Thai camps and the relatively low rate of certification highlights a significant challenge in maintaining management quality and service standards. Previous studies have identified persistent weaknesses in several operational areas, including personnel management, curriculum development, teaching and learning processes, facilities and equipment, safety management, and digital marketing. Although Thailand has developed professional camp evaluation criteria, international camp standards, and inspection guidelines for overseas Muay Thai facilities, there remains a lack of a clearly defined competency framework for camp managers responsible for leading organizations toward international standards.

Addressing this gap is particularly important because Muay Thai camp managers play a critical role that extends beyond routine administrative responsibilities. They are responsible for strategic planning, resource allocation, service quality management, human resource development, and the preservation of Muay Thai’s cultural identity. Their competencies directly influence the quality of training services, customer satisfaction, organizational sustainability, and international competitiveness. However, limited research has focused specifically on identifying the competencies required for Muay Thai camp managers operating within an international context.

Therefore, this study aimed to develop a competency model for Muay Thai camp managers that supports the advancement of Muay Thai camps toward internationally recognized standards. By identifying the essential competencies required for effective management, the study seeks to provide a practical framework for managerial development, personnel selection, and professional training. Ultimately, the findings may contribute to the enhancement of service quality, the sustainable development of Muay Thai camps, and the promotion of Muay Thai as a valuable component of Thailand’s cultural economy, sports tourism industry, and national soft power.

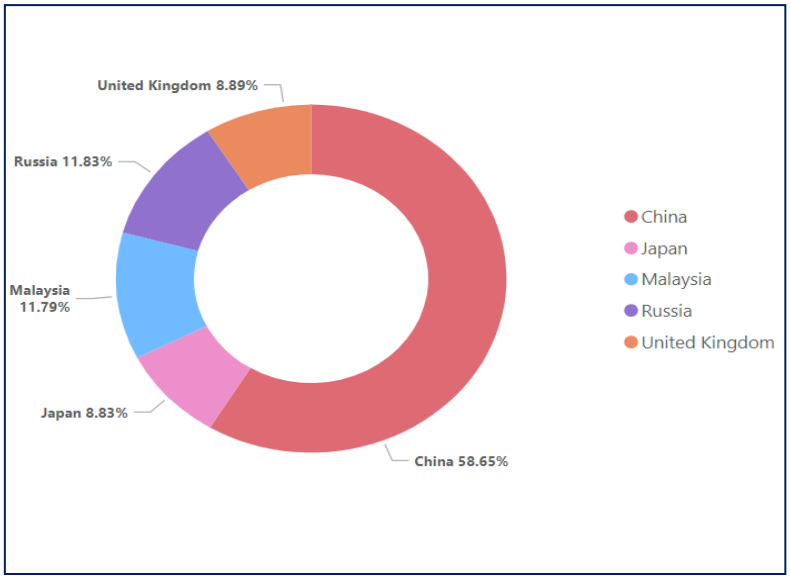


Figure 1 Top Five Revenue-Generating International Tourist Markets Visiting Thailand, 2015–2022.
Source: Ministry of Tourism and Sports (2023).

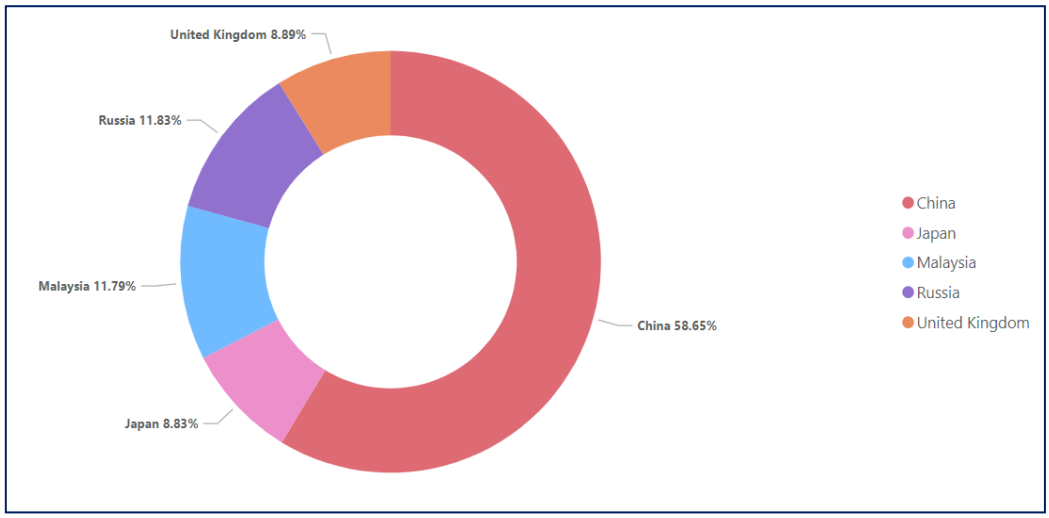


Figure 2 Top Five International Tourist Source Markets by Number of Visitors to Thailand, 2015–2022.
Source: Ministry of Tourism and Sports (2023).

Research Objective

To develop a competency model for Muay Thai camp managers that supports the development of Muay Thai camps toward internationally recognized standards.

Literature Review

Concepts and Theories of Management

Management and administration are fundamental concepts that play a critical role in the effective operation of organizations across both public and private sectors. (Robbins & Coulter, 2022). While administration is commonly associated with policy formulation, governance, and decision-making in public organizations, management is generally concerned with the planning, organization, direction, and control of resources to achieve organizational objectives. Yoder defined management as the process of organizing and coordinating activities through planning, directing, and controlling organizational resources to achieve desired outcomes. Similarly, Simon, Smithburg, and Thompson described administration as the art of accomplishing organizational goals through the efforts of others, emphasizing the importance of leadership, coordination, and decision-making in achieving collective objectives.

Scholars have identified several essential elements of effective management, including clearly defined objectives, efficient resource utilization, coordination among organizational components, and a commitment to both effectiveness and efficiency. Organizational resources traditionally encompass human resources, financial resources, materials, and equipment. Contemporary management perspectives further

recognize the importance of information, technology, and market responsiveness as critical determinants of organizational success (Robbins & Coulter, 2022). Consequently, effective management requires strategic planning, efficient delegation, clear communication, and coordinated action among organizational members to achieve common goals.

Within the context of Muay Thai camps, management extends beyond the supervision of training activities and daily operations. Contemporary Muay Thai camps function as service-oriented organizations that must simultaneously address business performance, customer satisfaction, training quality, safety standards, and cultural preservation. Effective camp management therefore requires the integration of strategic planning, financial administration, human resource management, facility management, service delivery, and organizational reputation management.

As Muay Thai continues to gain international recognition and attract learners from diverse cultural backgrounds, the managerial responsibilities of camp owners and managers have become increasingly complex. In addition to maintaining the authenticity of Muay Thai traditions, managers must respond to evolving market demands, international service expectations, and competitive industry conditions. Consequently, the development of a comprehensive managerial competency framework has become essential for supporting the sustainable growth and international competitiveness of Muay Thai camps.

Concepts and Theories of Competency

Competency is generally defined as a set of underlying characteristics, knowledge, skills, abilities, and personal attributes that contribute to effective job performance and distinguish superior performers from average performers (McClelland, 1973; Boyatzis, 1982; Spencer & Spencer, 1993). McClelland (1973) argued that competency is a more reliable predictor of job performance than traditional measures such as intelligence tests and academic qualifications. Building on this perspective, Boyatzis (1982) described competency as an individual's capability to demonstrate behaviors that lead to effective performance in a specific job context. Similarly, Spencer and Spencer (1993) defined competency as an underlying characteristic of an individual that is causally related to superior performance in a particular role or situation.

Within the field of human resource management, competency-based approaches are widely used for employee selection, performance evaluation, and development (Armstrong, 2023), career advancement, and succession planning. Competency assessment typically focuses on both core competencies, which reflect organizational values and strategic objectives, and functional competencies, which are specific to particular job roles and responsibilities. As a result, competency frameworks provide organizations with a systematic mechanism for aligning individual performance with organizational goals.

At the organizational level, competencies may also be viewed as strategic resources that contribute to sustainable competitive advantage (Armstrong, 2023). Organizational competencies support the achievement of institutional missions and strategic objectives by ensuring that employees possess the

knowledge, skills, and behaviors required for effective performance. Functional competencies are associated with specific areas of responsibility, such as finance, marketing, operations, and human resource management, whereas managerial competencies emphasize leadership, planning, decision-making, problem-solving, coordination, and the ability to achieve results through the effective utilization of organizational resources.

In the context of Muay Thai camp management, competency should be viewed as a multidimensional construct encompassing technical expertise, managerial capability, leadership effectiveness, interpersonal skills, ethical conduct, strategic thinking, and continuous professional development. Given the increasing internationalization of Muay Thai and the growing expectations of foreign learners and sports tourists, camp managers must possess competencies that enable them to manage resources efficiently, maintain service quality, foster positive customer experiences, and preserve the cultural authenticity of Muay Thai. Therefore, the identification of key managerial competencies is essential for supporting the development of Muay Thai camps toward internationally recognized standards and enhancing their long-term competitiveness.

Ethnographic Delphi Futures Research (EDFR)

Ethnographic Delphi Futures Research (EDFR) is a qualitative futures-oriented research methodology that integrates the strengths of the Delphi technique with ethnographic futures inquiry. Developed by Jumbol Poolphatrachivin, EDFR is designed to facilitate the systematic collection, refinement, and synthesis of expert opinions regarding complex issues for which empirical evidence may be limited or where future-oriented perspectives are required. The approach functions not only as a research methodology but also as a structured communication process that enables experts to share, evaluate, and refine their judgments through multiple rounds of inquiry.

A distinctive feature of EDFR is its ability to generate informed consensus among experts while preserving the independence of individual opinions. Unlike conventional focus groups or brainstorming sessions, which may be influenced by dominant participants or group dynamics, EDFR allows experts to provide judgments independently and reconsider their responses based on aggregated feedback from the panel. Through successive rounds of data collection and analysis, expert opinions gradually converge, resulting in a stable and reliable consensus.

EDFR is particularly appropriate for studies aimed at identifying desirable characteristics, future directions, competency frameworks, policy recommendations, and strategic development priorities. The methodology enables researchers to combine qualitative insights derived from expert experience with systematic procedures for assessing agreement among participants. As a result, EDFR has been widely employed in educational research, organizational development, human resource management, and strategic planning studies.

In the present study, EDFR was considered the most appropriate methodology because the development of a competency model for Muay Thai camp managers toward internationally recognized standards requires expert knowledge, professional judgment, and practical experience rather than direct quantitative measurement. The methodology provided a systematic process for identifying, refining, and validating the competencies considered essential for effective camp management in an increasingly international and competitive environment. Furthermore, the use of EDFR enabled the study to establish a high level of consensus among experienced Muay Thai camp managers regarding the competencies necessary for advancing Muay Thai camps toward international standards.

Research Conceptual Framework

This study was guided by concepts and theories of management, competency, and Muay Thai camp standards in both Thailand and international contexts. These theoretical foundations were synthesized and analyzed through the Ethnographic Delphi Futures Research (EDFR) technique to identify and validate the key competency domains required for Muay Thai camp managers. The resulting framework comprises six core competency domains that support the development of Muay Thai camps toward internationally recognized standards. The conceptual framework of the study is presented in Figure 3.



Figure 3 Conceptual Framework for Developing Competencies of Muay Thai Camp Managers Toward International Standards.

Research Methodology

This study employed a qualitative research methodology using the Ethnographic Delphi Futures Research (EDFR) approach. The research process consisted of three main stages.

First, the key informants consisted of 17 Muay Thai camp managers selected through purposive sampling based on the criteria proposed by Macmillan (1971). The participants were chosen because of their extensive experience in camp management and their involvement in the development of Muay Thai services for international markets.

Second, the research instruments included a semi-structured interview protocol and two rounds of questionnaires. The interview protocol was developed through a review of management theories, competency theories, relevant studies, the Boxing Act B.E. 2542 (1999), professional Muay Thai camp evaluation criteria, international Muay Thai camp standards, and guidelines for the inspection of overseas Muay Thai camps. The first round of data collection involved in-depth interviews using open-ended questions. The interview data were analyzed through content analysis and synthesized into preliminary competency domains and sub-competencies.

Based on the findings from the first round, a questionnaire was developed to evaluate the importance and appropriateness of the proposed competencies. Prior to administration, the questionnaire was reviewed by three experts in education and Muay Thai-related fields. Content validity was assessed using the Index of Item-Objective Congruence (IOC), and all items achieved an IOC value of 1.00.

The second-round questionnaire was then administered to the same panel of experts to confirm and refine the findings. Participants were provided with the median and interquartile range (IQR) values obtained from the previous round and were invited to reconsider their responses in light of the group feedback. The results demonstrated a high level of stability and consensus among the experts, and no competency items required further revision.

Third, data analysis was conducted in three stages. The interview data were transcribed and analyzed using content analysis, with findings compared against the theoretical framework and relevant literature. The questionnaire data were analyzed using the median and interquartile range (IQR) to assess expert consensus. Competency items were retained if they achieved a median score of at least 3.50 and an interquartile range of no more than 1.50. Finally, the validated competency framework was interpreted and synthesized based on expert consensus.

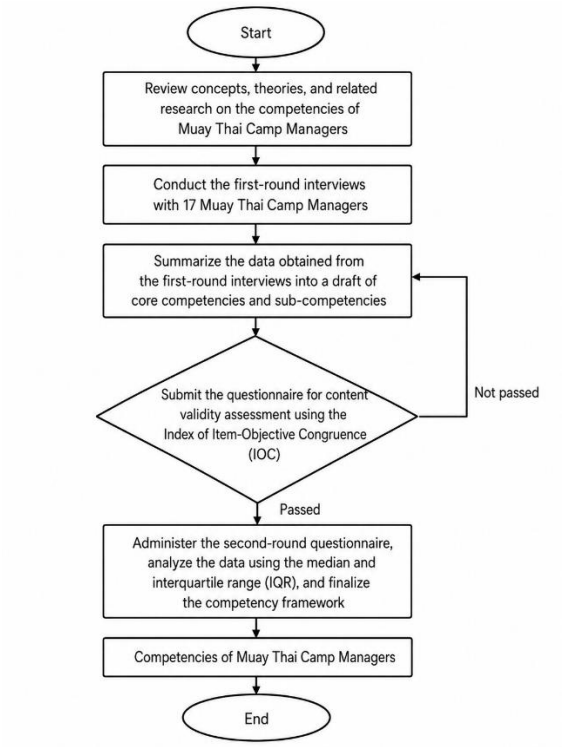


Figure 4 Research Process of the Ethnographic Delphi Futures Research (EDFR) Methodology.

Results

Part I: Competency Structure of Muay Thai Camp Managers Toward International Standards

The findings identified a competency framework consisting of six core competency domains and twenty-four sub-competencies considered essential for Muay Thai camp managers seeking to develop their camps in accordance with internationally recognized standards. The competency domains and their corresponding sub-competencies are presented as follows.

1. **Strategic Planning**
   - Strategic Vision
   - Proactive Goal Setting
   - Reputation Management
   - Business Development
2. **Business and Resource Management**
   - Financial Management
   - Knowledge of Legal and Regulatory Requirements
   - Human Resource Management
   - Facilities Management
   - Program Planning and Administration

3. Muay Thai and Sports Science Knowledge

- Expertise in Muay Thai
- Knowledge of Sports Science
- Knowledge Transfer and Instructional Skills
- Assessment and Evaluation

4. Communication Skills and Human Relations

- Foreign Language Proficiency
- Interpersonal Communication Skills
- Relationship Building and Customer Engagement
- Feedback Management and Complaint Handling

5. Personal Attributes and Ethics

- Passion and Resilience
- Leadership
- Professionalism and Professional Image
- Discipline

6. Continuous Self-Development

- Continuous Learning
- Service Quality Improvement
- Creativity and Innovation

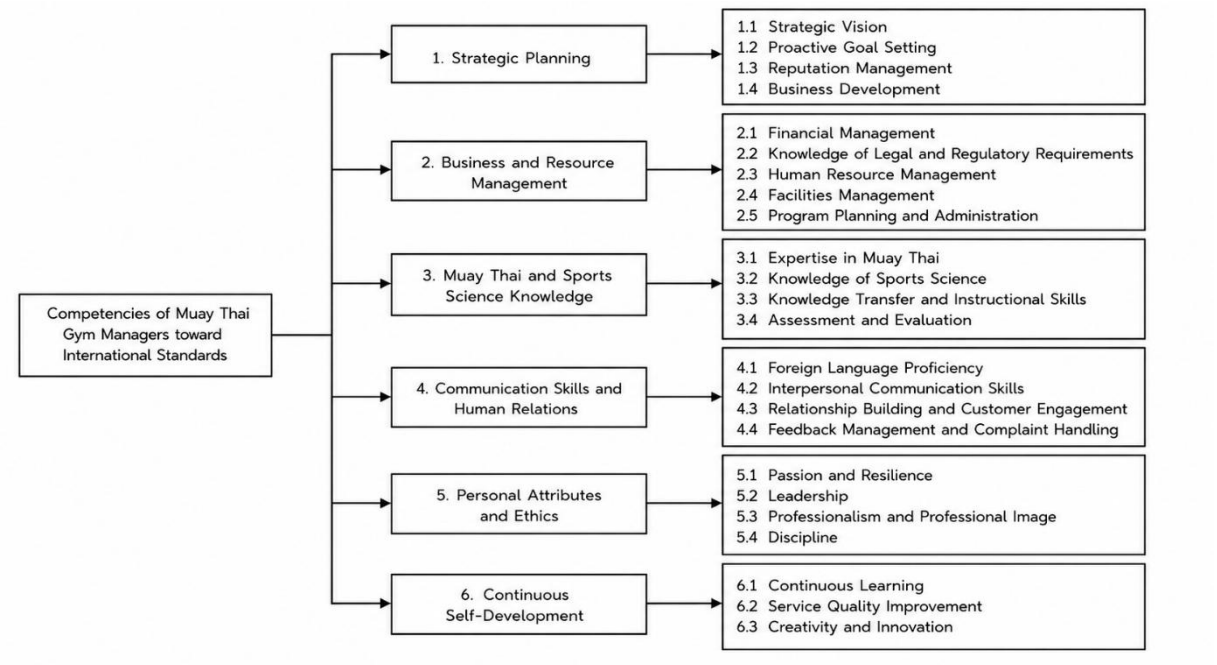


Figure 5 Competency Framework for Muay Thai Camp Managers Toward International Standards.

Part II: Statistical Confirmation of the Competency Model

The second phase of the analysis was conducted to verify and refine the competency framework through expert consensus. The findings indicated a high degree of consistency and stability among the expert panel. All six competency domains were rated as highly important, with median scores of 5.00 and interquartile ranges (IQRs) ranging from 0 to 1. These results demonstrate a strong level of agreement among the experts regarding the competencies required for Muay Thai camp managers to operate effectively in accordance with internationally recognized standards.

Table 1 presents the median and interquartile range values for each competency domain. The results show that all domains achieved the highest level of expert agreement, indicating that the proposed competency framework is both relevant and appropriate for supporting the development of Muay Thai camps toward international standards.

Table 1 Summary of Expert Consensus on the Competency Domains for Muay Thai Camp Managers Toward International Standards.

Competency Domain	Representative Competencies	Median	IQR
Strategic planning	Strategic vision; proactive goal setting; reputation management; business development	5	0
Business and resource management	Financial management; knowledge of legal and regulatory requirements; human resource management; facilities management; program planning and administration	5	0–1
Knowledge and Skills in Muay Thai and Sports Science	Expertise in Muay Thai; knowledge of sports science; knowledge transfer and instructional skills; assessment and evaluation	5	0–1
Communication skills and human relations	Foreign language proficiency; interpersonal communication skills; relationship building and customer engagement; feedback management and complaint handling	5	0–1
Personal attributes and ethics	Passion and resilience; leadership; professionalism and professional image; discipline	5	0
Continuous self-development	Continuous learning; service quality improvement; creativity and innovation	5	0

Strategic Planning

The strategic planning domain was rated as highly important by the expert panel, reflecting strong consensus regarding its significance in the effective management of Muay Thai camps. Key competencies within this domain included strategic vision, proactive goal setting, reputation management, and business development. The findings suggest that Muay Thai camp managers recognize the importance of establishing a clear long-term direction to support organizational growth and sustainability. In an increasingly competitive international environment, strategic planning may contribute to enhancing organizational reputation, expanding market opportunities, and improving the overall competitiveness of Muay Thai camps. These results highlight the critical role of strategic management in supporting the development of Muay Thai camps toward internationally recognized standards.

Business and Resource Management

The business and resource management domain was rated as highly important by the expert panel, particularly in relation to financial management, human resource management, facilities management, and program planning. The findings indicate that effective management of Muay Thai camps requires the ability to allocate resources efficiently, manage personnel effectively, and ensure that facilities and training programs meet organizational and service quality standards. Although the competency related to legal and regulatory requirements exhibited a slightly wider range of responses than other competencies within this domain, it was nevertheless regarded as highly important. This finding reflects the need for camp managers to understand and comply with relevant regulations and administrative requirements in order to support effective and sustainable camp operations.

Knowledge and Skills in Muay Thai and Sports Science

The domain of knowledge and skills in Muay Thai and sports science was rated as highly important by the expert panel. Key competencies included expertise in Muay Thai, knowledge of sports science, instructional skills, and the ability to assess and evaluate learner performance. The findings suggest that effective Muay Thai camp management requires not only technical proficiency in Muay Thai but also an understanding of scientific principles that support training effectiveness, physical development, and learner safety. Furthermore, competencies related to knowledge transfer and learner assessment were considered essential, highlighting the importance of instructional capability and training expertise in delivering high-quality learning experiences for both domestic and international participants.

Communication Skills and Human Relations

The communication and human relations domain was rated as highly important by the expert panel, particularly in relation to interpersonal communication, relationship building, customer engagement, and responsiveness to feedback and complaints. These competencies reflect the importance of effective interaction and service delivery in Muay Thai camps that serve learners from diverse cultural and linguistic backgrounds. Foreign language proficiency was also regarded as highly important, although it exhibited

slightly greater variation in expert ratings than other competencies within this domain. This finding suggests that language skills remain an important area for professional development, particularly for camp managers seeking to enhance service quality and communication with international clients.

Personal Attributes and Ethics

The personal attributes and ethics domain was rated as highly important by the expert panel. Key competencies within this domain included leadership, discipline, professionalism, and resilience in addressing challenges. The findings indicate that personal and ethical qualities are considered essential characteristics of effective Muay Thai camp managers. These competencies support professional conduct, organizational credibility, and positive relationships with learners and other stakeholders. Given the cultural significance of Muay Thai, the experts emphasized that managerial effectiveness involves not only operational capability but also ethical behavior and professional responsibility.

Continuous Self-Development

The continuous self-development domain was rated as highly important by the expert panel. Key competencies within this domain included continuous learning, service quality improvement, and creativity and innovation. The findings indicate that Muay Thai camp managers recognize the importance of ongoing professional development in responding to changing industry demands and evolving service expectations. The emphasis placed on acquiring new knowledge, improving service quality, and fostering innovation suggests that continuous development is an essential component of effective camp management. These competencies may contribute to organizational adaptability, service excellence, and the long-term sustainability of Muay Thai camps operating in an increasingly competitive international environment.

Discussion

The findings of this study indicate that the development of Muay Thai camps toward internationally recognized standards requires a multidimensional competency profile among Muay Thai camp managers. The six competency domains identified in this study suggest that effective camp management involves not only routine administrative responsibilities but also strategic planning, resource management, technical expertise, communication ability, ethical conduct, and continuous professional development. This finding is consistent with competency-based perspectives, which emphasize that effective job performance is shaped by the integration of knowledge, skills, personal attributes, and role-specific capabilities.

The strategic planning domain highlights the importance of long-term vision, proactive goal setting, reputation management, and business development in supporting camp sustainability. In an increasingly competitive international environment, Muay Thai camp managers need to establish clear organizational directions and respond effectively to changing market demands. This finding is consistent with contemporary management theory, which identifies strategic planning and long-term organizational direction as key

determinants of organizational effectiveness and sustainable organizational development (Robbins & Coulter, 2022). Therefore, strategic planning can be regarded as a critical managerial competency for camps seeking to strengthen their competitiveness and position themselves within the global Muay Thai and sports tourism markets.

The business and resource management domain further indicates that the development of Muay Thai camps toward international standards depends on effective organizational systems. Competencies related to financial management, human resource management, facilities management, legal and regulatory knowledge, and program administration are essential for ensuring that camps can deliver reliable and high-quality services. These findings reflect the importance of systematic management in service-oriented organizations, particularly where service quality, customer safety, and operational consistency are central to organizational credibility. These findings are consistent with human resource and organizational management literature, which identifies effective resource allocation and managerial capability as essential components of organizational performance (Armstrong, 2023).

The domain of knowledge and skills in Muay Thai and sports science demonstrates that effective camp management requires both traditional Muay Thai expertise and an understanding of contemporary training principles. While technical knowledge of Muay Thai remains central to the identity and credibility of a camp, knowledge of sports science can support training effectiveness, learner safety, assessment, and physical development. This result indicates that Muay Thai camp managers should be able to integrate cultural knowledge with evidence-informed training practices in order to meet the expectations of both domestic and international learners. The findings are consistent with competency theory, which suggests that effective performance depends on the integration of knowledge, skills, and behavioral capabilities relevant to specific job requirements (Boyatzis, 1982; Spencer & Spencer, 1993).

The communication and human relations domain emphasizes the importance of service interaction in the internationalization of Muay Thai camps. Foreign learners and sports tourists evaluate their experiences not only through the quality of technical instruction but also through communication, responsiveness, hospitality, and the overall service environment. Therefore, competencies such as foreign language proficiency, interpersonal communication, relationship building, and complaint handling are important for improving learner satisfaction and strengthening the professional image of Muay Thai camps. These findings are also aligned with sport tourism and service management literature, which suggests that visitor experiences are shaped not only by the technical quality of services but also by interpersonal interactions and overall service delivery (Parent & Smith-Swan, 2024).

The personal attributes and ethics domain suggests that effective camp management is also influenced by the personal conduct and ethical responsibility of managers. Leadership, discipline, professionalism, and resilience contribute to trust, organizational credibility, and positive relationships with learners, staff, and external stakeholders. In the context of Muay Thai, where cultural values and respect

for tradition remain significant, ethical behavior and professional responsibility are important elements of managerial effectiveness.

Finally, the continuous self-development domain indicates that Muay Thai camp managers need to engage in ongoing learning, service quality improvement, and innovation. International standards should not be viewed as fixed requirements but as evolving benchmarks that require continuous adaptation. The ability to acquire new knowledge, improve services, and respond to changing industry conditions may enhance the long-term sustainability and competitiveness of Muay Thai camps. This finding is consistent with competency development theories, which emphasize continuous learning, self-improvement, and professional growth as important characteristics of effective managers and organizational leaders (Boyatzis, 1982; Armstrong, 2023).

Overall, the findings suggest that the proposed competency framework can serve as a practical guideline for developing Muay Thai camp managers in accordance with internationally recognized standards. The framework may be applied in managerial training, personnel selection, professional development, and quality improvement initiatives. By strengthening managerial competencies across these six domains, Muay Thai camps may be better positioned to enhance service quality, support sports tourism, preserve the cultural value of Muay Thai, and contribute to Thailand’s broader soft power strategy through the international promotion of Thai cultural assets (Nye, 2004).

Recommendations for Practical Application

1. Relevant organizations, including the Sports Authority of Thailand, Muay Thai associations, and Muay Thai camps, should consider adopting the proposed competency framework as a guideline for defining the qualifications and competencies expected of Muay Thai camp managers. Such adoption may facilitate the establishment of common managerial standards for camps serving both domestic and international learners.

2. Muay Thai camps should utilize the competency framework to assess managerial strengths and areas for development and to design targeted professional development programs. Particular emphasis should be placed on communication skills, customer service, and the management of international learners in order to enhance service quality and strengthen Thailand’s reputation as a leading destination for Muay Thai training.

3. Public and private sector organizations should support the development of Muay Thai camps as strategic platforms for promoting Thailand’s cultural heritage and soft power. This may be achieved by strengthening the integration of Muay Thai camp development with sports tourism, cultural tourism, and related service industries.

4. Educational institutions, government agencies, and professional organizations should collaborate in developing training programs, certificate courses, and executive development initiatives for Muay Thai camp managers. These programs should focus on strategic planning, business and resource management, service quality improvement, communication skills, and the integration of Muay Thai knowledge with sports science to prepare managers for increasingly competitive international environments.

Recommendations for Future Research

1. Future research should employ quantitative methods to examine and validate the structural relationships among the competency domains identified in this study. Techniques such as exploratory factor analysis (EFA), confirmatory factor analysis (CFA), or structural equation modeling (SEM) may be used to establish the validity and reliability of the proposed competency framework.

2. Future studies should expand the participant population to include Muay Thai trainers, operational staff, international learners, sports tourists, and representatives from relevant public and private organizations. Incorporating multiple stakeholder perspectives may provide a more comprehensive understanding of the competencies required for effective Muay Thai camp management.

3. Further research should investigate the relationships between managerial competencies and organizational outcomes, such as service quality, learner satisfaction, customer retention, camp reputation, business performance, and international competitiveness. Such studies would provide empirical evidence regarding the practical impact of managerial competencies on organizational success.

4. Experimental, developmental, or action research studies should be conducted to design, implement, and evaluate competency development programs for Muay Thai camp managers. Future research may examine the effectiveness of these programs in enhancing managerial performance, service quality, and organizational outcomes in real-world settings.

5. Comparative studies may also be undertaken to examine differences in managerial competencies among Muay Thai camps of varying sizes, certification levels, or target markets. Such investigations could provide insights into context-specific competency requirements and support the development of more specialized managerial training programs.

References

Armstrong M. (2023). Armstrong's handbook of human resource management practice. 16th Edition. Kogan Page: London.

Bangmo S. (2002). Organization and management. Phatthana Sueksa: Bangkok.

Boyatzis R.E. (1982). The competent manager: A model for effective performance. John Wiley & Sons: New York.

Boxing Act B.E. 2542 (1999). Royal Thai Government Gazette. 116(128 Kor): 11–25.

Macmillan T.T. (1971). The Delphi technique. Santa Barbara City Schools: Santa Barbara.

McClelland D.C. (1973). Testing for competence rather than for intelligence. American Psychologist. 28(1): 1–14. DOI: 10.1037/h0034092.

Nye J.S. (2004). Soft power: The means to success in world politics. PublicAffairs: New York.

Parent M.M. and Smith-Swan S. (2024). Managing major sports events: Theory and practice. 4th Edition. Routledge: London.

Robbins S.P. and Coulter M. (2022). Management. 15th Edition. Pearson: Harlow.

Sports Authority of Thailand. (2021). Professional Muay Thai camp standards: Revised edition B.E. 2563. Sports Authority of Thailand: Bangkok.

Spencer L.M., Jr. and Spencer S.M. (1993). Competence at work: Models for superior performance. John Wiley & Sons: New York.

Tengkusulaiman R., Pitaksan W. and Sathiramanat K. (2011). Muay Thai: A commercial innovation for the Andaman tourism low season. Research report. Thailand Research Fund: Bangkok.

Tourism Authority of Thailand. (2023). Report on the situation of sports and wellness tourism in Thailand. Tourism Authority of Thailand: Bangkok.

Tueyu A. (2011). The development of quality standard criteria for Muay Thai camps in Thailand. Doctoral dissertation. Chulalongkorn University.

United Nations World Tourism Organization. (2022). Global report on sports tourism. United Nations World Tourism Organization: Madrid.

การบูรณาการฐานข้อมูลรุกขมรดกและพรรณไม้สำคัญในพื้นที่เขตพระนคร เพื่อการจัดการภูมิทัศน์วัฒนธรรมสู่เมืองยั่งยืน

Integration of Heritage Tree and Significant Plant Database in Phra Nakhon District for Cultural Landscape Management toward Sustainable Urban Development

เอกชัย พุมดวง[1*] และยุสนีย์ โสมทัศน์[1]
Ekachai Phumduang[1*] and Yussanee Sommathat[1]

[1]คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต กรุงเทพมหานคร
[*]Corresponding Author E-mail Address : ekachai_phu@dusit.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยเรื่อง “การบูรณาการฐานข้อมูลรุกขมรดกและพรรณไม้สำคัญในพื้นที่เขตพระนครเพื่อการจัดการภูมิทัศน์วัฒนธรรมสู่เมืองยั่งยืน” มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาระบบจัดเก็บฐานข้อมูลรุกขมรดกและพรรณไม้สำคัญในพื้นที่เขตพระนคร กรุงเทพมหานคร และ 2) เสนอแนวทางเพื่อการจัดการภูมิทัศน์วัฒนธรรมในพื้นที่เขตพระนคร โดยใช้การวิจัยแบบผสมผสาน ทั้งการเก็บข้อมูลเชิงคุณภาพผ่านการสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้างและการสนทนากลุ่มกับเจ้าหน้าที่สำนักงานเขตพระนคร ผู้นำชุมชน และประชาชนในพื้นที่ รวมถึงการสำรวจภาคสนามพรรณไม้ในถนนสายหลัก 9 สาย เครื่องมือที่ใช้ประกอบด้วยระบบวัดพิกัดภูมิศาสตร์ เทปวัดระยะ ไคลโนมิเตอร์ กล้องถ่ายภาพ และระบบฐานข้อมูลที่พัฒนาด้วย Google Form และ Google Sheet

ผลการวิจัยพบว่า สามารถพัฒนาระบบจัดเก็บฐานข้อมูลที่รองรับการบันทึกข้อมูลต้นไม้รายต้นแบบ real-time ผ่านสมาร์ตโฟน โดยจัดเก็บข้อมูลชนิดพรรณไม้ ขนาด ความสูง พิกัด ภาพถ่าย และสถานภาพต้นไม้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ เหมาะสมต่อการใช้งานของหน่วยงานท้องถิ่น จากการสำรวจพบพรรณไม้จำนวน 1,243 ต้น 17 ชนิด โดยชนิดเด่น ได้แก่ ประดู่ มะขาม อินทนิล ชมพูพันธุ์ทิพย์ และพิกุล ถนนราชดำเนินเป็นพื้นที่ที่มีจำนวนต้นไม้มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 57.12 ของจำนวนทั้งหมด และพบรุกขมรดกและต้นไม้สำคัญจำนวน 5 รายการที่มีคุณค่าทางประวัติศาสตร์ สังคม และวัฒนธรรม

ข้อเสนอแนวทางการจัดการภูมิทัศน์วัฒนธรรมประกอบด้วย การพัฒนาฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ การกำหนดเขตอนุรักษ์รุกขมรดก การอนุรักษ์ต้นไม้ตามคุณค่า การมีส่วนร่วมของชุมชน การเชื่อมโยงสู่การเรียนรู้และการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรม และการบูรณาการข้อมูลเข้าสู่แผนพัฒนาเมืองตามกรอบแนวคิดภูมิทัศน์เมืองประวัติศาสตร์เพื่อสนับสนุนการอนุรักษ์เมืองเก่าและการพัฒนาเมืองอย่างยั่งยืน

คำสำคัญ: รุกขมรดก พรรณไม้สำคัญ ฐานข้อมูล ภูมิทัศน์วัฒนธรรม เขตพระนคร

Abstract

This research, entitled Integration of Heritage Tree and Significant Plant Database in Phra Nakhon District for Cultural Landscape Management toward Sustainable Urban Development, aimed to: 1) develop a database management system for heritage trees and significant plant species in Phra Nakhon District, Bangkok, and 2) propose guidelines for cultural landscape management in the study area. A mixed-methods approach was employed, including semi-structured interviews and focus group discussions with district officers, community leaders, and local residents, combined with field surveys of street trees along nine major roads in Phra Nakhon District. Research instruments included GPS devices, measuring tapes, clinometers, digital cameras, and a database system developed using Google Forms and Google Sheets.
The results indicated that the developed database system effectively supports real-time tree data collection via smartphones, allowing users to record species name, tree dimensions, height, geographic coordinates, photographs, and tree conditions. The system was practical and suitable for local authority use. Field surveys identified 1,243 trees representing 17 species, with dominant species including *Pterocarpus macrocarpus*, *Tamarindus indica*, *Lagerstroemia macrocarpa*, *Tabebuia rosea* and *Mimusops elengi L*. Ratchadamnoen Road contained the highest number of trees, accounting for 57.12% of the total surveyed trees. In addition, five heritage trees and culturally significant trees were identified based on historical, social, and cultural values.

The proposed cultural landscape management guidelines include the development of a spatial database, designation of heritage tree conservation zones, value-based tree conservation, community participation, integration with educational and cultural tourism routes, and incorporation into urban planning policies under the Historic Urban Landscape (HUL) framework. These findings contribute to sustainable urban heritage conservation and long-term green infrastructure management in Bangkok's historic district.

Keywords: Heritage tree, significant plants, database system, cultural landscape, Phra Nakhon District

บทนำ

เขตพระนคร กรุงเทพมหานคร เป็นพื้นที่ประวัติศาสตร์สำคัญของประเทศไทยในฐานะศูนย์กลางของกรุงรัตนโกสินทร์ตั้งแต่ พ.ศ. 2325 และเป็นพื้นที่ที่สะท้อนพัฒนาการทางประวัติศาสตร์ การเมือง สังคม และวัฒนธรรมอย่างต่อเนื่อง ผ่านองค์ประกอบทางกายภาพ เช่น พระบรมมหาราชวัง วัดสำคัญ ป้อมปราการ คูคลอง ชุมชนดั้งเดิม ตลอดจนพื้นที่สาธารณะประวัติศาสตร์ อาทิ สนามหลวง สวนสราญรมย์ และสวนสันติชัยปราการ อย่างไรก็ตาม ภูมิทัศน์ของเขตพระนครยังรวมถึงองค์ประกอบธรรมชาติ โดยเฉพาะต้นไม้ใหญ่เก่าแก่และพรรณไม้สำคัญที่เป็นส่วนหนึ่งของภูมิทัศน์วัฒนธรรมของเมือง (UNESCO, 2011) ในอดีต พื้นที่พระนครมีลักษณะเป็นเมืองสวนและเมืองน้ำ มีการปลูกต้นไม้ควบคู่กับการวางผังเมืองมา

อย่างยาวนาน โดยเฉพาะในพื้นที่วัด พระราชวัง และสวนหลวง เช่น การสร้าง สวนสราญรมย์ ในสมัยพระบาทสมเด็จพระจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว ซึ่งได้รับการออกแบบให้เป็นสวนแบบตะวันตกพร้อมการปลูกไม้ประดับและไม้ยืนต้นจำนวนมาก รวมทั้งการพัฒนาพื้นที่สีเขียวในพระราชฐานและสวนสาธารณะในสมัยพระบาทสมเด็จพระจุลจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว ซึ่งสะท้อนแนวคิดการพัฒนาเมืองสมัยใหม่ที่ผสานธรรมชาติกับภูมิทัศน์เมือง (Bangkok Metropolitan Administration, 2024) นอกจากนี้ วัดและชุมชนในเขตพระนครยังมีธรรมเนียมการปลูกต้นไม้ที่สัมพันธ์กับความเชื่อและการใช้ประโยชน์ เช่น การปลูกต้นโพธิ์ในพื้นที่พุทธศาสนา ต้นไทรในพื้นที่ศาลและชุมชน ต้นมะขามรอบสนามหลวง ต้นพิกุลและจำปีในวัดและเรือนโบราณ ตลอดจนต้นตะเคียนและยางนาที่พบในพื้นที่เก่าแก่บางแห่ง ต้นไม้เหล่านี้มิได้เป็นเพียงองค์ประกอบทางภูมิทัศน์ แต่ยังเป็น มรดกมีชีวิต (living heritage) ที่เชื่อมโยงกับประวัติศาสตร์ ความทรงจำ และอัตลักษณ์ของพื้นที่ (Jim, 2004)

ต้นไม้ใหญ่ในเมืองมีบทบาทสำคัญทั้งด้านนิเวศ เศรษฐกิจ สังคม และวัฒนธรรม โดยช่วยลดปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมือง (urban heat island) ดูดซับมลพิษ ลดฝุ่นละออง เพิ่มความหลากหลายทางชีวภาพ และสร้างพื้นที่ร่มเงาสำหรับกิจกรรมสาธารณะ (Konijnendijk et al., 2005) สำหรับเขตพระนครซึ่งเป็นพื้นที่เมืองเก่าที่มีความหนาแน่นสูง พื้นที่สีเขียวจำกัด และมีนักท่องเที่ยวจำนวนมาก ต้นไม้ขนาดใหญ่จึงมีบทบาทอย่างยิ่งต่อคุณภาพสิ่งแวดล้อมและคุณภาพชีวิตของประชาชน อย่างไรก็ตาม การเปลี่ยนแปลงของเมืองที่ผ่านมาส่งผลให้ต้นไม้ใหญ่และต้นไม้เก่าแก่ในเขตพระนครเผชิญความเสี่ยงจากการตัดแต่งที่ไม่เหมาะสม การกระทบกระเทือนระบบราก การเสื่อมโทรม และการสูญหายโดยไม่มีระบบติดตามข้อมูลที่ชัดเจน ขณะเดียวกัน แม้กรุงเทพมหานครจะมีนโยบายเพิ่มพื้นที่สีเขียวและปลูกต้นไม้ในเมือง แต่การบริหารจัดการต้นไม้เก่าแก่หรือรุกขมรดกในพื้นที่ประวัติศาสตร์ยังขาดระบบฐานข้อมูลที่เชื่อมโยงข้อมูลเชิงพื้นที่ คุณค่าทางประวัติศาสตร์และสถานภาพการอนุรักษ์อย่างเป็นระบบ ข้อมูลจากการวิจัย เรื่องการประเมินความหลากหลายของพรรณไม้ใหญ่ในพื้นที่ที่กำลังพัฒนาเป็นเมืองอย่างรวดเร็วบริเวณริมฝั่งแม่น้ำเจ้าพระยา ภาคกลางของประเทศไทย (Asanok et al., 2021) พบว่าต้นไม้ขนาดใหญ่ในพื้นที่ลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยามีคุณค่าสูงทั้งด้านระบบนิเวศและวัฒนธรรม และควรได้รับการขึ้นทะเบียนเป็นรุกขมรดก โดยเฉพาะในเขตเมืองที่มีการขยายตัวอย่างรวดเร็วอย่างกรุงเทพมหานคร ทั้งนี้ยังพบว่าประเทศไทยยังมีข้อมูลต้นไม้ใหญ่ในเมืองค่อนข้างจำกัด จึงจำเป็นต้องมีการสำรวจและจัดทำฐานข้อมูลอย่างเป็นระบบเพื่อสนับสนุนการอนุรักษ์และการบริหารจัดการในระยะยาว

การจัดทำฐานข้อมูลรุกขมรดกและพรรณไม้สำคัญในพื้นที่เขตพระนครจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง เนื่องจากช่วยรวบรวมข้อมูลสำคัญ ได้แก่ ชนิดพันธุ์ อายุโดยประมาณ ขนาด สุขภาพ พิกัดที่ตั้ง คุณค่าทางประวัติศาสตร์และวัฒนธรรม ตลอดจนสถานภาพการอนุรักษ์ของต้นไม้แต่ละต้น ฐานข้อมูลดังกล่าวสามารถพัฒนาเป็นระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) เพื่อแสดงตำแหน่งและการกระจายตัวของต้นไม้ในเชิงพื้นที่ สนับสนุนการวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยง การวางแผนดูแลรักษา และการตัดสินใจเชิงนโยบาย ทั้งนี้แนวคิดภูมิทัศน์เมืองประวัติศาสตร์ (Historic Urban Landscape: HUL) ของ UNESCO (2011) เสนอให้การอนุรักษ์เมืองประวัติศาสตร์ต้องคำนึงถึงองค์ประกอบทางธรรมชาติร่วมกับมรดกทางวัฒนธรรม โดยมองว่าต้นไม้พื้นที่สีเขียว และระบบนิเวศเมืองเป็นส่วนหนึ่งของภูมิทัศน์วัฒนธรรมที่ควรได้รับการอนุรักษ์ควบคู่กับโบราณสถาน อาคาร และชุมชน ดังนั้น การบูรณาการฐานข้อมูลรุกขมรดกและพรรณไม้สำคัญจึงสามารถเชื่อมโยงข้อมูลธรรมชาติ ประวัติศาสตร์และการใช้ประโยชน์พื้นที่เข้าด้วยกัน นอกจากการอนุรักษ์แล้ว ฐานข้อมูลดังกล่าวยังสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในหลายมิติ เช่น การพัฒนาเส้นทางท่องเที่ยวต้นไม้สำคัญและภูมิทัศน์วัฒนธรรม การเรียนรู้ การส่งเสริมการมีส่วนร่วมของชุมชน และการสร้างฐานข้อมูลกลางสำหรับหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ซึ่งสอดคล้องกับแนวทางการพัฒนาเมืองยั่งยืน โดยเฉพาะ เป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน (SDG 11: Sustainable Cities and Communities) ที่มุ่งเน้นการพัฒนาเมืองให้มีความปลอดภัย ครอบคลุม ยืดหยุ่น และยั่งยืน

แม้ว่าปัจจุบันจะมีการศึกษาเกี่ยวกับต้นไม้ใหญ่ในเขตเมือง การจัดการป่าในเมือง และการอนุรักษ์ภูมิทัศน์วัฒนธรรมในหลายพื้นที่ของประเทศไทย เช่น การสำรวจต้นไม้ขนาดใหญ่บริเวณลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยา (Asanok et al., 2021) และการจัดการต้นไม้เมืองด้วยแนวคิด smart urban forest (Srinurak et al., 2024) แต่ยังพบว่าการศึกษาส่วนใหญ่เน้นประเด็นด้านนิเวศวิทยา การประเมินความหลากหลายทางชีวภาพ หรือการบริหารจัดการพื้นที่สีเขียวในภาพรวม ขณะที่งานวิจัยที่บูรณาการข้อมูลด้านพฤกษศาสตร์ คุณค่าทางประวัติศาสตร์ วัฒนธรรม และข้อมูลเชิงพื้นที่ผ่านระบบสารสนเทศสำหรับการจัดการต้นไม้สำคัญในพื้นที่เมืองประวัติศาสตร์ยังมีอยู่อย่างจำกัด โดยเฉพาะในพื้นที่เขตพระนครซึ่งเป็นพื้นที่แกนกลางของกรุงรัตนโกสินทร์และมีความซับซ้อนด้านการใช้ประโยชน์พื้นที่สูง นอกจากนี้ ยังไม่ปรากฏฐานข้อมูลรุกขมรดกและพรรณไม้สำคัญเฉพาะพื้นที่เขตพระนครที่สามารถเชื่อมโยงข้อมูลรายต้นเข้ากับบริบทภูมิทัศน์วัฒนธรรมได้อย่างเป็นระบบ ส่งผลให้การอนุรักษ์ต้นไม้สำคัญยังขาดเครื่องมือสนับสนุนการตัดสินใจเชิงพื้นที่และการวางแผนระยะยาว ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมุ่งเติมเต็มช่องว่างดังกล่าวผ่านการพัฒนาฐานข้อมูลรุกขมรดกและพรรณไม้สำคัญแบบบูรณาการ เพื่อใช้เป็นเครื่องมือสนับสนุนการจัดการภูมิทัศน์วัฒนธรรมและการพัฒนาเมืองยั่งยืนในพื้นที่เขตพระนครโดยเฉพาะ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาระบบจัดเก็บฐานข้อมูลรุกขมรดกและพรรณไม้สำคัญในพื้นที่เขตพระนคร และ 2) เสนอแนวทางเพื่อการจัดการภูมิทัศน์วัฒนธรรมในพื้นที่เขตพระนคร กรุงเทพมหานคร

ดังนั้น การวิจัยเรื่อง “การบูรณาการฐานข้อมูลรุกขมรดกและพรรณไม้สำคัญในพื้นที่เขตพระนครเพื่อการจัดการภูมิทัศน์วัฒนธรรมสู่เมืองยั่งยืน” จึงมีความสำคัญในฐานะกลไกการพัฒนาองค์ความรู้และเครื่องมือจัดการทรัพยากรสีเขียวในพื้นที่เมืองประวัติศาสตร์ อันจะนำไปสู่การอนุรักษ์ต้นไม้สำคัญ การคงอยู่ของอัตลักษณ์ภูมิทัศน์เมืองเก่า และการสร้างสมดุลระหว่างการอนุรักษ์กับการพัฒนาเมืองในระยะยาวต่อไป

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

เครื่องมือวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ใช้เครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลทั้งเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ ประกอบด้วย 3 ส่วน ได้แก่

1. เครื่องมือสำหรับการเก็บข้อมูลเชิงคุณภาพใช้ แบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง (Semi-structured Interview) และประเด็นสนทนากลุ่ม (Focus Group Discussion Guide) เพื่อรวบรวมความคิดเห็นและข้อเสนอแนะจากผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในพื้นที่ ได้แก่ เจ้าหน้าที่สำนักงานเขตพระนคร ผู้นำชุมชน และประชาชนในพื้นที่ เนื้อหาของแบบสัมภาษณ์และประเด็นสนทนาแบ่งออกเป็น 4 ด้าน ได้แก่ ความต้องการข้อมูลในการจัดเก็บฐานข้อมูลพรรณไม้ แนวทางกำหนดเขตข้อมูล (Field) สำหรับการบันทึกข้อมูลพรรณไม้ ความพร้อมด้านบุคลากร อุปกรณ์ และเทคโนโลยีในการสำรวจและจัดเก็บข้อมูล และแนวทางการคัดเลือกรุกขมรดกและการใช้ประโยชน์ข้อมูลเพื่อจัดการภูมิทัศน์วัฒนธรรม ก่อนนำไปใช้งาน เครื่องมือได้รับการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) โดยผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 3 ท่าน

2. เครื่องมือภาคสนามสำหรับการสำรวจพรรณไม้ ใช้เครื่องมือในการสำรวจและบันทึกข้อมูลพรรณไม้ ดังนี้

2.1 เครื่องระบุตำแหน่งบนพื้นโลก (Global Positioning System: GPS) ใช้สำหรับบันทึกค่าพิกัดภูมิศาสตร์ (ละติจูดและลองจิจูด) ของต้นไม้แต่ละต้น เพื่อใช้จัดทำฐานข้อมูลเชิงพื้นที่และแสดงผลบนแผนที่

2.2 เทปวัดระยะ (Measuring Tape) ใช้วัดเส้นรอบวงต้นไม้ที่ระดับความสูงเพียงอก (Diameter at Breast Height: DBH) ที่ระดับ 1.30 เมตรจากพื้นดิน

2.3 เครื่องวัดความสูงต้นไม้ / ไคลโนมิเตอร์ (Clinometer) ใช้วัดความสูงโดยประมาณของต้นไม้ เพื่อประเมินลักษณะทางกายภาพและศักยภาพการเป็นรุกขมรดก

2.4 กล้องถ่ายภาพดิจิทัลและสมาร์ตโฟน ใช้บันทึกภาพลักษณะโดยรวมของต้นไม้ ลำต้น เรือนยอด และสภาพแวดล้อมโดยรอบ

2.5 สมุดบันทึกภาคสนาม ใช้บันทึกข้อมูลประกอบ เช่น สภาพสุขภาพต้นไม้ การถูกตัดแต่ง ความเสียหาย และบริบทโดยรอบ

3. เครื่องมือสำหรับการจัดทำฐานข้อมูล ใช้เครื่องมือดิจิทัลในการพัฒนาและบริหารจัดการฐานข้อมูลพรรณไม้ ได้แก่ คอมพิวเตอร์และระบบปฏิบัติการ Windows ใช้สำหรับออกแบบฐานข้อมูล ประมวลผลข้อมูล และจัดเก็บข้อมูลสำรอง ใช้พัฒนาแบบฟอร์มออนไลน์บน Google Form สำหรับกรอกข้อมูลภาคสนามผ่านสมาร์ตโฟน ช่วยลดความซ้ำซ้อนในการบันทึกข้อมูลและเพิ่มความสะดวกในการใช้งาน Google Sheet ใช้จัดเก็บ รวบรวม และจัดการข้อมูลพรรณไม้แบบ cloud-based สามารถค้นหา แก้ไข และอัปเดตข้อมูลได้แบบ real-time และ Google Earth ใช้ตรวจสอบตำแหน่งต้นไม้และการกระจายตัวเชิงพื้นที่ร่วมกับข้อมูล GPS

ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

ขั้นตอนที่ 1 การสำรวจข้อมูลเบื้องต้นและกำหนดขอบเขตพื้นที่ศึกษา โดย ศึกษาข้อมูลพื้นที่เขตพระนครจากแผนที่ตัวเมืองกรุงเทพมหานคร (L9013S) มาตราส่วน 1:20,000 ของกรมแผนที่ทหาร ร่วมกับภาพถ่ายทางอากาศจาก Google Earth และ Google Maps เพื่อกำหนดแนวถนนและพื้นที่เป้าหมายสำหรับสำรวจพรรณไม้ทั้งนี้ในการจัดเก็บข้อมูลพรรณไม้ได้ดำเนินการในถนนจำนวน จำนวน 9 สายด้วยกัน ได้แก่ ถนนกรุงเกษม ถนนตะนาว ถนนประชาธิปไตย ถนนพระจันทร์ ถนนพระสุเมรุ ถนนพระอาทิตย์ ถนนเฟื่องนคร ถนนราชดำเนินใน ราชดำเนินกลาง และราชดำเนินนอก และ ถนนสามเสน โดยทำการสำรวจพรรณไม้บริเวณบาทวิถีและเกาะกลางถนนของถนนดังกล่าว

ขั้นตอนที่ 2 การสนทนากลุ่มเพื่อกำหนดเขตข้อมูลฐานข้อมูล กับผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย 12 คน ได้แก่ เจ้าหน้าที่ของสำนักงานเขตพระนคร จำนวน 2 คนได้แก่ หัวหน้าฝ่ายรักษาความสะอาดและสวนสาธารณะ หัวหน้าฝ่ายพัฒนาชุมชน ประชาชนในเขตพระนคร จำนวน 10 คน ได้แก่ ผู้นำชุมชนจาก ชุมชนบ้านพานถม ชุมชนเฟื่องทอง-ตรอกวิสูตร ชุมชนวัดอินทรวิหาร ชุมชนวัดสังเวช และชุมชนวัดใหม่อมตรส ชุมชนละ 2 คน โดยดำเนินการสนทนากลุ่มเพื่อกำหนด field ที่จำเป็นต่อการจัดเก็บข้อมูลพรรณไม้ เช่น ชื่อพรรณไม้ ขนาด ความสูง พิกัด ภาพถ่าย และลักษณะวิสัย

ขั้นตอนที่ 3 การออกแบบระบบฐานข้อมูลต้นแบบ โดยออกแบบฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ (Relational Database) และส่วนติดต่อผู้ใช้ (User Interface) ผ่าน Google Form และ Google Sheet เพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งานภาคสนามผ่านสมาร์ตโฟน

ขั้นตอนที่ 4 การทดสอบระบบฐานข้อมูล ทำการทดสอบระบบโดยจำลองการใช้งานจริง ได้แก่ การเพิ่มข้อมูล การแก้ไขข้อมูล การลบข้อมูล การตรวจสอบความถูกต้องของการแสดงผล จากนั้นปรับปรุงระบบก่อนนำไปใช้งานจริง

ขั้นตอนที่ 5 การสำรวจและจัดเก็บข้อมูลภาคสนาม โดยเจ้าหน้าที่ฝ่ายรักษาความสะอาดและสวนสาธารณะ สังกัดสำนักงานเขตพระนคร จำนวน 18 คน ทำการลงพื้นที่สำรวจต้นไม้ในถนนสายหลัก 9 สายของเขตพระนคร โดยบันทึกข้อมูลพรรณไม้แต่ละต้น ได้แก่ ชื่อพรรณไม้ DBH ความสูง ความกว้างเรือนยอด พิกัด ภาพถ่าย และสถานที่ตั้ง นอกจากนี้ในการตรวจสอบชนิดพรรณไม้ใช้การเปรียบเทียบกับหนังสือพฤกษศาสตร์และฐานข้อมูลพรรณไม้มาตรฐาน

ขั้นตอนที่ 6 การคัดเลือกรุกขมรดกและกำหนดแนวทางจัดการ กับผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย 12 คน ได้แก่ เจ้าหน้าที่ของสำนักงานเขตพระนคร จำนวน 2 คนได้แก่ หัวหน้าฝ่ายรักษาความสะอาดและสวนสาธารณะ หัวหน้าฝ่ายพัฒนาชุมชน ประชาชนในเขตพระนคร จำนวน 10 คน ได้แก่ ผู้นำชุมชนจาก ชุมชนบ้านพานถม ชุมชนเฟื่องทอง-ตรอกวิสูตร ชุมชนวัดอินทรวิหาร ชุมชนวัดสังเวช และชุมชนวัดใหม่อมตรส ชุมชนละ 2 คน โดยดำเนินการสนทนากลุ่มจาก เพื่อคัดเลือกต้นไม้ที่มีคุณค่าด้านอายุ ขนาด ความสำคัญทางประวัติศาสตร์ วัฒนธรรม และภูมิทัศน์ ให้เป็นรุกขมรดก พร้อมเสนอแนวทางจัดการภูมิทัศน์วัฒนธรรม

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ ข้อมูลจากการสัมภาษณ์และการสนทนากลุ่มนำมาวิเคราะห์โดย การวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) วิเคราะห์ประเด็นหลัก แนวคิด และข้อเสนอแนะจากผู้ให้ข้อมูล การวิเคราะห์แบบอุปนัย (Analytic Induction) ใช้วิเคราะห์เชิงตีความเพื่อสร้างข้อสรุปและแนวทางการจัดการรุกขมรดกและภูมิทัศน์วัฒนธรรม

2. การวิเคราะห์ข้อมูลพรรณไม้ ข้อมูลพรรณไม้วิเคราะห์ด้วยสถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ จำนวน (Frequency) ร้อยละ (Percentage) การกระจายตัวของพรรณไม้ตามพื้นที่สำรวจ พร้อมจัดทำตารางแสดงการกระจายตัวของพรรณไม้

3. การวิเคราะห์เพื่อคัดเลือกรุกขมรดก ใช้เกณฑ์พิจารณา ได้แก่ ขนาดต้นไม้ อายุโดยประมาณ ความหายาก คุณค่าทางประวัติศาสตร์และวัฒนธรรม และบทบาทต่อภูมิทัศน์เมือง

ผลการวิจัย

1. ผลพัฒนาระบบจัดเก็บฐานข้อมูลรุกขมรดกและพรรณไม้สำคัญในพื้นที่เขตพระนคร

1.1 ผลการสร้างเครื่องมือสำหรับการจัดเก็บข้อมูลต้นไม้ ที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้จริงในระดับพื้นที่ โดยสนับสนุนการสำรวจพรรณไม้ การบริหารจัดการพื้นที่สีเขียว และการอนุรักษ์รุกขมรดกในพื้นที่เมืองประวัติศาสตร์ ทั้งนี้การออกแบบระบบได้คำนึงถึงข้อจำกัดด้านบุคลากร งบประมาณ และความสะดวกในการใช้งานของหน่วยงานท้องถิ่นเป็นสำคัญ จากการศึกษาความต้องการของผู้ใช้งานระบบ ซึ่งประกอบด้วยเจ้าหน้าที่ฝ่ายรักษาความสะอาดและสวนสาธารณะ สำนักงานเขตพระนคร รวมถึงผู้แทนชุมชนในพื้นที่ พบว่าระบบที่เหมาะสมควรเป็นระบบที่ใช้งานง่าย ไม่ซับซ้อน สามารถใช้งานผ่านสมาร์ตโฟนในภาคสนามได้อย่างสะดวก รองรับการบันทึกข้อมูลได้ทันที ณ จุดสำรวจ มีระบบจัดเก็บข้อมูลส่วนกลางที่สามารถเข้าถึงได้จากหลายอุปกรณ์ และสามารถนำข้อมูลกลับมาใช้สืบค้น ปรับปรุง และต่อยอดได้ในอนาคต ด้วยเหตุนี้ คณะผู้วิจัยจึงเลือกใช้โปรแกรมประยุกต์ Google Form เป็นเครื่องมือสำหรับการนำเข้าข้อมูลภาคสนาม (Data Input) และใช้ Google Sheet เป็นระบบจัดเก็บและบริหารข้อมูล (Database Management Interface) เนื่องจากเป็นโปรแกรมที่ไม่มีค่าใช้จ่าย สามารถใช้งานได้สะดวกผ่านระบบออนไลน์ และรองรับการเชื่อมโยงข้อมูลแบบ cloud-based ซึ่งช่วยให้ข้อมูลถูกบันทึกเข้าสู่ระบบแบบ real-time และลดปัญหาการสูญหายของข้อมูลภาคสนาม

1.1.1 โครงสร้างข้อมูลในระบบฐานข้อมูล จากการสนทนากลุ่มและการวิเคราะห์ความต้องการของผู้ใช้งาน คณะผู้วิจัยได้กำหนดเขตข้อมูล (Field) ที่จำเป็นสำหรับการสำรวจพรรณไม้ในพื้นที่เขตพระนคร เพื่อให้ข้อมูลที่จัดเก็บสามารถใช้ประโยชน์ได้ทั้งในด้านการจัดการต้นไม้รายต้น การวิเคราะห์เชิงพื้นที่ และการคัดเลือกรุกขมรดก ข้อมูลที่บันทึกในระบบประกอบด้วย ชื่อพื้นเมืองของพรรณไม้ เพื่อใช้ระบุชนิดพรรณไม้ตามชื่อที่เป็นที่รู้จักในท้องถิ่น รวมถึงข้อมูลขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (Diameter at Breast Height: DBH) ซึ่งใช้วัดขนาดลำต้นที่ระดับความสูง 1.30 เมตรจากพื้นดิน เพื่อประเมินความสมบูรณ์และศักยภาพของต้นไม้ในการพิจารณาเป็นรุกขมรดก นอกจากนี้ ระบบยังจัดเก็บข้อมูลความสูงต้นไม้ และความกว้างเรือนยอด ซึ่งเป็นข้อมูลสำคัญในการประเมินลักษณะทางกายภาพ การให้ร่มเงา และบทบาทของต้นไม้ต่อพื้นที่สีเขียวในเมือง ข้อมูลสถานที่พบถูกบันทึกในระดับชื่อถนนหรือจุดสังเกตสำคัญ เพื่อระบุตำแหน่งการกระจายตัวของต้นไม้ ขณะที่ค่าพิกัดภูมิศาสตร์ (Latitude และ Longitude) สามารถบันทึกได้โดยอัตโนมัติผ่านระบบระบุตำแหน่งของสมาร์ตโฟน ช่วยเพิ่มความแม่นยำของข้อมูลเชิงพื้นที่ ในส่วนของข้อมูลประกอบ ระบบรองรับการแนบภาพถ่ายต้นไม้ เพื่อใช้เป็นหลักฐานอ้างอิงสำหรับการตรวจสอบข้อมูลย้อนหลัง รวมถึงการบันทึกลักษณะวิสัย (Habit) ของต้นไม้ เช่น ไม้ยืนต้น ไม้พุ่ม หรือสถานะสุขภาพของต้นไม้ ซึ่งช่วยให้สามารถติดตามสภาพต้นไม้รายต้นได้อย่างต่อเนื่อง

1.1.2 การออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้งาน (User Interface) ระบบได้รับการออกแบบให้เหมาะสมกับการใช้งานผ่านสมาร์ตโฟนและแท็บเล็ต โดยเฉพาะสำหรับเจ้าหน้าที่ภาคสนามที่ต้องปฏิบัติงานในพื้นที่จริง รูปแบบของแบบฟอร์มมีการจัดลำดับข้อมูลตามขั้นตอนการสำรวจต้นไม้ เริ่มตั้งแต่การระบุชนิดพรรณไม้ การวัดขนาด การบันทึกพิกัด ไปจนถึงการแนบภาพถ่าย เพื่อเพิ่มความสะดวกในการใช้งานและลดข้อผิดพลาดในการกรอกข้อมูล ระบบได้ออกแบบให้บางรายการเป็นเมนูแบบเลือกตอบ (Dropdown Menu) เช่น ชื่อถนน ชนิดพรรณไม้ และประเภทลักษณะวิสัย ขณะที่ข้อมูลบางส่วน เช่น วันและเวลา รวมถึงพิกัดภูมิศาสตร์ จะถูกบันทึกโดยอัตโนมัติจากอุปกรณ์ของผู้ใช้งาน ระบบยังรองรับการอัปโหลดภาพถ่ายจากกล้องโทรศัพท์มือถือได้โดยตรง และเมื่อผู้ใช้งานส่งข้อมูลผ่าน Google Form ข้อมูลทั้งหมดจะถูกบันทึกเข้าสู่ Google Sheet โดยอัตโนมัติ ทำให้สามารถจัดเก็บข้อมูลได้ทันที ลดการใช้เอกสารภาคสนาม และช่วยให้การจัดเก็บข้อมูลมีประสิทธิภาพมากขึ้น

1.1.3 การทดสอบระบบ ภายหลังการพัฒนาระบบต้นแบบ คณะผู้วิจัยได้ดำเนินการทดสอบการใช้งานระบบทั้งในส่วนของผู้ดูแลระบบและผู้บันทึกข้อมูลภาคสนาม โดยจำลองสถานการณ์การใช้งานจริง เช่น การเพิ่มข้อมูลต้นไม้ใหม่ การแก้ไขข้อมูลเดิม การลบข้อมูลที่บันทึกผิดพลาด และการตรวจสอบการแสดงผลข้อมูลภายในฐานข้อมูล นอกจากนี้ ยังได้ทดสอบความสามารถในการค้นหาข้อมูลย้อนหลัง และการตรวจสอบตำแหน่งต้นไม้จากข้อมูลพิกัดที่บันทึกไว้ เพื่อประเมินความครบถ้วนและความถูกต้องของระบบ ผลการทดสอบพบว่าระบบสามารถรองรับการใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ข้อมูลถูกส่งเข้าสู่ฐานข้อมูลได้ครบถ้วนและสามารถเรียกดูย้อนหลังได้ทันที ส่งผลให้ระบบมีความพร้อมสำหรับการนำไปใช้งานจริงในพื้นที่เขตพระนคร

1.2 ผลการสำรวจพรรณไม้ในพื้นที่เขตพระนคร

การสำรวจพรรณไม้ที่ได้ดำเนินการจัดเก็บข้อมูลพรรณไม้ในถนน จำนวน 9 สาย ในเขตพระนคร ได้แก่ ถนนกรุงเกษม ถนนตะนาว ถนนประชาธิปไตย ถนนพระจันทร์ ถนนพระสุเมรุ ถนนพระอาทิตย์ ถนนเฟื่องนคร ถนนราชดำเนินใน ราชดำเนินกลาง และราชดำเนินนอก และ ถนนสามเสนโดยมีการกระจายของไม้ต้นตามแนวถนนพบอยู่ตามบาทวิถีริมเส้นทางสัญจร โดยมีรายละเอียดดังนี้

1.2.1 จำนวนพรรณไม้ในถนนสายต่างๆ พบว่า ถนนที่มีจำนวนต้นไม้มากที่สุดคือ ถนนราชดำเนิน (ถนนราชดำเนินใน ราชดำเนินกลาง และราชดำเนินนอก) พบ จำนวน 710 ต้น คิดเป็นร้อยละ 57.21 รองลงมาคือ ถนนกรุงเกษม จำนวน 125 ต้น คิดเป็นร้อยละ 10.06 ถนนพระอาทิตย์ จำนวน 116 ต้น คิดเป็นร้อยละ 99.33 ถนนประชาธิปไตย จำนวน 97 ต้น คิดเป็นร้อยละ 7.80 ถนนพระสุเมรุ จำนวน 52 ต้น คิดเป็นร้อยละ 4.18 ถนนพระจันทร์ จำนวน 42 ต้น คิดเป็นร้อยละ 3.38 ถนนตะนาว จำนวน 39 ต้น คิดเป็นร้อยละ 3.14 ถนนสามเสน จำนวน 37 ต้น คิดเป็นร้อยละ 2.98 และ ถนนเฟื่องนคร จำนวน 25 ต้น คิดเป็นร้อยละ 2.01

ตารางที่ 1 ผลการสำรวจพรรณไม้ในถนนเขตพระนคร

ถนน	จำนวนพรรณไม้ (ต้น)	ร้อยละ	ลำดับ
ถนนกรุงเกษม	125	10.06	2
ถนนตะนาว	39	3.14	7
ถนนประชาธิปไตย	97	7.80	4
ถนนพระจันทร์	42	3.38	6
ถนนพระสุเมรุ	52	4.18	5
ถนนพระอาทิตย์	116	9.33	3
ถนนเฟื่องนคร	25	2.01	9
ถนนราชดำเนิน	710	57.12	1
ถนนสามเสน	37	2.98	8
รวม	1,243	100.00	

1) ชนิดพรรณไม้ที่พบในถนนสายต่างๆ พบว่า มีทั้งหมดจำนวน 1,243 ต้น ประกอบไปด้วยพรรณไม้ยืนต้น จำนวน 17 ชนิด ได้แก่ คูน (*Cassia fistula* L.) ชมพูพันธุ์ทิพย์ (*Tabebuia rosea* (Bertol.) DC.) ไทร (*Ficus benjamina* L.) นนทรี (*Peltophorum pterocarpum* (DC.) Backer ex K. Heyne) ประดู่ (*Pterocarpus macrocarpus* Kurz.) ปีป (*Millingtonia hortensis* L.) พญาสัตบรรณ (Alstonia scholaris L.) พิกุล (*Mimusops elengi* L.) โพ (*Ficus religiosa* L.) มะขาม (*Tamarindus indica* L.) มะม่วง (*Mangifera Indica* L.) มะฮอกกานีใบใหญ่ (*Swietenia macrophylla* King) ลีลาวดีพวงขาว (*Plumeria obtusa* L.) หางนกยูงฝรั่ง (*Delonix regia (Bojer ex Hook.) Rafin*) หูกวาง (*Terminalia catappa* L.) อโศกเซนต์คาเบรียล (*Polyalthia longifolia* (Benth.) Hook. f. var. pandurata) และ อินทนิล (*Lagerstroemia macrocarpa* Wall. Ex Kurz)

2) ชนิดพรรณไม้ 5 อันดับแรก ที่พบจำนวนมากที่สุด คือ ประดู่ มีพบมากที่สุดคือ จำนวน 413 ต้น คิดเป็นร้อยละ 33.23 รองลงมาคือ มะขาม จำนวน 382 ต้น คิดเป็นร้อยละ 30.83 อินทนิล จำนวน 121 ต้น คิดเป็นร้อยละ 9.73 ชมพูพันธ์ทิพย์ จำนวน 52 ต้น คิดเป็นร้อยละ 4.99 และ พิกุล จำนวน 48 ต้น คิดเป็นร้อยละ 3.86 รายละเอียดตามตารางที่ 2

ตารางที่ 2. ผลการสำรวจชนิดพรรณไม้ในถนนเขตพระนคร

ชนิดพรรณไม้	จำนวนพรรณไม้ (ต้น)	ร้อยละ	ลำดับ
คูน	11	0.88	12
ชมพูพันธ์ทิพย์	62	4.99	4
ไทร	8	0.64	14
นนทรี	9	0.72	13
ประดู่	413	33.23	1
ปีป	28	2.25	10
พญาสัตบรรณ	8	0.64	14
พิกุล	48	3.86	5
โพ	12	0.97	11
มะขาม	382	30.73	2
มะม่วง	3	0.24	17
มะฮอกกานี	36	2.90	7
ลีลาวดี	5	0.40	16
หางนกยูง	29	2.33	9
หูกวาง	31	2.49	8
อโศกเซนต์คาเบรียล	37	2.98	6
อินทนิล	121	9.73	3
รวม	1,243	100.00	

1.3. การกระจายตัวของพรรณไม้ในถนนสายหลักเขตพระนคร

ผลการสำรวจการกระจายตัวของพรรณไม้ในถนนสายหลัก 9 สายของเขตพระนคร พบว่ามีลักษณะการกระจายตัวของต้นไม้แตกต่างกันตามบริบทของพื้นที่ ความกว้างของถนน รูปแบบภูมิทัศน์ และการใช้ประโยชน์พื้นที่โดยรอบ

โดยถนนราชดำเนิน ซึ่งประกอบด้วยถนนราชดำเนินใน ราชดำเนินกลาง และราชดำเนินนอก มีจำนวนต้นไม้มากที่สุด จำนวน 710 ต้น จากทั้งหมด 1,243 ต้น คิดเป็นร้อยละ 57.12 ของจำนวนต้นไม้ทั้งหมดในพื้นที่ศึกษา สะท้อนให้เห็นว่าถนนสายดังกล่าวเป็นแกนภูมิทัศน์หลักของเขตพระนครและมีการปลูกต้นไม้เป็นระบบมาตั้งแต่อดีต โดยพรรณไม้หลักที่พบ ได้แก่ มะขาม จำนวน 358 ต้น คิดเป็นร้อยละ 50.42 รองลงมาคือ ประดู่ จำนวน 286 ต้น คิดเป็นร้อยละ 40.28 และอินทนิล จำนวน 36 ต้น คิดเป็นร้อยละ 5.07

รองลงมาคือถนนกรุงเกษม พบต้นไม้จำนวน 125 ต้น มีความหลากหลายสูงถึง 8 ชนิด โดยชนิดเด่น ได้แก่ ประดู่ จำนวน 32 ต้น คิดเป็นร้อยละ 25.60 หางนกยูง จำนวน 28 ต้น คิดเป็นร้อยละ 22.40 และชมพูพันธุ์ทิพย์ จำนวน 19 ต้น คิดเป็นร้อยละ 15.20 ขณะที่ถนนพระอาทิตย์ พบต้นไม้จำนวน 116 ต้น จำนวน 9 ชนิด ซึ่งถือเป็นถนนที่มีความหลากหลายของชนิดพรรณไม้สูงที่สุด โดยพบอินทนิลมากที่สุด จำนวน 36 ต้น คิดเป็นร้อยละ 31.03 รองลงมาคือ ปีป จำนวน 23 ต้น และอโศกเซนต์คาเบรียล จำนวน 22 ต้น

สำหรับถนนประชาธิปไตย พบต้นไม้จำนวน 97 ต้น จำนวน 6 ชนิด โดยมีประดู่เป็นชนิดหลัก จำนวน 33 ต้น คิดเป็นร้อยละ 34.02 รองลงมาคือ ชมพูพันธุ์ทิพย์ จำนวน 28 ต้น และอินทนิล จำนวน 18 ต้น ส่วนถนนพระสุเมรุ พบต้นไม้จำนวน 52 ต้น จำนวน 8 ชนิด โดยประดู่เป็นชนิดเด่นเช่นกัน จำนวน 24 ต้น คิดเป็นร้อยละ 46.15 รองลงมาคือ หูกวาง จำนวน 11 ต้น

ในถนนที่มีจำนวนต้นไม้ไม่มากนัก เช่น ถนนพระจันทร์ ถนนตะนาว ถนนสามเสน และถนนเฟื่องนคร พบว่ามีจำนวนต้นไม้ระหว่าง 25–42 ต้น โดยส่วนใหญ่มีชนิดพรรณไม้เด่นเฉพาะพื้นที่ เช่น ถนนพระจันทร์พบประดู่เด่นชัดมากที่สุด จำนวน 33 ต้น คิดเป็นร้อยละ 78.57 ขณะที่ถนนสามเสนมีชมพูพันธุ์ทิพย์เป็นชนิดเด่น จำนวน 15 ต้น คิดเป็นร้อยละ 40.54 และถนนเฟื่องนครพบมะขามมากที่สุด จำนวน 16 ต้น คิดเป็นร้อยละ 64.00

เมื่อพิจารณาภาพรวม พบว่าพรรณไม้เด่นในพื้นที่เขตพระนครมีลักษณะสอดคล้องกับบริบทของเมืองประวัติศาสตร์ โดยชนิดไม้ที่พบจำนวนมาก เช่น มะขาม ประดู่ อินทนิล และชมพูพันธุ์ทิพย์ เป็นไม้ที่ให้ร่มเงา มีขนาดใหญ่ เหมาะสมกับการปลูกริมถนน และมีบทบาทสำคัญต่อภาพลักษณ์ภูมิทัศน์เมืองเก่า โดยเฉพาะต้นมะขามและประดู่ซึ่งพบหนาแน่นในถนนสายประวัติศาสตร์สำคัญ เช่น ถนนราชดำเนินและถนนเฟื่องนคร สะท้อนให้เห็นถึงการวางผังภูมิทัศน์เมืองและการปลูกต้นไม้ในอดีตที่คำนึงถึงทั้งประโยชน์ใช้สอยและคุณค่าทางสุนทรียภาพ ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่า การกระจายตัวของพรรณไม้ในพื้นที่เขตพระนครมิได้เกิดขึ้นแบบสุ่ม แต่สัมพันธ์กับโครงสร้างเมือง ประวัติศาสตร์การพัฒนา และรูปแบบการใช้พื้นที่ จึงเป็นข้อมูลสำคัญสำหรับการวางแผนจัดการพื้นที่สีเขียว การอนุรักษ์รุกขมรดก และการพัฒนาฐานข้อมูลพรรณไม้เชิงพื้นที่ในอนาคต

1.4. รุกขมรดกและพรรณไม้สำคัญในพื้นที่เขตพระนคร

จากการสำรวจและคัดเลือกรุกขมรดกในพื้นที่เขตพระนคร พบว่าพื้นที่ดังกล่าวยังคงมีต้นไม้สำคัญที่มีคุณค่าทางประวัติศาสตร์ สังคม วัฒนธรรม และภูมิทัศน์เมืองจำนวนหลายรายการ ซึ่งสะท้อนความสัมพันธ์ระหว่างต้นไม้กับพัฒนาการของกรุงเทพมหานครในฐานะเมืองประวัติศาสตร์ ต้นไม้เหล่านี้มิได้มีคุณค่าเพียงในเชิงนิเวศหรือการให้ร่มเงาเท่านั้น แต่ยังทำหน้าที่เป็น “มรดกที่มีชีวิต” (Living Heritage) ซึ่งเชื่อมโยงความทรงจำทางสังคม เหตุการณ์สำคัญ และอัตลักษณ์ของสถานที่เข้าด้วยกัน ผลการศึกษาพบรุกขมรดกที่มีความโดดเด่น ตามตาราง 3 ดังนี้

ตารางที่ 3 รุกขมรดกและพรรณไม้สำคัญในพื้นที่เขตพระนคร

รายชื่อรุกขมรดก	GBH	ความสูง	พิกัดภูมิศาสตร์	ความสำคัญหรือคุณค่า
ต้นตะเคียนทอง	4.5-4.8 เมตร	ประมาณ 20 เมตร	13.7505° N, 100.4965° E	ปลูกสมัย ร.1 เพื่อเตรียมวัสดุต่อเรือรบ ปัจจุบันจึงเหลือต้นตะเคียนทองเพียง 4 ต้นสุดท้ายเท่านั้น
ต้นกร่าง	12.0 เมตร	ประมาณ 25 เมตร	13.7525° N, 100.4912° E	นักศึกษาและบุคลากรเรียกขานด้วยความเคารพว่า "ปู่กร่าง" เป็นศูนย์รวมจิตใจ สัญลักษณ์แห่งความร่มเย็น และอยู่คู่กับประวัติศาสตร์ด้านศิลปะและการศึกษาของวังท่าพระมาอย่างยาวนาน
ต้นโพธิ์	5.2 เมตร	ประมาณ 18 เมตร	13.7615° N, 100.4957° E	เป็นต้นไม้ศักดิ์สิทธิ์ที่อยู่คู่กับพระอารามหลวงมาตั้งแต่ต้นกรุงรัตนโกสินทร์
ต้นโพธิ์	6.4 เมตร	ประมาณ 15 เมตร	13.7566° N, 100.4897° E	มีความสำคัญเชิงสัญลักษณ์ทางการเมืองและสังคม เนื่องจากเป็นพื้นที่ที่เชื่อมโยงกับเหตุการณ์สำคัญทางการเมืองไทย ได้แก่ เหตุการณ์ 14 ตุลาคม 2516 และ 6 ตุลาคม 2519
ต้นจัน	1.7 เมตร	ประมาณ 8 เมตร	13.7606° N, 100.5003° E	เนื่องจากเป็นต้นไม้ที่พระบาทสมเด็จพระบรมชนกาธิเบศร มหาภูมิพลอดุลยเดชมหาราช บรมนาถบพิตร ทรงทรงปลูกไว้เป็นอนุสรณ์เมื่อปี พ.ศ. 2526 เพื่อทดแทนต้นโพธิ์ลังกาเดิมที่เสื่อมสลายตามกาลเวลา

ทั้งนี้ข้อมูลของรุกขมรดกในเขตพระนคร มีรายละเอียดดังนี้

1.4.1 ต้นตะเคียนทอง (*Hopea odorata* Roxb.) ริมถนนอัษฎางค์ริมคลองหลอด ด้านหลังวัดพระราชบพิธสถิตมหาสีมารามเป็นต้นไม้ประวัติศาสตร์อายุกว่า 200 ปี ในอดีตพระบาทสมเด็จพระพุทธยอดฟ้าจุฬาโลกมหาราช ทรงโปรดเกล้าฯ ให้ปลูกไว้เพื่อนำไม้มาต่อเรือรบใช้ในราชการสงคราม

1.4.2 ต้นกร่าง (*Ficus altissima* Blume) บริเวณภายในมหาวิทยาลัยศิลปากร (วังท่าพระ) ข้อมูลของมหาวิทยาลัยศิลปากร ระบุว่า กร่างต้นนี้ปลูกสมัยต้นกรุงรัตนโกสินทร์ ก่อนที่วังท่าพระจะเป็นมหาวิทยาลัยศิลปากร เคยได้รับการบันทึกจากการสำรวจของกรุงเทพมหานครว่าเป็นต้นไม้ที่ใหญ่ที่สุดในกรุงเทพฯ

1.4.3 ต้นโพธิ์ (*Ficus religiosa* L.) บริเวณลานโพธิ์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ท่าพระจันทร์ สันนิษฐานว่ามีอายุเกิน 100 ปี โดยเป็นต้นไม้ที่ติดมากับที่ดินตั้งแต่ก่อนการก่อตั้งมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ (เดิมเป็นที่ดินของกระทรวงกลาโหม)

1.4.4 ต้นโพธิ์ (*Ficus religiosa* L.) ภายในวัดชนะสงครามราชวรมหาวิหาร มีอายุมากกว่า 200 ปี เป็นต้นโพธิ์ศักดิ์สิทธิ์ที่พุทธศาสนิกชนให้ความเคารพศรัทธา เป็นรุกขมรดกที่เชื่อมโยงความศรัทธาของชุมชนย่านบางลำพู

1.4.5 ต้นจัน (*Diospyros decandra* Lour.) บริเวณข้างหอระฆัง ภายในเขตพุทธาวาส วัดบวรนิเวศวิหาร ปัจจุบันมีอายุ 43 ปี นับจากวันที่ทรงปลูกเมื่อวันที่ 26 กรกฎาคม พ.ศ. 2526

2. แนวทางเพื่อการจัดการภูมิทัศน์วัฒนธรรมในพื้นที่เขตพระนคร

จากผลการสำรวจพรรณไม้ในพื้นที่เขตพระนคร จำนวน 1,243 ต้น ครอบคลุมถนนสายหลัก 9 สาย และการคัดเลือกรุกขมรดกที่มีคุณค่าทางประวัติศาสตร์ สังคม และวัฒนธรรม จำนวน 5 รายการ พบว่าต้นไม้ในพื้นที่เขตพระนครมิได้ทำหน้าที่เพียงเป็นองค์ประกอบทางกายภาพของพื้นที่สีเขียวเมืองเท่านั้น แต่ยังเป็นองค์ประกอบสำคัญของภูมิทัศน์วัฒนธรรมเมืองเก่าที่เชื่อมโยงกับประวัติศาสตร์การก่อตั้งกรุงรัตนโกสินทร์ ระบบคมนาคมดั้งเดิม ศาสนสถาน ชุมชนเก่า และความทรงจำร่วมของสังคม ดังนั้น การจัดการต้นไม้และรุกขมรดกจึงควรดำเนินการในมิติที่กว้างกว่าการดูแลสวนสาธารณะทั่วไป และควรบูรณาการเข้าสู่การจัดการภูมิทัศน์วัฒนธรรมเมืองโดยใช้กรอบแนวคิด Historic Urban Landscape (HUL Framework) ดังนี้

2.1 การจัดทำฐานข้อมูลต้นไม้และรุกขมรดกเชิงพื้นที่ (Spatial Database for Urban Cultural Landscape) โดยมีแนวทางสำคัญ คือ การพัฒนาฐานข้อมูลพรรณไม้และรุกขมรดกเชิงพื้นที่ในรูปแบบดิจิทัล โดยเชื่อมโยงข้อมูลต้นไม้รายต้นกับตำแหน่งภูมิศาสตร์ ข้อมูลชนิดพรรณไม้ ขนาด อายุโดยประมาณ สถานภาพสุขภาพ และคุณค่าทางประวัติศาสตร์และวัฒนธรรม ฐานข้อมูลดังกล่าวควรทำหน้าที่เป็นระบบกลางสำหรับการติดตามสถานภาพต้นไม้ การวางแผนบำรุงรักษา และการกำหนดลำดับความสำคัญในการอนุรักษ์ โดยเฉพาะต้นไม้ที่มีสถานภาพเสี่ยงสูงหรือวิกฤต เช่น ต้นตะเคียนทองริมคลองหลอด และต้นกร่างวังท่าพระ ซึ่งจำเป็นต้องมีระบบเฝ้าระวังเชิงรุก นอกจากนี้ ฐานข้อมูลยังสามารถใช้เป็นเครื่องมือสนับสนุนการตัดสินใจด้านผังเมือง การควบคุมการก่อสร้าง และการประเมินผลกระทบจากโครงการพัฒนาในพื้นที่เขตเมืองเก่า

2.2 การกำหนดเขตอนุรักษ์ภูมิทัศน์ต้นไม้และรุกขมรดก (Heritage Tree Conservation Zone) จากการศึกษาพบว่าต้นไม้และรุกขมรดกมีการกระจุกตัวอยู่ในพื้นที่ที่มีคุณค่าทางประวัติศาสตร์สูง เช่น แนวถนนราชดำเนิน พื้นที่วัดสำคัญ ริมแม่น้ำเจ้าพระยา และมหาวิทยาลัยเก่าแก่ ดังนั้นควรกำหนด "เขตอนุรักษ์ภูมิทัศน์ต้นไม้และรุกขมรดก" (Heritage Tree Conservation Zone) เพื่อคุ้มครองทั้งต้นไม้ พื้นที่โดยรอบ และมุมมองภูมิทัศน์ (Visual Corridor) ในกรณีที่จำเป็นต้องปลูกทดแทน ควรยึดโครงสร้างพรรณไม้ดั้งเดิมของถนนเส้นนั้นๆ เป็นหลัก เพื่อรักษาเอกลักษณ์และเรื่องราวของภูมิทัศน์วัฒนธรรมไม่ให้สูญหาย

2.3 การอนุรักษ์ต้นไม้เชิงคุณค่าทางวัฒนธรรม (Value-based Tree Conservation) ควรใช้แนวทางอนุรักษ์ตามคุณค่า โดยต้องคำนึงถึงคุณค่าทางประวัติศาสตร์ สังคม ศาสนา และความทรงจำร่วมของชุมชนด้วย เช่น ต้นโพธิ์ลานโพธิ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ มีคุณค่าเชิงสัญลักษณ์ทางการเมือง ขณะที่ต้นจัน วัดบวรนิเวศวิหาร สะท้อนแนวคิดการสืบทอดมรดกที่มีชีวิต (Living Heritage) ดังนั้นแนวทางการจัดการควรแตกต่างจากต้นไม้ทั่วไป และอาจรวมถึงการจัดทำป้ายข้อมูลการขึ้นทะเบียนต้นไม้สำคัญ และการสื่อสารคุณค่าทางวัฒนธรรมแก่สาธารณะ

2.4 การมีส่วนร่วมของชุมชนและหน่วยงานท้องถิ่น (Community Participation and Governance) ผลการวิจัยพบว่าการมีส่วนร่วมของชุมชนและเจ้าหน้าที่เขตเป็นปัจจัยสำคัญต่อความยั่งยืนของระบบฐานข้อมูลและการอนุรักษ์ต้นไม้ จึงควรส่งเสริมกลไกการมีส่วนร่วมผ่านการอบรมเจ้าหน้าที่ ใช้การบริหารจัดการรุกขมรดกแบบมีส่วนร่วม โดยนำหลักวิชาการด้านรุกขกรรมมาประยุกต์ใช้ในการตัดแต่งและฟื้นฟูต้นไม้ ควบคู่ไปกับการสร้างความตระหนักรู้ให้ชุมชนเห็นคุณค่าของการอนุรักษ์ต้นไม้ การสร้างเครือข่ายชุมชนดูแลต้นไม้ และการรายงานสถานภาพต้นไม้ผ่านระบบออนไลน์ การมีส่วนร่วมดังกล่าวจะช่วยให้ประชาชนเกิดความรู้สึกเป็นเจ้าของทรัพยากรภูมิทัศน์วัฒนธรรม และลดภาระของหน่วยงานภาครัฐในการติดตามดูแลต้นไม้รายต้น

2.5 การเชื่อมโยงต้นไม้กับการเรียนรู้และการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรม (Urban Cultural Tourism and Interpretation) ฐานข้อมูลต้นไม้และรุกขมรดกสามารถนำไปต่อยอดสู่การพัฒนาเส้นทางเรียนรู้ภูมิทัศน์วัฒนธรรมเมือง เช่น เส้นทางต้นมะขามถนนราชดำเนิน เส้นทางรุกขมรดกริมเจ้าพระยา หรือเส้นทางต้นไม้ประวัติศาสตร์ในย่านวัดและมหาวิทยาลัยการเชื่อมโยงข้อมูลต้นไม้กับเรื่องเล่าทางประวัติศาสตร์ ช่วยเพิ่มมูลค่าทางการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรม และสร้างความตระหนักรู้ต่อการอนุรักษ์พื้นที่สีเขียวเมืองเก่า

2.6 การบูรณาการสู่แผนพัฒนาเมืองอย่างยั่งยืน (Integration into Sustainable Urban Planning) ข้อมูลพรรณไม้และรุกขมรดกควรถูกบูรณาการเข้าสู่แผนพัฒนาเมืองของสำนักงานเขตพระนครและกรุงเทพมหานคร โดยเชื่อมโยงกับแผนอนุรักษ์กรุงรัตนโกสินทร์ การจัดการพื้นที่สีเขียว และเป้าหมายการพัฒนาอย่างยั่งยืน (SDGs) โดยเฉพาะด้านเมืองและชุมชนยั่งยืน การดำเนินงานดังกล่าวจะช่วยให้ต้นไม้ไม่ได้ถูกมองเป็นเพียงองค์ประกอบตกแต่งเมือง แต่เป็นโครงสร้างพื้นฐานทางนิเวศและวัฒนธรรม (Eco-cultural Infrastructure) ที่มีบทบาทต่อคุณภาพชีวิต การอนุรักษ์อัตลักษณ์เมือง และความยั่งยืนของเขตพระนครในระยะยาว

การอภิปรายผล

1. การพัฒนาระบบจัดเก็บฐานข้อมูลรุกขมรดกและพรรณไม้สำคัญในพื้นที่เขตพระนคร กรุงเทพมหานคร

ผลการวิจัยพบว่า การพัฒนาระบบจัดเก็บฐานข้อมูลที่สร้างขึ้น สามารถตอบสนองการใช้งานจริงของเจ้าหน้าที่ภาคสนามและผู้เกี่ยวข้องได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยระบบสามารถบันทึกข้อมูลต้นไม้รายต้นได้แบบ real-time ผ่านอุปกรณ์สมาร์ตโฟน รองรับการบันทึกข้อมูลพิกัดภูมิศาสตร์ ภาพถ่าย และข้อมูลทางกายภาพของต้นไม้ ซึ่งช่วยลดข้อจำกัดของการเก็บข้อมูลแบบเอกสาร และลดการสูญหายของข้อมูลภาคสนามสอดคล้องกับการศึกษาของ จักรินทร์ สันติรัตนภักดี และคณะ (2562) ที่ระบุว่าการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีแบบ User Friendly บนสมาร์ทโฟน ช่วยลดความซับซ้อนและเพิ่มประสิทธิภาพในการลงพื้นที่สำรวจผลการศึกษาดังกล่าวสอดคล้องกับแนวคิดการจัดการฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศเมือง (Urban Geospatial Database Management) ที่เสนอว่า ระบบฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ควรมีลักษณะที่เข้าถึงง่าย ทุกคนใช้ได้ ราคาถูก ต้นทุนต่ำ ขยายตัวรองรับคนใช้จำนวนมากได้ และใช้งานง่าย ไม่ซับซ้อน (accessible, low-cost, scalable and user-friendly) เพื่อให้หน่วยงานท้องถิ่นสามารถใช้งานได้จริง (Longley et al., 2015) นอกจากนี้ ยังสอดคล้องกับงานของ องค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (FAO, 2016) ที่เสนอว่าการจัดการต้นไม้เมืองควรมีระบบฐานข้อมูลที่ใช้จัดเก็บและติดตามข้อมูลของต้นไม้ทุกต้นในเขตเมือง ที่สามารถติดตามข้อมูลต้นไม้รายต้น ทั้งด้านชนิด ขนาด สุขภาพ และตำแหน่ง เพื่อใช้ประกอบการตัดสินใจด้านการจัดการพื้นที่สีเขียวอย่างเป็นระบบ

ผลการสำรวจพบพรรณไม้รวม 1,243 ต้น ครอบคลุมถนนสายหลัก 9 สาย โดยชนิดไม้เด่น ได้แก่ ประดู่ มะขาม อินทนิล และชมพูพันธุ์ทิพย์ ซึ่งเป็นไม้ยืนต้นขนาดใหญ่ ให้ร่มเงา และเหมาะสมกับการปลูกริมถนน มีความสอดคล้องกับงานวิจัยของประวรดา โภชนาจันทร์ และ พิษฐา พงษ์ประดิษฐ (2562) ที่ระบุว่าพรรณไม้หลักในเขตพระนครคือประดู่และมะขาม การพบต้นมะขามจำนวนมากถึง 382 ต้น (โดยเฉพาะบนถนนราชดำเนิน 358 ต้น) สะท้อนถึงประวัติศาสตร์ภูมิทัศน์ของเมือง (ปรัชญา นงนุช, 2566) การที่พบต้นประดู่และมะขามในสัดส่วนสูง สะท้อนให้เห็นถึงการวางผังภูมิทัศน์เมืองในอดีตที่ให้ความสำคัญกับไม้ให้ร่มเงาและไม้ที่มีอายุยืน โดยเฉพาะถนนราชดำเนินซึ่งมีต้นไม้มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 57.12 ของจำนวนต้นไม้ทั้งหมด แสดงให้เห็นว่าถนนสายนี้เป็นแกนภูมิทัศน์ประวัติศาสตร์ที่มีการจัดวางองค์ประกอบภูมิทัศน์อย่างเป็นระบบ ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับแนวคิด การบริหารจัดการและการดูแลต้นไม้รวมถึงพื้นที่สีเขียวทั้งหมดในเขตเมือง (Urban Forestry) ที่มองว่าต้นไม้เมืองมีบทบาทมากกว่าความสวยงาม แต่ช่วยสร้างบริการระบบนิเวศ เช่น การลดอุณหภูมิ การดูดซับ

คาร์บอน และการสร้างคุณภาพชีวิต (Konijnendijk et al., 2005) ในขณะเดียวกัน ความแตกต่างของการกระจายชนิดพรรณไม้ในแต่ละถนนยังสะท้อนความสัมพันธ์ระหว่างต้นไม้กับรูปแบบการใช้พื้นที่และประวัติศาสตร์การพัฒนาเมือง ดังที่พบว่าถนนราชดำเนินซึ่งเป็นแกนภูมิทัศน์ประวัติศาสตร์หลัก มีการปลูกต้นมะขามและประดู่จำนวนมากเพื่อสร้างความสง่างามตามแบบผังเมืองตะวันตก ในขณะที่ถนนพระอาทิตย์ซึ่งเป็นพื้นที่ริมน้ำที่มีพลวัตทางวัฒนธรรมสูง กลับมีความหลากหลายของพรรณไม้มากที่สุด สะท้อนถึงความมีชีวิตชีวาของย่านดังกล่าว ส่วนถนนสายอื่น ๆ เช่น ถนนสามเสน ถนนพระจันทร์ และถนนเฟื่องนคร ต่างก็มีพรรณไม้เด่นเฉพาะถิ่นที่แทรกอยู่ตามข้อจำกัดของพื้นที่และช่วยเสริมอัตลักษณ์ของชุมชน ดังนั้น การกระจายตัวของต้นไม้ในเขตพระนครจึงมิได้เกิดขึ้นโดยบังเอิญ แต่สัมพันธ์กับโครงสร้างเมืองและประวัติศาสตร์การพัฒนาอย่างชัดเจน การจัดการพื้นที่เพื่อให้สอดคล้องกับภูมิทัศน์วัฒนธรรมจึงควรจัดทำฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ของต้นไม้และวางแผนการอนุรักษ์รุกขมรดกอย่างเป็นระบบ ควบคู่ไปกับการบริหารจัดการแบบมีส่วนร่วมที่ยึดโครงสร้างพรรณไม้ดั้งเดิมเป็นหลัก ซึ่งแนวทางเหล่านี้ไม่เพียงแต่ช่วยรักษาระบบนิเวศของเมือง แต่ยังเป็นการต่อยอดทุนทางวัฒนธรรมเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มทางเศรษฐกิจสร้างสรรค์ได้อย่างยั่งยืน (Phumduang et al., 2024)

ผลการวิจัยพบรุกขมรดกและต้นไม้สำคัญ 5 รายการ ได้แก่ ต้นตะเคียนทองริมคลองหลอด ต้นกร่างวังท่าพระ ต้นโพธิ์วัดชนะสงคราม ต้นโพธิ์ลานโพธิ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ และต้นจันวัดบวรนิเวศวิหาร ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่า ต้นไม้เหล่านี้มีคุณค่าเกินกว่ามิติทางชีวภาพ แต่เป็น “มรดกที่มีชีวิต” (Living Heritage) ที่เชื่อมโยงกับประวัติศาสตร์ สังคม ศาสนา และความทรงจำร่วม แนวคิดดังกล่าวสอดคล้องกับกรอบแนวคิดภูมิทัศน์วัฒนธรรม ของ UNESCO ซึ่งระบุว่าภูมิทัศน์วัฒนธรรมเกิดจากปฏิสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์และธรรมชาติ และองค์ประกอบธรรมชาติ เช่น ต้นไม้ สามารถเป็นส่วนหนึ่งของมรดกวัฒนธรรมได้ (UNESCO, 2011) ดังนั้น แนวทางการอนุรักษ์โดยยึดคุณค่าเป็นฐาน (Value-based Conservation) มากกว่าการพิจารณาเฉพาะอายุหรือขนาดของต้นไม้

2. การเสนอแนวทางการจัดการภูมิทัศน์วัฒนธรรมในพื้นที่เขตพระนคร

ผลการวิจัยได้เสนอการจัดการต้นไม้และรุกขมรดกในเขตพระนครควรบูรณาการเข้าสู่การจัดการภูมิทัศน์วัฒนธรรมเมือง โดยใช้กรอบแนวคิดภูมิทัศน์เมืองประวัติศาสตร์ (Historic Urban Landscape :HUL) ของ UNESCO (2011) เสนอว่าการอนุรักษ์เมืองประวัติศาสตร์ไม่ควรมุ่งเฉพาะอาคาร แต่ต้องคำนึงถึงองค์ประกอบทั้งหมดของภูมิทัศน์เมือง ได้แก่ พื้นที่สีเขียว ระบบนิเวศ โครงสร้างสังคม และคุณค่าทางวัฒนธรรม ผลการศึกษาพบว่าต้นไม้ในเขตพระนครมีบทบาทเป็นทรัพยากรธรรมชาติในเมืองที่มีคุณค่าทั้งต่อระบบนิเวศและวัฒนธรรมในเวลาเดียวกัน eco-cultural infrastructure) ซึ่งเชื่อมโยงทั้งมิติสิ่งแวดล้อมและวัฒนธรรม การเสนอให้มี ฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ เขตอนุรักษ์รุกขมรดก การมีส่วนร่วมของชุมชน และการพัฒนาเส้นทางเรียนรู้และการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรม ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดการอนุรักษ์เมืองแบบบูรณาการ (integrated urban conservation) ซึ่งมองว่า “การอนุรักษ์เมืองประวัติศาสตร์” ไม่ควรจำกัดอยู่เพียงการรักษาอาคารเก่าโบราณสถาน หรือโบราณวัตถุเท่านั้น แต่ต้องคำนึงถึงองค์ประกอบทั้งหมดของเมืองที่มีความสัมพันธ์กัน ทั้งมิติทางกายภาพ สังคม เศรษฐกิจ สิ่งแวดล้อม และวัฒนธรรมซึ่งเน้นการอนุรักษ์ควบคู่การใช้ประโยชน์อย่างยั่งยืน

บทสรุป

การวิจัยครั้งนี้สะท้อนให้เห็นว่ารุกขมรดกและพรรณไม้สำคัญในพื้นที่เขตพระนครมิได้เป็นเพียงองค์ประกอบของพื้นที่สีเขียวเมืองเท่านั้น แต่ยังเป็นส่วนหนึ่งของภูมิทัศน์วัฒนธรรมที่เชื่อมโยงกับประวัติศาสตร์ การพัฒนาเมือง และอัตลักษณ์ของกรุงรัตนโกสินทร์อย่างชัดเจน การพัฒนาระบบฐานข้อมูลรุกขมรดกและพรรณไม้สำคัญสามารถช่วยให้หน่วยงานท้องถิ่นมีเครื่องมือสำหรับการจัดเก็บและบริหารจัดการข้อมูลต้นไม้รายต้นได้อย่างเป็นระบบ มีความทันสมัย และสามารถใช้งานได้จริง

ในภาคสนาม โดยเฉพาะการเชื่อมโยงข้อมูลเชิงพื้นที่ผ่านระบบดิจิทัล ซึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญต่อการวางแผนอนุรักษ์และจัดการต้นไม้ในพื้นที่เมืองประวัติศาสตร์

ผลการสำรวจยังชี้ให้เห็นถึงความสำคัญของต้นไม้ขนาดใหญ่และรุกขมรดกในฐานะมรดกที่มีชีวิต ที่มีคุณค่าทั้งด้านนิเวศ ประวัติศาสตร์ สังคม และวัฒนธรรม โดยเฉพาะต้นไม้ที่เกี่ยวข้องกับสถานที่สำคัญ เหตุการณ์ทางประวัติศาสตร์ หรือความทรงจำร่วมของสังคม ดังนั้น การจัดการต้นไม้ในเขตพระนครจึงควรใช้แนวคิดการอนุรักษ์แบบบูรณาการตามกรอบแนวคิดภูมิทัศน์เมืองประวัติศาสตร์ซึ่งมององค์ประกอบธรรมชาติควบคู่กับมรดกทางวัฒนธรรม

ข้อเสนอแนะจากการวิจัยคือ ควรพัฒนาฐานข้อมูลดังกล่าวให้เป็นระบบกลางของกรุงเทพมหานครและเชื่อมโยงกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เพื่อใช้ติดตามสุขภาพต้นไม้ การวางแผนบำรุงรักษา และการประเมินผลกระทบจากโครงการพัฒนาเมือง รวมทั้งควรมีการขึ้นทะเบียนรุกขมรดกในระดับพื้นที่ ส่งเสริมการมีส่วนร่วมของชุมชนในการดูแลต้นไม้ และต่อยอดข้อมูลสู่การพัฒนาเส้นทางเรียนรู้และการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรม

สำหรับการวิจัยครั้งต่อไป ควรขยายพื้นที่ศึกษาไปยังเขตประวัติศาสตร์อื่นของกรุงเทพมหานคร รวมถึงพัฒนาระบบฐานข้อมูลในรูปแบบ Web Application หรือ Mobile Application เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการเข้าถึงข้อมูลและการบริหารจัดการในระยะยาว ตลอดจนศึกษามูลค่าบริการระบบนิเวศของต้นไม้เมืองควบคู่กับคุณค่าทางวัฒนธรรม เพื่อสนับสนุนการกำหนดนโยบายเมืองยั่งยืน

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยการสนับสนุนทุนวิจัยจาก สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยสวนดุสิต ผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง รวมทั้งขอขอบพระคุณ สำนักงานเขตพระนคร กรุงเทพมหานคร ที่ให้ความร่วมมือ อำนวยความสะดวก และให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อการดำเนินงานวิจัยครั้งนี้จนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

จักรินทร์ สันติรัตนภักดี, กิติพงษ์ จันทร์ถาวร, และ ชุติญาภัค วาฤทธิ์. (2562). การพัฒนาโมบายแอปพลิเคชันสำหรับสวนพฤกษศาสตร์โรงเรียน. ใน รายงานการประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ ครั้งที่ 14 (น. 171–176). กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยเวสเทิร์น.

ประวรดา โภชนาจันทร์, และ พิษฐา พงษ์ประดิษฐ. (2562). การศึกษาต้นไม้ใหญ่ริมถนนในเขตดุสิต เขตพระนคร และเขตสัมพันธวงศ์ของกรุงเทพมหานครเพื่อการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมและการอนุรักษ์ทางประวัติศาสตร์. ก้าวทันโลกวิทยาศาสตร์. 19(1): 1–17.

ปรัชญา นงนุช. (2566). ต้นมะขาม ณ ราชดำเนิน: ต้นไม้ประชาธิปไตยไทย. สืบค้นจาก https://prachatai.com/journal/2014/01/51174

Asanok, L., Kamyo, T., Norsaengsri, M., & Yotapakdee, T. (2021). Assessment of the diversity of large tree species in rapidly urbanizing areas along the Chao Phraya River Rim, Central Thailand. Sustainability. 13(18): 10342. https://doi.org/10.3390/su131810342

Bangkok Metropolitan Administration. (2024). Bangkok open data: Green area and urban trees database. Bangkok, Thailand: Author.

Food and Agriculture Organization. (2016). Guidelines on urban and peri-urban forestry. Rome, Italy: Author.

Jim, C. Y. (2004). Green-space preservation and allocation for sustainable greening of compact cities. Cities. 21(4): 311–320. https://doi.org/10.1016/j.cities.2004.04.004

Konijnendijk, C. C., Nilsson, K., Randrup, T. B., & Schipperijn, J. (2005). Urban forests and trees. Berlin, Germany: Springer.

Longley, P. A., Goodchild, M. F., Maguire, D. J., & Rhind, D. W. (2015). Geographic information science and systems (4th ed.). Hoboken, NJ: Wiley.

Phumduang, E., Sommathat, Y., & Jittisukaphong, J. (2024). Development of a tree data collection system for green space management and conservation of heritage trees in the Phra Nakhon District. Thai Journal of Forestry. 43(2): 62–73.

Srinurak, N., Wonglangka, W., & Sukwai, J. (2024). Smart urban forest initiative: Nature-based solution and people-centered approach for tree management in Chiang Mai, Thailand. Sustainability. 16(24): 11078. https://doi.org/10.3390/su162411078

UNESCO. (2011). Recommendation on the historic urban landscape. Paris, France: Author.

ภาคผนวก

การประชุมวิชาการระดับชาติสวนดุสิต 2026 ครั้งที่ 8

“ปัญญาประดิษฐ์ สู่สังคมอัจฉริยะและคุณภาพชีวิตยั่งยืน: นวัตกรรมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งอนาคต”

❖ คณะกรรมการดำเนินงาน

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ฐิตินาถ สุคนเขตร์
รองศาสตราจารย์ ดร.สุระสิทธิ์ ทรงม้า
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทิพสุดา คิดเลิศ
ดร.พรธิดา เทพประสิทธิ์
นางสาวกนกวรรณ คนซื่อ
นางสาวจามรี กลางคาร
รองศาสตราจารย์ ดร.ณัฏฐา ผิวมา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ณรงค์ฤทธิ์ ภิรมย์นก
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มณชัย เดชสังกรานนท์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิริลักษณ์ หล่อพันธ์มณี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์จุฑาวุฒิ จันทรมาลี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรศิริ ศิลาสัย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์นิพัฒน์ มานะกิจภิญโญ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ฐิติพร ลินิฐฎา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์วันปิติ ธรรมศรี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์กิตติศักดิ์ วสันติวงศ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วาศนศักดิ์ ลิ้มควรสุวรรณ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐกฤตา ฟลอเรนไทน์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิราภรณ์ พงษ์โสภา
ดร.สาวิตรี มูลสุวรรณ
ดร.วันดี สิริธนา
อาจารย์ศิววิทย์ บัวสุวรรณ
อาจารย์ชนิสรา เมธภัทรหิรัญ
อาจารย์สุรภา โหมดสุวรรณ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ดุสิต อังธารารักษ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อุดมศักดิ์ กิจทวี
ดร.สุทัน มุมแดง
นายพรรษวัชร อุดมเสฏฐ์ชัย
นายไพศาล คงสถิตสถาพร
ศาสตราจารย์ ดร.ธานินทร์ สิทธิวิรัชธรรม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เอื้ออารี จันทร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์กิตติศักดิ์ วสันติวงศ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชานุ โพธิพิทักษ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปริศนา มัชฌิมา
ผู้ช่วยศาสตาจารย์วัจนา ขาวฟ้า
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ปเนต หมายมั่น
ผู้ช่วยศาสตราจารย์วัชรากรณ์ เนตรหาญ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นาฏลดา อ่อนวิมล
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศรีสุดา สมัยใหม่
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ฤทธิพันธ์ รุ่งเรือง
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อาภาพรรณ สัตยาวิบูล
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สายสุดา ปั้นตระกูล
ดร.สุวิทย์ นำภาว์
ดร.รังสันต์ จอมทะรักษ์
ดร.วีรชน ภูหินกอง
อาจารย์เปมิกา สำเภาทอง
อาจารย์จิตรวดี ตั้งหิรัญรัตน์
นางสาวนงนุช ผ่องศรี

❖ คณะกรรมการดำเนินงาน

นางสาวเพียงกมล ยุวนานนท์
นางสาววรรณา แสนใจกล้า
นายธวัชชัย ศรีสอาด
นายตระกูลศักดิ์ ศรีบุญรอด
นายพศิน อินทา
นายสรรค์วเรศ กระต่ายทอง
นางสาวอลิศ พันธ์พรสม
นายพงส์ปภาพ นาคเวช
นางสาวพชรมน พิเศษกุญชร
นายปารมี พึ่งแย้ม
นายไพฑูรย์ นามเสนา
นายสนธยา แย้มเดช
นายณัฐกานต์ พงธิพันธุ์
นายอมรินทร์ ธนารักษ์
นางสาวมณีรัตน์ ธำรงรัตนา
นายจิรโรจน์ โอฬารศศิวัชร์
นายชัยพงศ์ เทพธานี
นางสาววรรณภรณ์ นุชเจริญ
นายรัชต อมตเวทย์
นายศรีนคร ปัญญาคล่อง
นายธราธร จงแสง
นางสาวปิติพร ทองประเสริฐ
นางสาวดวงจันทร์ พวงยอด
นางสาวเอมอร ศรีเกษม

นางสาวพรรณทิพา กิจภักดีกุล
นายรุ่งเกียรติ ยิ่งเจริญรุ่งโรจน์
นางสาวจุฑารัตน์ ศรีชูเปี่ยม
นางสาวยุวกานดา พลคชา
นายธีรพจน์ จินดาเดช
นางสาวมีนา แนมขุนทด
นางสาวปภาวรินทร์ สังฆพรหม
นายพฤกษ์ จินตะนานุช
นางสาวณิชา เตียวย่อง
นายชนนน ติ้วเส้ง
นายสถิตย์ เชิดฉันท์
นายสุทัศน์ รุ่งเรือง
นายจักร ชมภูนุช
นายชัชวาลย์ ลาภเกิน
นางเบญญาภา ยวงอักษร
นายวรนนท์ ดีผดุง
นางจันทร์จิรา ทิลารักษ์
นายโจนาทาน สมิธ คงเจริญ
นายปิยะวัฒน์ แจ่มจำรัส
นายตรีรัตน์ รื่นเริง
นางสาวนราภรณ์ ศิริกังวาน
นางสาวสุจีปภา ทองเนียม
นางสาวรัตนาพร ศรีมาตย์
นางสาวสุทัศนีย์ มูลลี

การประชุมวิชาการระดับชาติสวนดุสิต 2026 ครั้งที่ 8

“ปัญญาประดิษฐ์ สู่สังคมอัจฉริยะและคุณภาพชีวิตยั่งยืน: นวัตกรรมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งอนาคต”

❖ คณะกรรมการดำเนินงาน

นางสาวทิพาวรรณ วรรณขัณฑ์
นางสาวกฤติยา ขำกลาง
นายกษมา ซำอ๊วง
นางอรวรินทร์ ยาเณร
นายสกล โพฉลาด
นางณัฐกาญจน์ เกษรบัว
นายอภิรัตน์ แก้วเพชรสมุทร
นางสาวอาริสาร์ ธาราภูมิภาณุพัฒน์
นางสาวจุฑาทิพย์ รัตนบำรุง
นายสุภัส มังสาทอง
นางสาวเจนจิตรา ภูผิวฟ้า
นางสาวแก้ว น้ำใจดี
นางสาวพิมพ์ชนก ชนะทาน
นางสาวทิพย์วรรณ สิงห์ครุธ
นายชัน คำทาสี
นายคณิต แก้วกอง
นายธนะชัย กาสุข
นายสุริยะเขต โสประโคน
นายพรณรงค์ บริบูรณ์
นายสุทธิพงษ์ หาเม็ดดี
นายยุทธพล ดำนอก
นายยุทธนา รักษาทรัพย์
นายจีระศักดิ์ สุดแสง
นายวัฒนพงษ์ วัฒนสาร

นางสาวสุรัสวดี พานทอง
นางสาวสุคนธ์ทิพย์ หนองโทน
นายอนุชิต สวัสดิ์ตาล
นายพรรษวัชร อุดมเสฏฐ์ชัย
นางแก้วตา ยอดไทย
นายชาคริช รอดอำพัน
นายกิตติ พรมแสง
นางสาวฐิติพร โพธิวรรณ
นายวรธร ศิริวรรณ
นางสาวทัศนีย์ อินทร์วิมล
นางสาวจีราพร โคกสุนันท์
นางสาวหฤทัย ไชยชนะ
นางสาววรตน บุบผาชาติ
นายพิษณุ ชุมนุม
นายสุบิน ทรงเดช
นายอดุลย์ ศิริ
นายวัลลภ อิ่มเอิบ
นายนุวง วัฒนสาร
นายสำเร็จ พันธ์กุ่ม
นายประสิทธิ์ บุญสูง
นายทองอินทร์ ถูกธรรม
นายอเนก ฉิมวัย
นายประเสริฐ โยธะมาตย์
นายวัฒนพงษ์ วัฒนสาร

การประชุมวิชาการระดับชาติสวนดุสิต 2026 ครั้งที่ 8

“ปัญญาประดิษฐ์ สู่สังคมอัจฉริยะและคุณภาพชีวิตยั่งยืน: นวัตกรรมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งอนาคต”

❖ คณะกรรมการดำเนินงาน

นายวีรยุทธ ธนูปกรณ์
นายสถาพร รักพวก
นายไพศาล ราชวงค์
นายภัลลพ สีหามัด
นายก้องปราบ ชุมนุม
นายราชันย์ ชำนาญฤทธิ์
นางสาวชลิตษา โชติช่วง
นางสาวนุชจรีย์ กล่ำเจริญ
นางสาวราตรี จรดล
นายปิยะวัฒน์ สุวรรณโยธี

นายวีระ ธรรมวัตร
นายไพศาล พิชัยคำ
นายสุรเชษฐ นาคประโคน
นายรวิพล ลัภสุวรรณ
นายประภาส ก่อนเกิด
นายนิพล สระกลาง
นางสาวอัญชลี เด่นดวง
นางสาวบุญตา ธารมัติ
นางสาวจิราภรณ์ สาคร


AI