



วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย

EAU Heritage Journal

ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

Science and Technology

ปีที่ 20 ฉบับที่ 2 ประจำเดือน พฤษภาคม-สิงหาคม 2569 Vol. 20 No. 2 May-August 2026

ISSN 3027-7221 (Online)





วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย
EAU Heritage Journal

ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
Science and Technology

ปีที่ 20 ฉบับที่ 2 ประจำเดือน พฤษภาคม-สิงหาคม 2569 Vol. 20 No. 2 May-August 2026

ISSN 3027-7221 (Online)

ความเป็นมา

วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เริ่มจัดพิมพ์ในปี พ.ศ. 2550 มีกำหนดเผยแพร่ปีละ 2 ฉบับ จนถึงปี พ.ศ. 2559 ได้เพิ่มการเผยแพร่วารสารเป็นปีละ 3 ฉบับ และในปีที่ 11 ฉบับที่ 3 (กันยายน-ธันวาคม 2560) เป็นต้นมา ได้มีการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการผลิตวารสารจากตัวเล่มหนังสือเป็นการผลิตแบบ CD และเปลี่ยนการผลิตจาก CD เป็น Flash Drive ในปีที่ 12 ฉบับที่ 1 (มกราคม-เมษายน 2561) และตั้งแต่ปีที่ 16 ฉบับที่ 1 (มกราคม-เมษายน 2565) เป็นต้นมา วารสารได้ยกเลิกการผลิต Flash Drive

ในปี พ.ศ. 2565 วารสารได้ปรับเปลี่ยนจำนวนผู้ทรงคุณวุฒิในการประเมินบทความจากการประเมินโดยผู้ทรงคุณวุฒิจำนวนไม่น้อยกว่า 2 ท่าน เป็นการประเมินโดยผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน โดยเริ่มใช้กับบทความปีที่ 16 ฉบับที่ 1 (มกราคม-เมษายน 2565) เป็นต้นมา

ในปี พ.ศ. 2567 วารสารได้ยกเลิกการใช้เลขมาตรฐานสากลทั้งฉบับพิมพ์ (ISSN 2286-6175 (Print)) และฉบับออนไลน์ (E-ISSN 2651-1738 (Online)) และได้ขอเลข E-ISSN (Online) ใหม่ คือ E-ISSN 3027-7221 (Online) เพื่อเปลี่ยนชื่อภาษาอังกฤษ (Key-title) ให้ตรงกับชื่อภาษาอังกฤษของวารสาร และเริ่มใช้เลข E-ISSN (Online) ใหม่ ตั้งแต่ปีที่ 18 ฉบับที่ 1 (มกราคม-เมษายน 2567)

ปัจจุบัน วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ได้รับการรับรองคุณภาพจากศูนย์ดัชนีการอ้างอิงวารสารไทย (TCI) โดยได้รับการจัดกลุ่มให้เป็นวารสาร กลุ่มที่ 1 ตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2568 ถึงวันที่ 31 ธันวาคม พ.ศ. 2572

วัตถุประสงค์

1. เพื่อเผยแพร่บทความวิจัย (Research Article) และบทความวิชาการ (Academic Article) ที่มีคุณภาพของคณาจารย์ บุคลากร นักวิจัย นักวิชาการ นักศึกษา ทั้งภายในและภายนอกมหาวิทยาลัย ในสาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ได้แก่ วิศวกรรมศาสตร์ คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ พยาบาลศาสตร์ เกษตรศาสตร์ สาธารณสุขศาสตร์ การบิน สิ่งแวดล้อม และสาขาวิชาที่เกี่ยวข้อง

2. เพื่อส่งเสริมและกระตุ้นให้เกิดการเพิ่มพูนความรู้ทางวิชาการแก่สังคม โดยสนับสนุนให้คณาจารย์ บุคลากร นักวิจัย นักวิชาการ นักศึกษา ทั้งภายในและภายนอกมหาวิทยาลัย นำเสนอผลงานวิชาการในสาขาวิชา วิศวกรรมศาสตร์ คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ พยาบาลศาสตร์ เกษตรศาสตร์ สาธารณสุขศาสตร์ การบิน สิ่งแวดล้อม และสาขาวิชาที่เกี่ยวข้อง

ขอบเขตเนื้อหาการตีพิมพ์

เพื่อเผยแพร่บทความวิจัย (Research Article) และบทความวิชาการ (Academic Article) ที่มีคุณภาพด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ได้แก่ วิศวกรรมศาสตร์ คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ พยาบาลศาสตร์ เกษษศาสตร์ สาธารณสุขศาสตร์ การบิน สิ่งแวดล้อม และสาขาอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง

ประเภทบทความที่รับ

วารสารรับตีพิมพ์เผยแพร่บทความภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ใน 2 ประเภท ได้แก่
1. บทความวิจัย (Research Article)
2. บทความวิชาการ (Academic Article)

กำหนดการเผยแพร่

กำหนดออกเผยแพร่นาน 4 เดือน ปีละ 3 ฉบับ ดังนี้
ฉบับที่ 1: มกราคม-เมษายน (กำหนดออก เมษายน)
ฉบับที่ 2: พฤษภาคม-สิงหาคม (กำหนดออก สิงหาคม)
ฉบับที่ 3: กันยายน-ธันวาคม (กำหนดออก ธันวาคม)

การจัดพิมพ์

เผยแพร่ฉบับออนไลน์ ที่ <https://he01.tci-thaijo.org/index.php/EAUHJSci>

นโยบายการประเมินบทความ โดยผู้ทรงคุณวุฒิ

ตั้งแต่ ปีที่ 16 ฉบับที่ 1 (มกราคม-เมษายน 2565) บทความทุกบทความจะได้รับการประเมินจากผู้ทรงคุณวุฒิ (Peer Review) ที่มีความเชี่ยวชาญตรงตามสาขาวิชาที่เกี่ยวข้องจำนวน 3 ท่าน ในรูปแบบของการประเมินบทความที่ผู้ทรงคุณวุฒิและผู้เขียนไม่ทราบชื่อและสังกัดของกันและกัน (Double-Blind Peer Review)

โดยบทความจากบุคลากรภายใน จะได้รับการประเมินโดยผู้ทรงคุณวุฒิภายนอกทั้งหมด ส่วนบทความจากบุคลากรภายนอก จะได้รับการประเมินจากผู้ทรงคุณวุฒิภายนอกทั้งหมด หรือจากผู้ทรงคุณวุฒิภายนอกร่วมกับผู้ทรงคุณวุฒิภายใน

ลิขสิทธิ์

ข้อความภายในบทความที่ตีพิมพ์ในวารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ทั้งหมด รวมถึงรูปภาพประกอบ ตาราง เป็นลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย การนำเนื้อหา ข้อความหรือข้อคิดเห็น รูปภาพ ตาราง ของบทความไปจัดพิมพ์เผยแพร่ในรูปแบบต่าง ๆ ต้องได้รับอนุญาตจากกองบรรณาธิการวารสารอย่างเป็นทางการเป็นลายลักษณ์อักษร

ข้อความที่ปรากฏในบทความในวารสารเป็นความคิดเห็นส่วนตัวของผู้เขียน ไม่เกี่ยวข้องกับมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย และคณาจารย์ บุคลากร ท่านอื่น ๆ ในมหาวิทยาลัยแต่อย่างใด

แหล่งผลิต กองบรรณาธิการ วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

เจ้าของ มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย

ที่ปรึกษา ดร.โชติรัส ขวณิชย์

อธิการบดีมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย

บรรณาธิการ ดร.กัญจน์นิชา โภคอุดม

มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย

กองบรรณาธิการ ศาสตราจารย์ ดร.ไพศาล นามผล

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ศาสตราจารย์ ดร.ผดุงศักดิ์ รัตนเดโช

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

ศาสตราจารย์ ดร.ปารเมศ ชุตินา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ศาสตราจารย์ ดร.สุนิสา ขายเกลี้ยง

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ศาสตราจารย์ พันเอกหญิง ดร.สุวิมล เสนีย์วงศ์ ณ อยุธยา โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

รองศาสตราจารย์ ดร.สิทธิพร พิมพ์สกุล

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

รองศาสตราจารย์ ดร.วีรชาติ ตั้งจิรัช

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

รองศาสตราจารย์ ดร.นเรศ เชื้อสุวรรณ

มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

รองศาสตราจารย์ ดร.อำไพศักดิ์ ทิบุญมา

มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

รองศาสตราจารย์ ดร.นุชสรา เกรียงกรกฎ

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

รองศาสตราจารย์ ดร.เพลินทิพย์ ภูทองกิ่ง

มหาวิทยาลัยนเรศวร

รองศาสตราจารย์ ดร.ไกรศักดิ์ เกษร

มหาวิทยาลัยมหิดล

รองศาสตราจารย์ ดร.วันเพ็ญ แก้วปาน

มหาวิทยาลัยบูรพา

รองศาสตราจารย์ ดร.ชนัญชิดาคุษฎี ทูลศิริ

มหาวิทยาลัยบูรพา

รองศาสตราจารย์ ดร.สุนิสา ริมเจริญ

มหาวิทยาลัยทักษิณ

รองศาสตราจารย์ ดร.บุญญพัฒน์ ไชยเมล์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐพงศ์ มกระธัช

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธาดา สุขศิลา

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นภนัทร ธารีลาภ

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประภา ไช้สละม

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มนต์ชัย พฤษชัยโลเลิศ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยนเรศวร

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิริพร เดชะศิริรักษ์

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชาลินี สุวรรณยศ

มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิริกานต์ ชูเชิด

มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย

นางสาวอุบลรัตน์ ชนะโรค

ผู้ช่วยบรรณาธิการ ดร.จรงรัตน์ พันธุ์สุวรรณ

มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย

นางสาวนริศรา ทุมมณี

มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย



จรรยาบรรณการตีพิมพ์ (Publication Ethics)

บทบาทและหน้าที่ของผู้เขียน

1. ผู้เขียนต้องรับรองว่าบทความที่ส่งมานั้นเป็นผลงานใหม่ และไม่เคยตีพิมพ์เผยแพร่ที่ได้มาก่อน
2. ผู้เขียนต้องรับรองว่าบทความที่จัดส่งมานั้น ไม่อยู่ระหว่างการรอตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสารหรือสิ่งพิมพ์อื่น ๆ
3. ผู้เขียนต้องรายงานข้อเท็จจริงที่เกิดขึ้นจากการทำวิจัย ไม่บิดเบือนข้อมูล หรือให้ข้อมูลที่เป็นเท็จ
4. ผู้เขียนต้องอ้างอิงผลงานของผู้อื่น หากมีการนำผลงานเหล่านั้นมาใช้ในผลงานตัวเอง รวมทั้งจัดทำรายการอ้างอิงให้ครบถ้วน
5. ผู้เขียนต้องเขียนบทความให้ถูกต้องตามรูปแบบที่กำหนดไว้ใน Template ของวารสาร
6. ผู้เขียนที่มีรายชื่อปรากฏในบทความทุกคนต้องเป็นผู้เขียนที่มีส่วนร่วมในงานเขียนจริง ในกรณีที่บทความวิจัย ผู้เขียนทุกคนต้องมีส่วนร่วมในการดำเนินการวิจัยจริง ทั้งนี้ ผู้เขียนที่ส่งบทความต้องตรวจสอบผู้เขียนให้ครบถ้วน ทางกองบรรณาธิการไม่อนุญาตให้มีการเปลี่ยนแปลงชื่อภายหลังการส่งบทความ

บทบาทและหน้าที่ของบรรณาธิการวารสาร

1. บรรณาธิการวารสารมีหน้าที่พิจารณาคุณภาพของบทความ เพื่อตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสารที่ตนรับผิดชอบ
2. บรรณาธิการต้องไม่เปิดเผยข้อมูลของผู้เขียนและผู้ประเมินบทความ แก่บุคคลใด ๆ ที่ไม่เกี่ยวข้องในช่วงระยะเวลาของการประเมินบทความ
3. บรรณาธิการต้องตัดสินใจคัดเลือกบทความมาตีพิมพ์หลังจากผ่านกระบวนการประเมินบทความแล้ว โดยพิจารณาจากความสำคัญ ความใหม่ ความชัดเจน และความสอดคล้องของเนื้อหา กับนโยบายของวารสารเป็นสำคัญ
4. บรรณาธิการต้องไม่ตีพิมพ์บทความที่เคยตีพิมพ์ที่อื่นมาแล้ว
5. บรรณาธิการต้องไม่ปฏิเสธการตีพิมพ์บทความ เพราะความสงสัยหรือไม่แน่ใจ โดยต้องหาหลักฐานมาพิสูจน์ข้อสงสัยนั้น ๆ ก่อน
6. บรรณาธิการต้องไม่มีประโยชน์ทับซ้อนกับผู้เขียน ผู้ประเมินบทความ และทีมบริหาร
7. บรรณาธิการต้องมีการตรวจสอบบทความในด้านการคัดลอกผลงานผู้อื่น (Plagiarism) อย่างจริงจัง โดยใช้โปรแกรมที่เชื่อถือได้เพื่อให้แน่ใจว่าบทความที่ลงตีพิมพ์ในวารสารไม่มีการคัดลอกผลงานของผู้อื่น
8. หากตรวจพบการคัดลอกผลงานของผู้อื่นในกระบวนการประเมินบทความ บรรณาธิการต้องหยุดกระบวนการประเมิน และติดต่อผู้เขียนหลักทันทีเพื่อขอคำชี้แจงประกอบการ “ตอบรับ” หรือ “ปฏิเสธ” การตีพิมพ์บทความนั้น ๆ

จรรยาบรรณการตีพิมพ์ (Publication Ethics)

บทบาทและหน้าที่ของผู้ประเมินบทความ

1. ผู้ประเมินบทความต้องรักษาความลับและไม่เปิดเผยข้อมูลบางส่วนหรือทุกส่วนของบทความที่ส่งมาเพื่อพิจารณาแก่บุคคลอื่น ๆ ที่ไม่เกี่ยวข้อง ในช่วงระยะเวลาของการประเมินบทความ
2. หลังจากได้รับบทความจากกองบรรณาธิการวารสารฯ ผู้ประเมินบทความตระหนักว่าตัวเองอาจมีผลประโยชน์ทับซ้อนกับผู้เขียน เช่น เป็นผู้ร่วมโครงการ หรือรู้จักผู้เขียนเป็นการส่วนตัว หรือเหตุผลอื่น ๆ ที่ทำให้ไม่สามารถให้ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะอย่างอิสระได้ ผู้ประเมินบทความควรแจ้งให้บรรณาธิการวารสารทราบและปฏิเสธการประเมินบทความนั้น ๆ
3. ผู้ประเมินบทความ ควรประเมินบทความในสาขาวิชาที่ตนมีความเชี่ยวชาญ โดยพิจารณาความสำคัญของเนื้อหาในบทความที่จะมีต่อสาขานั้น ๆ คุณภาพของการวิเคราะห์และความเข้มข้นของผลงาน ไม่ควรใช้ความคิดเห็นส่วนตัวที่ไม่มีข้อมูลรองรับมาเป็นเกณฑ์ในการตัดสินบทความวิจัย
4. ผู้ประเมินต้องระบุผลงานวิจัยที่สำคัญ ๆ และสอดคล้องกับบทความที่กำลังประเมิน แต่ผู้เขียนไม่ได้อ้างถึง เข้าไปในการประเมินบทความด้วย นอกจากนี้หากมีส่วนใดของบทความที่มีความเหมือน หรือซ้ำซ้อนกับผลงานชิ้นอื่น ๆ ผู้ประเมินต้องชี้แจงให้บรรณาธิการทราบด้วย

จริยธรรมการวิจัยใน มนุษย์และสัตว์

บทความวิจัยที่ส่งเข้ามารับการตีพิมพ์ ถ้างานวิจัยเกี่ยวข้องกับการทำวิจัยในมนุษย์ ผู้เขียนต้องได้รับการอนุมัติจากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน จากสถาบันที่ผ่านการรับรองจากสำนักงานมาตรฐานการวิจัยในคน สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ สำหรับการทดลองในสัตว์ต้องผ่านการรับรองจากคณะกรรมการพิจารณาจรรยาบรรณการใช้สัตว์เพื่องานทางวิทยาศาสตร์ และอยู่ภายใต้หลักพระราชบัญญัติสัตว์เพื่องานทางวิทยาศาสตร์ พ.ศ. 2558



บทบรรณาธิการ

กองบรรณาธิการวารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ขอแนะนำ น้อมกระหม่อมแสดงความอาลัยอย่างสุดซึ้งต่อการสิ้นพระชนม์ของสมเด็จพระเจ้าลูกเธอ เจ้าฟ้าพัชรกิติยาภา นเรนทิราเทพยวดี กรมหลวงราชสาริณีสิริพัชร มหาวัชรราชธิดา พระองค์ทรงอุทิศพระองค์เพื่องานยุติธรรมและคุณภาพชีวิตของผู้ต้องขังผ่านโครงการกำลังใจในพระดำริ ซึ่งเป็นแบบอย่างของการนำองค์ความรู้ไปปรับใช้สังคมอย่างแท้จริง กองบรรณาธิการขอร่วมน้อมส่งเสด็จสู่สรวงสวรรค์ และจะน้อมนำพระกรณียกิจของพระองค์มาเป็นแรงบันดาลใจในการเผยแพร่ผลงานทางวิชาการเพื่อประโยชน์แก่สังคมสืบไป

วารสารฉบับนี้ ประกอบด้วยบทความวิชาการ 2 เรื่อง และบทความวิจัย 12 เรื่อง ครอบคลุมศาสตร์ที่หลากหลาย ทั้งด้านปัญญาประดิษฐ์ วิศวกรรมศาสตร์ คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ พยาบาลศาสตร์ สาธารณสุขศาสตร์ ตลอดจนการบินและสิ่งแวดล้อม โดยเปิดประเด็นด้วยสองบทความวิชาการที่ว่าด้วยบทบาทของปัญญาประดิษฐ์ในแวดวงการศึกษ ได้แก่ “การใช้ปัญญาประดิษฐ์เชิงสร้างสรรค์ในการศึกษา: โอกาส ความเสี่ยง และแนวทางกำกับดูแลสำหรับสถาบันอุดมศึกษาไทย” และ “กรอบแนวคิดการใช้ปัญญาประดิษฐ์เป็นผู้ช่วยอาจารย์ในการวางแผนการสอนและจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในระดับอุดมศึกษา” ซึ่งทั้งสองบทความชี้ให้เห็นทั้งโอกาสและความท้าทายของปัญญาประดิษฐ์ในห้องเรียนไทย

ในกลุ่มบทความวิจัย มีบทความด้านวิศวกรรมและเทคโนโลยีที่น่าสนใจ อาทิ “การพัฒนาระบบตรวจจับการสูญเสียพลังงานด้วยเทคโนโลยี LoRaWAN ภายในอาคารสถานศึกษา” “ระบบแปลงภาษาธรรมชาติเป็น SQL โดยใช้ ChatGPT” “การวิเคราะห์คุณลักษณะเฉพาะทางอากาศพลศาสตร์ของอากาศยานไร้คนขับพลังงานแสงอาทิตย์ M Solar-X” รวมถึงบทความด้านการพยาบาลและสาธารณสุขที่เป็นประโยชน์ต่อชุมชน

กองบรรณาธิการขอขอบคุณผู้ทรงคุณวุฒิและผู้นิพนธ์ทุกท่าน และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าบทความในฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้อ่าน นักวิชาการ และผู้ที่สนใจนำไปประยุกต์ใช้ต่อยอดองค์ความรู้ในสาขาวิชาที่เกี่ยวข้องต่อไป

บรรณาธิการ

วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

สารบัญ

Academic Articles

- 1 ■ การใช้ปัญญาประดิษฐ์เชิงสร้างสรรค์ในการศึกษา: โอกาส ความเสี่ยง และแนวทางกำกับดูแลสำหรับสถาบันอุดมศึกษาไทย
Generative AI in Education: Opportunities, Risks and Governance Frameworks for Thai Higher Education Institutions
อารียา ศรีประเสริฐ และสุภกัญญา ขวณิชย์
- 20 ■ กรอบแนวคิดการใช้ปัญญาประดิษฐ์เป็นผู้ช่วยอาจารย์ในการวางแผนการสอนและ จัดกิจกรรมการเรียนรู้ในระดับอุดมศึกษา
A Conceptual Framework for Utilizing Artificial Intelligence as a Teaching Assistant in Instructional Planning and Learning Activity Design in Higher Education
นิกร โภคอุดม กัญจน์นิชา โภคอุดม และสรวิศ บุญมี

Research Articles

- 35 ■ การพัฒนารูปแบบการดูแลสุขภาพผู้ป่วยโรคเบาหวานและโรคความดันโลหิตสูงตามวิถีชุมชน จังหวัดปทุมธานี
Development of a Community-Based Healthcare Model for Patients with Diabetes Mellitus and Hypertension in PathumThani Province
อุทัยวรรณ พงษ์บริบูรณ์ ตติยา ทุมเสน และกาญจนา คำยาคี
- 48 ■ การพัฒนาระบบตรวจจับการสูญเสียพลังงานด้วยเทคโนโลยี LoRaWAN ภายในอาคารสถานศึกษา
Development of an Energy Loss Detection System using LoRaWAN Technology in an Educational Building
จันทิมา ลาภสงผล

สารบัญ

- 67 ■ การพัฒนาและประเมินโปรแกรมส่งเสริมความรู้สุขภาพทางเพศในวัยรุ่นอาชีวศึกษา
Development and Evaluation of a Sexual Health Literacy Promotion Program
among Vocational Adolescents
อัจฉรากร คำภา นุจรี ไชยมงคล และพจนารถ สารพัด
- 80 ■ การปรับปรุงประสิทธิภาพการตรวจจับใบหน้าภายใต้สภาวะแสงต่าง ๆ ด้วย YOLO
และ Haar Cascade ร่วมกับ Canny Edge Detection
Enhancing Face Detection Performance under Various Illumination Conditions
using YOLO and Haar Cascade with Canny Edge Detection
พิศณุ คุ้มชัย นภเดช อุตตเจริญวงศ์ จิตติ สัมภัตตะกุล อีรภัทร สาระวัน กฤตณัย สิงห์เผือก
ศรัณย์ภัทร มะลิพรม วิชากร ชัยอรรธรณ และสืบบงษ์ วัฒนพฤกษชาติ
- 100 ■ การปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อลดเวลาการทำงานในกระบวนการคัดแยกขนาดผลิตภัณฑ์
ด้วยเทคนิคการศึกษางาน
Production Process Improvement to Reduce Working Time in
Product Size Grading using Work Study Techniques
ณัฐภัทร กาญจนเรืองรอง และศรินยา ประทีปชนะชัย
- 120 ■ เครื่องอัดกระถางจากขยะอินทรีย์ขนาดเล็กแบบกึ่งอัตโนมัติ
Semi-Automatic Small-Scale Organic Waste Pot Press Machine
นันทพร สุทธิประภา
- 140 ■ การพัฒนาแนวทางการพยาบาลในการป้องกันการติดเชื้อดื้อยาที่ควบคุมพิเศษ
Development of Nursing Practice Guidelines for the Prevention of
Specially Controlled Drug-Resistant Infections
ชลิดา เกียรติติลกรัฐ และจันทนา ณททัยโกคิน

- 157 ■ การออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ตัดรูปตัววีแบบปรับค่าได้สำหรับโลหะแผ่นบาง
Design and Construction of Adjustable V-bending Die for Thin Metal Sheets
ณัฐกร แซ่เอี้ยว พัตร์พิมล สุวรรณกาญจน์ และกัลยา อุบลทิพย์
- 174 ■ ระบบแปลงภาษาธรรมชาติเป็น SQL โดยใช้ ChatGPT
A Text-to-SQL System Based on ChatGPT
ปิยะพงษ์ แดงขำ และวดีนาถ วรรณสวัสดิ์กุล
- 187 ■ การวิเคราะห์หาค่าคุณลักษณะเฉพาะทางอากาศพลศาสตร์ของอากาศยานไร้คนขับ
พลังงานแสงอาทิตย์สมรรถนะสูง เพดานบินต่ำ M Solar-X โดยใช้อุโมงค์ลมความเร็วต่ำกว่าเสียง
Aerodynamic Characteristics Analysis of the High-Performance, Low-Altitude
Solar-Powered Unmanned Aerial Vehicle M Solar-X using a Subsonic Wind Tunnel
กนก ทองสว่าง จิรวุฒิ คล่องตรวโรด และเอกพล ใบโพธิ์
- 204 ■ Mining Salient Concepts of IT-Support-Tasks from Daily IT-Support Ticket Reports
การทำเหมืองแนวความคิดงานที่สำคัญของงานสนับสนุนด้านไอทีจากรายงานทิกเก็ต
สนับสนุนด้านไอทีรายวัน
Siraporn Palaya Chaveevan Pechsiri Supakpong Jinarat and Adisorn Na Ubon
- 219 ■ การออกแบบใบกวนเต้าหู้เพื่อลดปริมาณเต้าหู้ตกค้างก้นถัง
Design of a Tofu Stirring Blade to Reduce Product Residue
ทงศักดิ์ คงสินธุ์ บัณฑิต พึ่งสาระ วรรณลักษณ์ เหล่าทวีทรัพย์ รัชชอัศม์ วิโรจน์ปัญญาภณ
และกิตตินันท์ จ้อยชู



การใช้ปัญญาประดิษฐ์เชิงสร้างสรรค์ในการศึกษา: โอกาส ความเสี่ยง และแนวทางกำกับดูแลสำหรับสถาบันอุดมศึกษาไทย

Generative AI in Education: Opportunities, Risks and Governance Frameworks for Thai Higher Education Institutions

อารียา ศรีประเสริฐ¹ และสุภกัญญา ชวนิชย์^{2*}

Areeya Sriprasert¹ and Supakanya Chavanich^{2*}

¹คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย

¹School of Information Technology, Eastern Asia University

²สำนักวิชาการ มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย

²Accademic Affairs Office, Eastern Asia University

*Corresponding author: supakanya@eau.ac.th

Received: April 24, 2026

Revised: June 11, 2026

Accepted: June 18, 2026

บทคัดย่อ

ปัจจุบันสถาบันอุดมศึกษานำปัญญาประดิษฐ์เชิงสร้างสรรค์ (Generative Artificial Intelligence: GenAI) มาใช้เพิ่มขึ้นในการจัดการเรียนการสอน การวิจัย และการบริการวิชาการ แต่ยังคงมีความท้าทายด้านความซื่อสัตย์ทางวิชาการ อคติของอัลกอริทึม การคุ้มครองข้อมูลส่วนบุคคล และความเหลื่อมล้ำทางดิจิทัล ขณะที่แนวทางกำกับดูแลในบริบทอุดมศึกษาไทยยังไม่ชัดเจน บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสังเคราะห์องค์ความรู้เกี่ยวกับโอกาส ความเสี่ยง และแนวทางกำกับดูแล GenAI ในพันธกิจหลักของสถาบันอุดมศึกษาไทย โดยใช้การทบทวนวรรณกรรมเชิงวิเคราะห์แบบบรรยาย ผลการวิเคราะห์พบว่า GenAI มีศักยภาพในการยกระดับการเรียนรู้ เร่งรัดการวิจัย ขยายบริการวิชาการ อนุรักษ์มรดกวัฒนธรรมดิจิทัล และเพิ่มประสิทธิภาพการบริหารจัดการ ขณะเดียวกันยังมีความเสี่ยงด้านความซื่อสัตย์ทางวิชาการ อคติทางอัลกอริทึม การถดถอยของทักษะการคิด การคุ้มครองข้อมูลส่วนบุคคล และความเหลื่อมล้ำในการเข้าถึงเทคโนโลยี ผลการสังเคราะห์นำไปสู่การเสนอกรอบแนวคิดการกำกับดูแล GenAI สำหรับสถาบันอุดมศึกษาไทย โดยบูรณาการการกำกับดูแลระดับนโยบาย สถาบัน และการปฏิบัติ เพื่อสร้างสมดุลระหว่างนวัตกรรมและการบริหารความเสี่ยง

คำสำคัญ: ปัญญาประดิษฐ์เชิงสร้างสรรค์ อุดมศึกษาไทย การกำกับดูแล AI พันธกิจสถาบันอุดมศึกษา นโยบายเทคโนโลยีการศึกษา

Abstract

Higher education institutions are increasingly adopting Generative Artificial Intelligence (GenAI) in teaching, research, and academic services. However, its use raises concerns regarding academic integrity, algorithmic bias, personal data protection, and digital inequality, while governance approaches in Thai higher education remain unclear. This article synthesizes knowledge on the opportunities, risks, and governance of GenAI across the core missions of Thai higher education institutions through an analytical narrative review. The findings indicate that GenAI can enhance learning, research, academic services, digital cultural heritage preservation, and institutional management. At the same time, it poses risks related to academic integrity, algorithmic bias, cognitive skill decline, personal data protection, and unequal access to technology. The synthesis proposes a GenAI Governance Framework for Thai higher education institutions that integrates policy, institutional, and operational governance to balance innovation and risk management.

Keywords: Generative AI, Thai higher education, AI governance, higher education institution missions, educational technology policy



บทนำ

การขยายตัวของปัญญาประดิษฐ์เชิงสร้างสรรค์ (Generative AI หรือ GenAI) เช่น ChatGPT Gemini Claude Perplexity และ Grok เป็นพลังสำคัญในการเปลี่ยนผ่านการจัดการการศึกษาระดับอุดมศึกษาทั่วโลก จากการสำรวจ Chegg Global Student Survey (Chegg, 2025) พบว่า ผู้เรียน 80% ทั่วโลกใช้ GenAI เพื่อสนับสนุนการศึกษา และผู้เรียนไทยกว่า 90.29% ใช้ GenAI อย่างต่อเนื่องและสูงสุดในอาเซียน (ASEAN Foundation, 2026)

ในขณะที่การใช้งาน GenAI มีแนวโน้มเติบโตสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง แต่การศึกษาและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องในบริบทการศึกษาไทยยังคงมีอยู่อย่างจำกัดและมักกระจุกตัวอยู่ในมิติเฉพาะด้าน เช่น การประเมินสมรรถนะของเครื่องมือ กรณีศึกษาการใช้ GenAI ในรายวิชาเฉพาะทาง ส่งผลให้องค์ความรู้ในปัจจุบันยังขาดการบูรณาการมุมมองเชิงองค์รวมที่เชื่อมโยงระหว่างศักยภาพของเทคโนโลยี ความท้าทาย และกรอบนโยบายการกำกับดูแล (Krukob, 2025) บทความนี้จึงมีวัตถุประสงค์หลัก 3 ประการ ได้แก่ (1) สังเคราะห์ความรู้ โอกาส และความเสี่ยงของ GenAI

ในอุดมศึกษาจากวรรณกรรมระดับนานาชาติและระดับชาติ (2) วิเคราะห์ประเด็นดังกล่าวผ่านมุมมองบริบทไทย โดยครอบคลุมพันธกิจหลักของสถาบันอุดมศึกษาไทย และ (3) เสนอกรอบแนวคิดการกำกับดูแลปัญญาประดิษฐ์เชิงสร้างสรรค์ในอุดมศึกษาไทย (Thai higher education institution generative artificial intelligence governance framework) ที่ผู้บริหารสถาบันการศึกษานำไปประยุกต์ใช้ได้จริง

บทความนี้ใช้การทบทวนวรรณกรรมเชิงบรรยาย (analytical narrative review) โดยสืบค้นจากฐานข้อมูล Science Direct Google Scholar และ Thaijo ช่วงปี ค.ศ. 2022–2026 ด้วยคำค้นหลัก เช่น Generative AI education AI governance university และ GenAI risks opportunities education จากนั้นกระบวนการสังเคราะห์เริ่มจากการจัดกลุ่มเนื้อหาด้วยการวิเคราะห์แก่นสาร (thematic analysis) โดยแบ่งเป็น 3 อิม ได้แก่ โอกาสของ GenAI ความเสี่ยงที่เกิดขึ้น และแนวทางการกำกับดูแล โดยนำมาวิเคราะห์เปรียบเทียบกับบริบทอุดมศึกษาไทย รวมถึงพิจารณาปัจจัยเฉพาะ ได้แก่ พันธกิจหลักของ

สถาบันอุดมศึกษา กฎหมาย PDPA หรือ พระราชบัญญัติคุ้มครองข้อมูลส่วนบุคคล พ.ศ. 2562 และความเหลื่อมล้ำทางดิจิทัล เพื่อสร้างกรอบแนวคิดการกำกับดูแลปัญญาประดิษฐ์เชิงสร้างสรรค์ในอุดมศึกษาที่ปรับให้เหมาะสมกับอุดมศึกษาไทย

โอกาสของการใช้ GenAI ในอุดมศึกษาไทย

การนำ GenAI มาประยุกต์ใช้ในระดับอุดมศึกษาของไทย ถือเป็นโอกาสสำคัญในการยกระดับศักยภาพการดำเนินงานตามพันธกิจหลักของสถาบัน เพื่อเตรียมความพร้อมให้แก่บัณฑิตให้พร้อมในการรับมือกับความท้าทายของโลกอนาคต มีรายละเอียดที่แบ่งตามพันธกิจของสถาบันอุดมศึกษาไทย ดังนี้

1. ด้านการผลิตบัณฑิต

การนำ GenAI มาประยุกต์ใช้ในพันธกิจด้านการผลิตบัณฑิตให้มีสมรรถนะสูงขึ้น ลดความเหลื่อมล้ำ และยกระดับคุณภาพหลักสูตรให้สอดคล้องกับความต้องการของตลาดแรงงานในยุคดิจิทัลนั้น มีโอกาสหลัก 3 ประการ ได้แก่ (1) การสนับสนุนการเรียนรู้แบบเฉพาะบุคคล (personalized learning) โดย GenAI จะช่วยสร้างและปรับรูปแบบสื่อการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับระดับความรู้และความสนใจของผู้เรียนแต่ละคน (Trung, 2025) นอกจากนี้ยังช่วยลดความเหลื่อมล้ำและข้อจำกัดทางภาษา โดย GenAI ช่วยแปลภาษาหรือปรับระดับความยากง่ายของเนื้อหา เพื่อให้ผู้เรียนเข้าถึงการศึกษาคุณภาพสูงได้อย่างเท่าเทียม (Pierres et al., 2024) สอดคล้องกับแผนปฏิบัติการด้าน AI แห่งชาติ (พ.ศ. 2565-2570) ที่ตั้งเป้าการสร้างรูปแบบการเรียนรู้แบบเฉพาะบุคคลจากผู้สอนไม่น้อยกว่า 100 รูปแบบ (National AI Strategy Steering Committee, 2022) (2) บทบาทในฐานะติวเตอร์อัจฉริยะ (AI Tutor) Gen AI หน้าที่เสมือนผู้ช่วยสอนที่ให้ความช่วยเหลือผู้เรียนได้อย่างต่อเนื่อง โดยมีแชทบอตที่ตอบคำถาม อธิบายแนวคิดที่ซับซ้อน และช่วยผู้เรียนทบทวนบทเรียนนอกเวลาเรียนได้ทันที อีกทั้งยังช่วยส่งเสริมการเรียนรู้ด้วยตนเองอย่างมีประสิทธิภาพ (Zapata-Rivera et al., 2024) นอกจากนี้ GenAI ยังให้ข้อเสนอแนะแบบทันทีหลังประเมินผล ซึ่งช่วยลดแรงกดดัน การมีส่วนร่วม และลดภาระทางปัญญา (cognitive load) (Cosentino et al., 2025) รวมถึงยังใช้เป็นคู่มือฝึกแบบ

โสเครติส (socratic opponent) ที่ทำหน้าที่ตั้งคำถามปลายเปิดเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนคิดวิเคราะห์และค้นพบคำตอบด้วยตนเอง (Miao & Holmes, 2023) (3) การพัฒนาทักษะสำหรับอนาคต (skill development) การนำ GenAI มาช่วยบ่มเพาะทักษะทางปัญญาและทักษะทางเทคโนโลยีที่จำเป็น ได้แก่ ทักษะด้านการเขียนโปรแกรม (coding skill) โดย GenAI ช่วยเขียนโค้ด อธิบายโครงสร้างของอัลกอริทึม และช่วยแก้ข้อผิดพลาด (Finnie-Ansley et al., 2023) เช่น กรณีศึกษาของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยที่อนุญาตให้นักศึกษาชั้นปีสุดท้ายสาขาคอมพิวเตอร์ได้นำ ChatGPT มาใช้ช่วยสร้างสรรค์หัวข้อ ออกแบบขั้นตอนการทำงาน และเขียนโค้ดสำหรับโครงงานอย่างเป็นรูปธรรม (Chakamanont et al., 2025) ความฉลาดรู้ด้านปัญญาประดิษฐ์และการป้อนคำสั่ง (AI literacy and prompt engineering) โดยสถาบันอุดมศึกษาต้องผลิตบัณฑิตที่เข้าใจข้อจำกัดและอคติของ AI เช่น มหาวิทยาลัยขอนแก่นได้ตั้ง “AI Clinic” และ Prompt Librarian ที่ช่วยแนะนำผู้ใช้งาน และมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ได้เปิดอบรมการใช้งานอย่างมีจริยธรรม (Leawprasert et al., 2025) และทักษะการคิดเชิงวิพากษ์ (critical thinking) ซึ่งผู้เรียนต้องเปลี่ยนจากการทำงานพื้นฐาน ไปสู่การคิดขั้นสูง ตีความ และประเมินความถูกต้องของข้อมูล (Francis et al., 2025)

การใช้ GenAI ในสถาบันอุดมศึกษาไทยจึงไม่ใช่แค่นำเทคโนโลยีดิจิทัลมาใช้ในห้องเรียน แต่คือการสร้างระบบการเรียนรู้แบบเปิดที่ทำให้ผู้เรียนทุกคนเข้าถึงความรู้ได้ง่ายขึ้น และเตรียมบัณฑิตให้พร้อมทำงานร่วมกับ AI ในอนาคต ดังนั้น สถาบันอุดมศึกษาควรพัฒนาหลักสูตรที่ผนวก GenAI เข้าไปอย่างเป็นระบบ โดยเชื่อมโยงกับมาตรฐานคุณภาพบัณฑิตและบรรจุทักษะความฉลาดรู้ด้านปัญญาประดิษฐ์ ไว้ในกรอบความฉลาดทางดิจิทัล (Digital Intelligence: DQ) เพื่อให้นักศึกษาไม่เพียงแต่ใช้ AI เป็น แต่เข้าใจและประเมินได้อย่างมีวิจารณญาณ ส่วนในระดับประเทศ ควรมีการผลักดันพื้นที่ทดลอง AI ระดับชาติ (National AI Education Sandbox) เพื่อเป็นพื้นที่ทดสอบนวัตกรรมการศึกษาด้าน AI ที่ปลอดภัย โดยมีเป้าหมายสูงสุดคือการให้บัณฑิตและสถาบันอุดมศึกษาไทยก้าวขึ้นเป็นผู้นำด้านการใช้ AI อย่างโปร่งใสและมีจริยธรรมในภูมิภาคอาเซียน

2. ด้านการวิจัย

การบูรณาการ GenAI มาใช้กับพันธกิจด้านการวิจัยถือเป็นยุทธศาสตร์สำคัญที่ช่วยให้ทำงานวิจัยได้รวดเร็ว มีการผลิตจำนวนผลงานวิจัยเพิ่มขึ้น และช่วยกระตุ้นให้เกิดนวัตกรรมใหม่ได้เร็วยิ่งขึ้น ซึ่งมีโอกาสสำคัญ 4 ประการ ได้แก่ (1) การทบทวนวรรณกรรมและวิเคราะห์ข้อมูล (literature review and data analysis) โดย GenAI ช่วยอ่านงานวิจัยหรือบทความวิจัย สังเคราะห์ และสรุปวรรณกรรมจำนวนมาก เพื่อระบุช่องว่างงานวิจัยได้อย่างแม่นยำ (Polonsky & Rotman, 2023) นอกจากนี้ GenAI ยังเป็นเครื่องมือวิเคราะห์ข้อมูลขนาดใหญ่ และค้นพบความรู้ข้ามสาขาวิชา ช่วยให้การระดมการวิจัยระยะต้นรวดเร็วขึ้น (Jayaram et al., 2024) (2) การระดมสมองและสร้างสมมติฐาน (ideation and hypothesis generation) GenAI ทำหน้าที่ผู้ช่วยระดมสมอง สร้างสมมติฐาน ออกแบบการทดลอง และสร้าง Data visualization ทำให้นักวิจัยมีเวลาจดจ่อกับการคิดเชิงวิพากษ์และการตีความผลลัพธ์มากขึ้น (Hussain, 2024) (3) การวิจัยแบบร่วมมือและพหุวิทยาการ (collaborative and interdisciplinary research) GenAI สนับสนุนการวิจัยข้ามสาขา โดยเชื่อมโยงศาสตร์ที่ซับซ้อนเข้าด้วยกัน (Branda et al., 2025) อีกทั้งยังทำหน้าที่เป็นผู้อำนวยการควบคุมในการออกแบบการวิจัย จำลองสถานการณ์และบูรณาการมุมมองจากหลายฝ่าย (Giannakos et al., 2025) (4) การเขียนผลงานวิชาการและการขอรับทุน (academic writing and grant applications) GenAI เป็นเครื่องมือสำคัญในการลดอุปสรรคทางภาษาสำหรับนักวิจัย (Papyshev, 2025) และช่วยร่างข้อเสนอเพื่อขอรับทุน (Godwin et al., 2024) โดยนักวิจัยยังคงต้องรับผิดชอบต่อความถูกต้อง โครงสร้างแนวคิดและการวิเคราะห์เพื่อรักษาความซื่อสัตย์ทางวิชาการเสมอ (Thoumrungroje, 2025)

ปัจจุบันสถาบันอุดมศึกษาชั้นนำของไทยได้เริ่มบูรณาการ GenAI เข้าสู่การทำงานวิจัยอย่างเป็นรูปธรรม เช่น จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยให้ทุนสนับสนุนบัญชี ChatGPT Plus แก่นักวิจัยส่งผลให้มียอดตีพิมพ์ผลงานวิจัยระดับชาติและนานาชาติเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน (Chakamanont et al., 2025) หอสมุดมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์และสำนักหอสมุดมหาวิทยาลัยขอนแก่นได้จัดเตรียมเครื่องมือระดับองค์กร

เช่น SciSpace และ ChatPDF พร้อมทั้งจัดตั้งบรรณารักษ์ผู้เชี่ยวชาญด้านคำสั่ง (prompt librarian) เพื่อให้คำแนะนำการใช้งานอย่างมีจริยธรรม (Khawruang & Saetang, 2025) ดังนั้น โอกาสของ GenAI ในการวิจัย จึงไม่ใช่เพียงการประหยัดเวลา หากแต่เป็นการยกระดับโครงสร้างการผลิตองค์ความรู้โดยผสมผสานบทบาทระหว่างนักวิจัยในฐานะผู้ออกแบบความคิดเชิงวิพากษ์ GenAI ในฐานะผู้ช่วยเชิงปัญญา และระบบกำกับดูแลในฐานะกลไกรักษามาตรฐานและจริยธรรม

3. ด้านการบริการวิชาการ

การนำ GenAI มาประยุกต์ใช้ในการบริการวิชาการ จะช่วยให้สถาบันอุดมศึกษาไทยขยายบทบาทและยกระดับการช่วยเหลือสังคมได้อย่างเป็นรูปธรรม โดยมีโอกาสที่นำมาใช้ดำเนินงานที่สำคัญ 4 ประการ ดังนี้ (1) การจัดอบรมเชิงปฏิบัติการและสร้างความฉลาดรู้ด้านปัญญาประดิษฐ์ (community AI workshops and AI literacy) สถาบันอุดมศึกษาทำหน้าที่เป็นศูนย์กลางถ่ายทอดความรู้ GenAI เพื่อให้ประชาชนและองค์กรท้องถิ่นใช้งานได้อย่างมีวิจารณญาณและมีจริยธรรม (Israfilzade, 2025) (2) การสร้างและแบ่งปันชุดข้อมูลสาธารณะ (public datasets and synthetic data generation) GenAI สามารถสร้างชุดข้อมูลสังเคราะห์ (synthetic data) ที่มีลักษณะเหมือนข้อมูลจริง แต่ไม่ละเมิดความเป็นส่วนตัว เช่น การจำลองข้อมูลผู้ป่วยเพื่อใช้วิจัยยาใหม่ (Diro et al., 2025) จากนั้นนำมาจัดทำเป็นชุดข้อมูลสาธารณะที่ได้รับการรับรองความปลอดภัยจากสถาบัน เพื่อแบ่งปันให้ชุมชนหรือสตาร์ทอัพนำไปพัฒนานวัตกรรมต่อยอด (Capano et al., 2025) (3) การลดความเหลื่อมล้ำและส่งเสริมการเข้าถึงทางเทคโนโลยีในระดับชุมชน (bridging the digital divide and inclusion) สถาบันอุดมศึกษาสามารถใช้ GenAI สร้างสื่อการเรียนรู้ที่รองรับภาษาถิ่นและปรับรูปแบบให้ผู้มีความบกพร่องเข้าถึงได้ง่าย แนวทางนี้จะช่วยทำลายกำแพงด้านภาษาและทรัพยากรเพื่อสร้างความเท่าเทียมและส่งเสริมการเรียนรู้ตลอดชีวิตให้แก่กลุ่มเปราะบางและประชาชนทั่วไป (Israfilzade, 2025) (4) นวัตกรรมแบบเปิดและความร่วมมือของชุมชนเพื่อแก้ปัญหาท้องถิ่น (open innovation and community collaboration) มหาวิทยาลัยสามารถใช้ GenAI เป็นเครื่องมือในการแบ่งปันทรัพยากร โดยทำหน้าที่เป็น “ฟิ

เลี้ยง” ให้แก่โรงเรียนหรือองค์กรท้องถิ่นที่ขาดแคลน เพื่อร่วมกันพัฒนาโครงการ AI ที่นำไปใช้แก้ปัญหาจริงของชุมชน (Capano et al., 2025)

การนำ GenAI มาใช้ในงานบริการวิชาการ ถือเป็น การเปลี่ยนผ่านอุดมศึกษาไทยจากผู้ถ่ายทอดความรู้สู่ ศูนย์กลางระบบนิเวศการเรียนรู้ดิจิทัลด้วยปัญญาประดิษฐ์ หากสถาบันอุดมศึกษายึดมั่นในจริยธรรม ความโปร่งใส และประโยชน์ส่วนรวม จะเป็นกลไกสำคัญในการขับเคลื่อน สังคมฐานความรู้ ลดช่องว่างทางเทคโนโลยี และสร้างความ ยั่งยืนให้ประเทศในยุคปัญญาประดิษฐ์

4. ด้านการทํานุบำรุงศิลปวัฒนธรรม

การนำ GenAI มาใช้ในพันธกิจด้านการทํานุบำรุง ศิลปวัฒนธรรมของสถาบันอุดมศึกษานั้น ถือเป็นการเปิด มิติใหม่ในการอนุรักษ์ สืบสาน และต่อยอดภูมิปัญญาให้ สอดคล้องกับยุคดิจิทัล โดยมีโอกาสสำคัญ 4 ประการ ได้แก่ (1) การสร้างสรรค์และต่อยอดงานศิลปะด้วย AI (AI-generated art and creative expression) GenAI เปิด โอกาสให้คณาจารย์ ผู้เรียน และศิลปิน สามารถสร้างสรรค์ ผลงานรูปแบบใหม่ได้อย่างไร้ขีดจำกัด ได้แก่ การสร้างสื่อ ประสม (multimodal content) โดยสถาบันอุดมศึกษา สามารถใช้ GenAI เป็นผู้ร่วมสร้างสรรค์ (co-creator) ในกระบวนการคิดเชิงออกแบบและการเล่าเรื่อง ช่วยให้ ผู้เรียนก้าวข้ามข้อจำกัดเดิมสู่นวัตกรรมทางศิลปะใหม่ ๆ (Independent Higher Education Australia, 2025) (2) การอนุรักษ์ประวัติศาสตร์และศิลปวัฒนธรรม (cultural heritage preservation) การใช้ GenAI ร่วมกับเทคโนโลยี โลกเสมือนจริง (VR) ช่วยจำลองสภาพโบราณสถานและ สถาปัตยกรรมในอดีตให้กลับมามีชีวิต ซึ่งช่วยให้ผู้เรียน สามารถเข้าไปสัมผัส มีส่วนร่วม และเรียนรู้ประวัติศาสตร์ได้ อย่างสมจริง (J. T. D. Ng et al., 2022) (3) การคุ้มครอง และส่งเสริมความหลากหลายทางวัฒนธรรม (promoting cultural diversity) การใช้ GenAI ช่วยอนุรักษ์ภูมิปัญญา และภาษาถิ่นที่ใกล้สูญหายผ่านระบบประมวลผลและแปล ภาษาแบบเรียลไทม์ การใช้ GenAI ในมิตินี้ต้องควบคู่ไป กับการป้องกันอคติและการกลืนกลายทางวัฒนธรรมตาม แนวทางของ UNESCO เพื่อรักษาความหลากหลายทาง สังคม (Miao & Holmes, 2023) (4) การสร้างนวัตกรรม เพื่อเศรษฐกิจสร้างสรรค์ (creative economy innovation) สถาบันอุดมศึกษาสามารถใช้ GenAI เชื่อมโยงเทคโนโลยี

เข้ากับศิลปวัฒนธรรมท้องถิ่น (soft power) เพื่อสร้างสื่อ ดิจิทัลส่งเสริมการท่องเที่ยวและเพิ่มมูลค่าทางเศรษฐกิจ (Chan, 2025) แนวทางนี้จะเปลี่ยนการอนุรักษ์แบบดั้งเดิม ไปสู่การสืบสานวัฒนธรรมแบบมีชีวิต โดยเปิดพื้นที่ให้คน รุ่นใหม่ร่วมต่อยอดอย่างสร้างสรรค์ภายใต้กรอบจริยธรรม และการเคารพความหลากหลาย เพื่อยกระดับให้ศิลป วัฒนธรรมไทยทรงคุณค่าและโดดเด่นในระดับสากล

5. ด้านการบริหารจัดการ

การนำ GenAI มาใช้ในการบริหารจัดการถือเป็นการ เปลี่ยนผ่านสถาบันอุดมศึกษาจาก “การบริหารแบบตั่งรับ” สู่ “การบริหารเชิงคาดการณ์และขับเคลื่อนด้วยข้อมูล” (Lian & Chen, 2025) โดยช่วยยกระดับการทำงาน 4 ประการ ได้แก่ (1) การทำกระบวนการอัตโนมัติ (workflow automation) การนำ GenAI ใช้จัดตารางเรียนและทำรายงาน รวมถึง ใช้แชทบอตตอบคำถามนักศึกษา ซึ่งเมื่อทำงานร่วมกับ ระบบของสถาบันจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพงานบริหารได้ ถึง 50% (Jayaram et al., 2024) (2) การวิเคราะห์เชิง ทำนาย (predictive analytics) การรวม GenAI เข้ากับ ระบบการวิเคราะห์การเรียนรู้ (learning analytics) ช่วย ให้สถาบันอุดมศึกษาประเมินผลการเรียนและสร้างระบบ แจ้งเตือนเมื่อพบนักศึกษากลุ่มเสี่ยงออกกลางคัน เพื่อให้ คำปรึกษาได้อย่างทันท่วงที (Ouyang et al., 2022) (3) การวางแผนกลยุทธ์ (strategic planning) การใช้ GenAI วิเคราะห์ข้อมูลขนาดใหญ่ (big data) เพื่อคาดการณ์เทรนด์ การรับสมัคร ความต้องการของตลาดแรงงาน และนำไป สู่การปรับปรุงหลักสูตรให้ทันสมัย (UNESCO, 2023b) (4) การจัดการข้อมูลอย่างปลอดภัย (secure content automation) การใช้ GenAI บริหารจัดการข้อมูลสำคัญ ผ่านระบบที่ปลอดภัย คุ้มครองความลับ และทำงานร่วมกับ ระบบ LMS หรือ CMS ได้โดยไม่ละเมิดกฎหมายคุ้มครอง ข้อมูลส่วนบุคคล (Jayaram et al., 2024)

การนำ GenAI มาใช้ ไม่ใช่แค่การทำงานให้เร็ว ขึ้น แต่เป็นการสร้างสถาปัตยกรรมการบริหารอัจฉริยะ ที่ยกระดับมหาวิทยาลัยไทยสู่องค์กรที่ขับเคลื่อนด้วย AI อย่างมีความรับผิดชอบ ซึ่งจะเพิ่มขีดความสามารถทางการ แข่งขันในระยะยาว

ความเสี่ยงของการใช้ GenAI ในอุดมศึกษาไทย

การบูรณาการ GenAI เข้าสู่ระบบอุดมศึกษาถือ

เป็น “ดาบสองคม” ที่แม้จะนำมาซึ่งโอกาสของการพัฒนา นวัตกรรมทางการศึกษา แต่ก็แฝงไว้ด้วยความท้าทาย และความเสี่ยงที่ซับซ้อน (Ali et al., 2023) หากสถาบัน อุดมศึกษานำเทคโนโลยีนี้มาใช้งานโดยขาดความรู้เท่าทัน และขาดกรอบการกำกับดูแลที่ชัดเจน อาจส่งผลกระทบ อย่างรุนแรง (Chan, 2023) เพื่อให้สถาบันอุดมศึกษาไทย รับมือความท้าทายและใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยีนี้ได้ อย่างยั่งยืน รวมถึงมีจริยธรรมและมีความรับผิดชอบต่อ สังคม (Miao & Holmes, 2023) สถาบันอุดมศึกษาไทย ต้องตระหนักและเตรียมมาตรการเชิงรุกเพื่อรับมือกับความ เสี่ยงใน 5 พันธกิจหลัก ดังนี้

1. ด้านการผลิตบัณฑิต

สถาบันอุดมศึกษาต้องเตรียมรับมือกับความเสี่ ยง ที่อาจส่งผลกระทบต่อคุณภาพและคุณธรรมของผู้เรียนใน 5 ประเด็นหลัก ได้แก่ (1) ภัยคุกคามต่อความซื่อสัตย์ทาง วิชาการและการลอกเลียนแบบผลงาน (academic integrity and plagiarism) การใช้ Gen AI สร้างผลงานทำให้แยกแยะ ผลงานของมนุษย์กับ AI ทำได้ยาก (Williams, 2024) นอกจากนี้โปรแกรมตรวจจับ AI (AI detection tools) มักเกิดผลบวกปลอม (false positives) ซึ่งเสี่ยงต่อการก ล่าวหาผู้เรียนอย่างไม่เป็นธรรม โดยเฉพาะกลุ่มผู้เรียนที่ ไม่ได้ใช้ภาษาอังกฤษเป็นภาษาแม่ (Wang et al., 2024) (2) การถดถอยของทักษะและความเกียจคร้านทางปัญญา (skill degradation and cognitive laziness) การพึ่งพา AI มากเกินไปอาจทำให้ทักษะพื้นฐานเสื่อมถอยลง เช่น การเขียน การคิดวิเคราะห์ และการแก้ปัญหาด้วยตนเอง (Francis et al., 2025) (3) ความเหลื่อมล้ำและความไม่ เท่าเทียมทางดิจิทัล (digital divide and inequity) โมเดล AI ที่มีประสิทธิภาพสูงมักมีค่าใช้จ่าย (Nartey, 2024) หาก สถาบันไม่มีโครงสร้างพื้นฐานรองรับ จะยิ่งขยายช่องว่าง ความเหลื่อมล้ำและสร้างความได้เปรียบให้ผู้ที่มีทุนทรัพย์ (UNESCO, 2023a) (4) อคติของอัลกอริทึมและการสร้าง ข้อมูลเท็จ (algorithmic bias and misinformation) AI อาจผลิตข้อาคติทางสังคม และสร้างข้อมูลหรือแหล่ง อ้างอิงปลอมหรืออาการประสาทหลอนของปัญญาประดิษฐ์ (hallucinations) หากผู้เรียนขาดการตรวจสอบจะนำไป สู่การเผยแพร่ข้อมูลที่ผิด (Farrelly & Baker, 2023) (5) ความเป็นส่วนตัวของข้อมูลและทรัพย์สินทางปัญญา (data

privacy and intellectual property) การป้อนข้อมูลลง ในแพลตฟอร์มภายนอกเสี่ยงต่อการรั่วไหลของข้อมูลส่วน บุคคล (Wang et al., 2024) และผลงานสร้างสรรค์หรือ ข้อมูลที่ยังไม่เผยแพร่ อาจถูกระบบดึงไปเป็นข้อมูลฝึกฝน โมเดล AI และเปิดเผยสู่สาธารณะโดยไม่ได้รับอนุญาต (Moffatt & Hall, 2025)

การผลิตบัณฑิตยุคใหม่จึงต้องเปลี่ยนเป้าหมาย จากการตั้งคำถามว่า “จะควบคุม AI อย่างไร” เป็น “จะ ออกแบบการเรียนรู้ให้มนุษย์ทำงานร่วมกับ AI อย่างมีคุณค่า ได้อย่างไร” โดยเน้นการรักษาความซื่อสัตย์ พัฒนาทักษะ การคิดเชิงวิพากษ์ และสร้างความเท่าเทียมในการเข้าถึง

2. ด้านการวิจัย

การใช้ GenAI ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทำงาน วิจัย อาจก่อให้เกิดความเสี่ยงร้ายแรงต่อความน่าเชื่อถือ และความถูกต้องขององค์ความรู้ ดังนี้ (1) อคติในผลลัพธ์ ของ AI (bias in AI outputs) โมเดล GenAI มักสะท้อน อคติทางเพศ เชื้อชาติ และอิงมุมมองแบบตะวันตกเป็น หลัก (Ramos & Wilson-Kennedy, 2024) หากนำไป ใช้โดยไม่ตรวจสอบ จะเป็นการผลิตซ้ำอคติ ทำให้ผลการ วิจัยขาดความเที่ยงตรง ขยายช่องว่างความเหลื่อมล้ำทาง สังคม และเสี่ยงต่อการเลือกปฏิบัติต่อกลุ่มคนชายขอบ (Al-kfairy et al., 2024) (2) ปัญหาเรื่องความสามารถใน การซ้ำได้และอาการประสาทหลอน (Reproducibility Issues and Hallucinations) GenAI ทำงานบนพื้นฐาน การคาดการณ์ความน่าจะเป็นโดยปราศจากความเข้าใจ ความหมายที่แท้จริง จึงเสี่ยงต่อการเกิดอาการประสาทหลอน ของปัญญาประดิษฐ์ เช่น การสร้างแหล่งอ้างอิงปลอม หรือสรุปข้อมูลผิดพลาด ซึ่งลดความถูกต้องของงานวิจัย (Onder & McCabe, 2025) นอกจากนี้ ระบบการทำงานของ AI ที่มีลักษณะเป็นกล่องดำ (black box) ซึ่งตรวจสอบ กระบวนการตัดสินใจของ AI ไม่ได้ อาจทำให้ผลการศึกษ ขาดความโปร่งใสและยากต่อการรับผิดชอบเมื่อเกิดข้อผิ ดพลาด (3) ปัญหาความเป็นผู้แต่งและความรับผิดชอบทาง วิชาการ (authorship and academic integrity) แนว ปฏิบัติสากลไม่อนุญาตให้ AI มีสถานะเป็น “ผู้แต่งร่วม” (co-author) เนื่องจาก AI ไม่สามารถรับผิดชอบต่อความถูก ต้องและจริยธรรมของผลงานได้ (Moffatt & Hall, 2025) ประกอบกับการให้เครดิต AI ในฐานะผู้แต่ง ยังถือเป็นการ

ลดทอนคุณค่าทางสติปัญญาของมนุษย์ในการสร้างสรรค์งานวิชาการอีกด้วย (Lund & Naheem, 2024) (4) การคุ้มครองข้อมูลส่วนบุคคลและทรัพย์สินทางปัญญา (data privacy and intellectual property) การนำข้อมูลดิบ ข้อมูลส่วนบุคคล หรือโครงร่างวิจัยไปใช้ใน AI สาธารณะถือเป็นการเปิดเผยข้อมูลแก่บุคคลที่สาม ซึ่งเสี่ยงต่อการละเมิดจริยธรรมการวิจัย (IRB) ผิดกฎหมายคุ้มครองข้อมูล และทำให้สูญเสียสิทธิในทรัพย์สินทางปัญญาได้ (Johri et al., 2025) (5) การถดถอยของการคิดวิเคราะห์เชิงลึกและการลดทอนทางความคิด (erosion of critical analysis and cognitive offloading) ขณะที่การใช้ GenAI ช่วยประมวลผลข้อมูลได้รวดเร็ว แต่ GenAI ไม่สามารถคิดวิเคราะห์เชิงลึก สังเคราะห์เนื้อหา หรือสร้างข้อโต้แย้งใหม่ ๆ ได้เหมือนมนุษย์ การพึ่งพา AI มากเกินไปจึงทำให้งานวิจัยขาดความลุ่มลึก ขาดความเป็นต้นฉบับ และลดทอนคุณค่าการมีส่วนร่วมทางปัญญาของผู้วิจัย (Polonsky & Rotman, 2023)

GenAI เป็นผู้ช่วยที่มีความสามารถสูงในการประมวลผล แต่คุณค่าและความน่าเชื่อถือของงานวิจัยยังคงต้องพึ่งพาวิจารณ์ญาณ จริยธรรม และการคิดเชิงลึกของมนุษย์เป็นหัวใจสำคัญ ผู้วิจัยจึงควรใช้ AI ในฐานะเครื่องมือสนับสนุน และทำหน้าที่ตรวจสอบผลลัพธ์ เพื่อรักษาความซื่อสัตย์และมาตรฐานทางวิชาการเอาไว้

3. ด้านการบริการวิชาการแก่สังคม

ในฐานะที่สถาบันอุดมศึกษาเป็น “ที่พึ่งและแหล่งอ้างอิงทางปัญญา” การนำ GenAI มาใช้ให้บริการข้อมูล หรือให้คำปรึกษาแก่สาธารณชน จึงอาจนำมาซึ่งความเสี่ยงที่บั่นทอนความน่าเชื่อถือของสถาบัน และสร้างผลกระทบเชิงลบต่อสังคมวงกว้างได้ ดังนี้ (1) การผลิตและเผยแพร่ข้อมูลเท็จและภาพหลอน (misinformation spread and hallucinations) อาการประสาทหลอนของปัญญาประดิษฐ์อาจทำให้สถาบันให้ความรู้หรือคำปรึกษาที่ผิดพลาดแก่สังคม (Onder & McCabe, 2025) รวมถึงมีความเสี่ยงในการถูกใช้สร้างสื่อปลอม (deepfakes) เพื่อบิดเบือนความจริง สร้างความเข้าใจผิดในสังคม และนำไปสู่การขโมยตัวตนหรือละเมิดความเป็นส่วนตัวได้ (Al-kfairy et al., 2024) (2) การบั่นทอนของความน่าเชื่อถือและความไว้วางใจจากสาธารณชน (erosion of public trust) การเน้นความรวดเร็ว

ในการผลิตเนื้อหาด้วย AI มากกว่าความถูกต้อง จะทำลายความน่าเชื่อถือขององค์กรในระยะยาว (Deptula et al., 2025) เช่น หากมีการใช้ภาพปลอมเพื่อระดมทุน สังคม

จะไม่เพียงหมดความไว้วางใจต่อองค์กรนั้น แต่ผลกระทบยังลุกลามเหมารวมไปถึงองค์กรอื่น ๆ ทำให้ความเชื่อมั่นของสังคมลดลงตามไปด้วย (Chang & Rim, 2024) (3) ความโปร่งใสและข้อกังวลด้านจริยธรรม (transparency and ethical concerns) การทำงานของ AI แบบกล่องดำ ทำให้ยากต่อการตรวจสอบและอธิบายที่มาของผลลัพธ์ (Boonlue, 2024) อาจก่อให้เกิดปัญหาความรับผิดชอบ หากผลลัพธ์นั้นสร้างความเสียหาย (Chan, 2023) นอกจากนี้ การไม่แจ้งให้ประชาชนทราบว่ากำลังโต้ตอบกับ AI ยังถือเป็นการละเมิดสิทธิและขัดต่อหลักความโปร่งใสในการให้บริการอีกด้วย (Dwivedi et al., 2023) (4) การทำซ้ำอคติและการเลือกปฏิบัติในการให้บริการชุมชน (algorithmic bias and discrimination) ข้อมูลที่ใช้ฝึกฝน GenAI มักแฝงอคติทางสังคมและวัฒนธรรมของมนุษย์ (Ramos & Wilson-Kennedy, 2024) หากนำ AI ไปให้บริการวิชาการแก่ชุมชนที่หลากหลาย อาจเกิดการเหมารวม เลือกปฏิบัติ หรือให้คำแนะนำที่ผิดบริบท ซึ่งจะยิ่งเป็นการขยายช่องว่างความไม่เท่าเทียมให้กว้างขึ้น

การบริการวิชาการที่ดีจึงควรตั้งอยู่บนหลัก “ความถูกต้อง โปร่งใส และรับผิดชอบ” เป็นลำดับแรก มากกว่าความรวดเร็ว สถาบันอุดมศึกษาควรกำหนดกรอบธรรมาภิบาล AI 4 มิติ ได้แก่ มีมนุษย์กำกับตรวจสอบข้อมูล (Human oversight) เปิดเผยมการใช้ AI ชัดเจน มีระบบรับผิดชอบ และเยียวยา และประเมินเพื่อลดอคติของโมเดลอย่างสม่ำเสมอ

4. ด้านการทํานุบำรุงศิลปวัฒนธรรม

การนำ GenAI มาใช้สร้างสรรค์สื่อทางวัฒนธรรม จะช่วยเพิ่มความสะดวกรวดเร็ว แต่ก็มีความเสี่ยงที่อาจลดทอนคุณค่า ความถูกต้อง และบั่นทอนความหลากหลายทางวัฒนธรรม โดยสามารถพิจารณาความเสี่ยงที่สำคัญได้ดังนี้ (1) อคติทางวัฒนธรรมและการเหมารวม (cultural Bias and stereotyping) ข้อมูลที่ใช้ฝึกฝน GenAI มักอิงมุมมองและค่านิยมแบบตะวันตกเป็นหลัก หากนำมาสร้างเนื้อหาโดยไม่ตรวจสอบ อาจเกิดการผลิตซ้ำภาพจำแบบเหมารวม ซึ่งจะบิดเบือนและทำลายความเข้าใจในรากเหง้าที่แท้จริงของวัฒนธรรมอื่นที่ไม่ใช่ตะวันตก (Zhu et al., 2024) (2) การละเมิดทรัพย์สินทางปัญญาและปัญหาลิขสิทธิ์ (IP infringement and copyright issues) โมเดล GenAI มักนำผลงานที่มีลิขสิทธิ์ไปใช้ฝึกระบบโดยไม่ได้รับอนุญาต

การนำ GenAI มาสร้างสรรค์งานศิลปวัฒนธรรมจึงเสี่ยงต่อการละเมิดทรัพย์สินทางปัญญาของศิลปินและภูมิปัญญาชุมชน รวมถึงทำให้เกิดข้อถกเถียงเรื่องสิทธิความเป็นเจ้าของความเป็นต้นฉบับและการแบ่งปันผลประโยชน์ (Samuelson, 2023) (3) การสูญเสียความเป็นเอกลักษณ์และการทำให้ศิลปะเป็นเนื้อเดียวกัน (loss of authenticity and homogenization) ผลงานที่สร้างขึ้นโดย GenAI เกิดจากกระบวนการประมวลผลเชิงสถิติและการคาดการณ์รูปแบบของข้อมูลจากผลงานเดิมจำนวนมาก ทำให้ผลงานศิลปะมีลักษณะเป็นมาตรฐานเดียวกัน (homogenization) ขาดความแตกต่างและเอกลักษณ์เฉพาะตัว ซึ่งอาจลดทอนความลึกซึ้งทางอารมณ์และคุณค่าทางสุนทรียะที่มาจากประสบการณ์ของมนุษย์ (Francis et al., 2025) (4) การบิดเบือนประวัติศาสตร์และการสร้างสื่อปลอม (historical distortion and deepfakes) GenAI สามารถสร้างข้อมูลทางประวัติศาสตร์หรือบริบททางวัฒนธรรมที่ไม่ถูกต้อง รวมถึงการผลิตสื่อปลอมประเภท Deepfakes หากสถาบันนำไปเผยแพร่โดยไม่ตรวจสอบ จะเป็นการบิดเบือนข้อเท็จจริง สร้างความเข้าใจผิดในสังคม ตลอดจนทำลายความน่าเชื่อถือทางวิชาการและความไว้วางใจจากสาธารณชน (Boonlue, 2024)

ดังนั้น การนำ GenAI มาใช้ด้านศิลปวัฒนธรรมควรยึดหลักการเคารพความหลากหลายทางวัฒนธรรม การคุ้มครองสิทธิ และการรักษาความแท้จริงของอัตลักษณ์ทางวัฒนธรรม โดยสถาบันอุดมศึกษาจำเป็นต้องมีแนวปฏิบัติด้านการประเมินอคติ ความโปร่งใสในการใช้ AI และการกำกับดูแลโดยผู้เชี่ยวชาญด้านวัฒนธรรมอย่างใกล้ชิด

5. ด้านการบริหารจัดการ

การใช้ GenAI เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพงานธุรการและการบริหารจัดการ ก่อให้เกิดความเสี่ยงด้านการคุ้มครองข้อมูลและความมั่นคงปลอดภัยทางไซเบอร์ ดังนี้ (1) การคุ้มครองข้อมูลส่วนบุคคลและการปฏิบัติตามกฎหมาย PDPA (Data Privacy and PDPA Compliance) บุคลากรอาจป้อนข้อมูลส่วนบุคคลหรือข้อมูลภายในลงระบบโดยไม่ตั้งใจ (Diro et al., 2025) ประกอบกับการไม่อ่านหรือไม่เข้าใจเงื่อนไขสัญญา (contractual blindness) ที่อนุญาตให้ระบบนำข้อมูลไปฝึกฝนโมเดล ถือเป็นการเปิดเผยข้อมูลต่อบุคคลที่สาม ซึ่งเสี่ยงต่อการผิดกฎหมาย เช่น PDPA FERPA

หรือ GDPR (Bekar, 2025) (2) ภัยคุกคามและความมั่นคงปลอดภัยทางไซเบอร์ (Cybersecurity threats) ความเสี่ยงแบ่งเป็นสองมิติ คือ AI เป็นเป้าหมายถูกโจมตี เช่น Prompt Injection เพื่อขโมยความลับสถาบัน (B. Y. Ng et al., 2024) และ AI เป็นเครื่องมือโจมตีโดยอาชญากรใช้สร้างอีเมลฟิชซิงที่แนบเนียน หรือสร้างสื่อปลอม (deepfakes) เพื่อหลอกลวงให้โอนเงิน (Adebayo et al., 2025) (3) ทรัพย์สินทางปัญญาและการรักษาความลับของสถาบัน (intellectual property and institutional confidentiality) การนำข้อมูลยุทธศาสตร์หรืองานวิจัยที่ยังไม่จดสิทธิบัตรเข้าไปในระบบ AI อาจสูญเสียความเป็นเจ้าของ เพราะระบบอาจดึงข้อมูลเหล่านั้นไปตอบคำถามให้ผู้ใช้งานรายอื่น (Bekar, 2025) (4) ธรรมาภิบาลข้อมูลและวิกฤตความน่าเชื่อถือ (data governance and spillover crises) การให้ AI ช่วยตัดสินใจโดยขาดความโปร่งใส อาจนำไปสู่อคติและการเลือกปฏิบัติเชิงระบบ นอกจากนี้ หากเกิดเหตุการณ์ข้อมูลความลับรั่วไหลหรือการละเมิดความเป็นส่วนตัวในหน่วยงานเพียงแห่งเดียว อาจก่อให้เกิด ผลกระทบเชิงลบที่ลุกลาม (spillover crises) ไปสู่องค์กรอื่น ๆ ในเครือข่ายหรืออุตสาหกรรมเดียวกันได้ เนื่องจากสาธารณชนมักมีมุมมองแบบเหมารวมว่าระบบ GenAI มีความเปราะบางที่คล้ายคลึงกัน (homogeneous) ซึ่งสถานการณ์ดังกล่าวสามารถทำลายความไว้วางใจต่อระบบรักษาความปลอดภัยและการกำกับดูแลของสถาบันอุดมศึกษาในภาพรวม (Wang & Laufer, in press)

การบริหารจัดการต้องยึดหลัก “ความมั่นคงปลอดภัย ความรับผิดชอบ และธรรมาภิบาลที่ตรวจสอบได้” สถาบันอุดมศึกษาควรดำเนินการ 4 ระดับ คือ (1) จัดทำกรอบนโยบายการใช้ AI และจัดชั้นความลับข้อมูล (2) พัฒนาระบบความปลอดภัยไซเบอร์เชิงรุก (3) กำหนดสัญญาคุ้มครองข้อมูลอย่างชัดเจนเมื่อใช้บริการแพลตฟอร์มภายนอก และ (4) สร้างวัฒนธรรมองค์กรที่ตระหนักรู้ด้านจริยธรรมดิจิทัลการบูรณาการเทคโนโลยีคู่กับธรรมาภิบาล จะช่วยให้ GenAI กลายเป็นกลไกยกระดับประสิทธิภาพได้อย่างยั่งยืน

แนวทางการกำกับดูแลปัญญาประดิษฐ์เชิงสร้างสรรค์ ในอุดมศึกษาไทย

การบูรณาการ GenAI จำเป็นต้องมีการกำกับดูแลที่รัดกุมและครอบคลุมในทุกพันธกิจ โดยสถาบันต้องพัฒนา
นโยบายระดับองค์กร (meso-level) ให้สอดคล้องกับนโยบาย
ระดับชาติและมาตรฐานจริยธรรมสากล (macro-level) เพื่อ
รักษาสมดุลระหว่างการส่งเสริมนวัตกรรมและการป้องกัน
ความเสี่ยง (European Union, 2024) โดยมีกรอบการ
ดำเนินงาน ดังนี้

1. กรอบนโยบายระดับชาติและมาตรฐานสากล (national and international policy frameworks)

การจัดทำนโยบายของสถาบันอุดมศึกษาต้องเชื่อมโยงกับมาตรฐาน 3 ระดับ เพื่อให้ครอบคลุมมิติทางกฎหมาย
จริยธรรม และสังคม ได้แก่ (1) ยุทธศาสตร์ด้านปัญญาประดิษฐ์
ของประเทศไทย (MHESI and National AI Strategy) มุ่งเน้น
สร้างความพร้อมด้านสังคม จริยธรรม และกฎหมาย โดยยึด
หลักความโปร่งใส น่าเชื่อถือ มีความรับผิดชอบและไม่ละเมิด
สิทธิมนุษยชน (National AI Strategy Steering Committee,
2022) (2) กฎหมายปัญญาประดิษฐ์ของสหภาพยุโรป (EU
AI Act) ใช้การกำกับดูแลตามระดับความเสี่ยง (risk-based
approach) โดยจัดให้การใช้ AI ในการศึกษา เช่น การประเมิน
ผลเป็นงานกลุ่มความเสี่ยงสูงที่ต้องควบคุมความโปร่งใส
อย่างเข้มงวด และต้องปฏิบัติตามกฎหมายคุ้มครองข้อมูล
ส่วนบุคคลอย่างเคร่งครัด (GDPR) (Ebers, 2024) (3) แนว
ปฏิบัติด้านจริยธรรมของยูเนสโก (UNESCO AI Ethics) มุ่ง
เน้น แนวทางที่มนุษย์เป็นศูนย์กลาง (human-centered
approach) โดยกำหนดให้เทคโนโลยี AI เป็นเครื่องมือที่
ช่วยส่งเสริมศักยภาพของมนุษย์โดยไม่ลดทอนทักษะทาง
ปัญญา นอกจากนี้ยังต้องให้ความสำคัญกับสิทธิในการ
ตัดสินใจของมนุษย์ (human agency) การป้องกันอคติแฝง
ในอัลกอริทึม การปกป้องความหลากหลายทางวัฒนธรรม
และการสร้างความเท่าเทียมในการเข้าถึงเทคโนโลยีอย่าง
ครอบคลุม (Miao & Holmes, 2023)

สถาบันอุดมศึกษาไทยควรผสมผสานทั้ง 3 หลักการ
เข้าด้วยกัน คือ การยึดมนุษย์เป็นศูนย์กลาง (UNESCO)
ควบคู่กับการจัดระดับความเสี่ยง (EU AI Act) ภายใต้กรอบ

จริยธรรมของประเทศ (Thai AI Strategy) เพื่อให้การใช้
งาน GenAI เป็นไปอย่างสร้างสรรค์ ปลอดภัย และดำรง
ไว้ซึ่งความซื่อสัตย์ทางวิชาการ

2. กลไกสถาบัน (institutional mechanisms)

การแปลงนโยบายระดับชาติสู่การปฏิบัติจริง
สถาบันอุดมศึกษาต้องสร้างโครงสร้างพื้นฐานระดับสถาบัน
(meso-level) ที่ยืดหยุ่น โดยมีกลไก 3 ประการ ได้แก่ (1)
คณะกรรมการนโยบายปัญญาประดิษฐ์และการกำกับดูแล
แบบมีส่วนร่วม (AI policy committee and participatory
governance) สถาบันอุดมศึกษาควรจัดตั้งคณะกรรมการ
จากหลายฝ่าย เช่น ผู้บริหาร ฝ่ายกฎหมาย ไอที คณาจารย์
และผู้เรียน มาร่วมกันร่างนโยบาย (Jayaram et al., 2024)
โดยเน้นการรับฟังความเห็นจากทุกภาคส่วนเพื่อลดช่องโหว่
ของการสั่งการจากบนลงล่าง พร้อมกำหนดบทบาทความ
รับผิดชอบให้ชัดเจน เช่น สถาบันดูแลความปลอดภัย ผู้สอน
ดูแลหลักสูตร และผู้เรียนต้องรักษาความซื่อสัตย์ทางวิชาการ
(Jin et al., 2025) (2) โครงการฝึกอบรมและการพัฒนา
ความฉลาดรู้ด้านปัญญาประดิษฐ์ (training programs and
AI literacy) สถาบันต้องจัดการฝึกอบรมและสนับสนุนด้าน
ความฉลาดรู้ด้านปัญญาประดิษฐ์อย่างเป็นระบบ (Chan,
2023) เริ่มตั้งแต่การจัดอบรมสำหรับผู้เรียนที่ไม่เพียงสอน
วิธีเขียนคำสั่ง (prompt engineering) แต่ต้องเน้นทักษะ
การประเมินความถูกต้อง ตระหนักถึงอคติและข้อมูลหลอน
เพื่อป้องกันการพึ่งพา AI มากเกินไปจนเกิดความเกียจคร้าน
ทางปัญญา (Bekar, 2025) รวมถึงการจัดอบรมสำหรับ
คณาจารย์และบุคลากรสายสนับสนุนเรื่องการใช้ GenAI
ในการออกแบบการเรียนการสอน การปรับปรุงรูปแบบการ
วัดและประเมินผลที่ยืดหยุ่น (AI-resilient assessments)
และสร้างชุมชนแห่งการเรียนรู้เพื่อแลกเปลี่ยนแนวปฏิบัติ
ที่ดีร่วมกัน (Jin et al., 2025) (3) เครื่องมือตรวจสอบและ
มาตรการป้องกันทางเทคนิค (audit tools and technical
safeguards) สถาบันต้องดำเนินการทางเทคนิคอย่าง
เคร่งครัด ได้แก่ การใช้โปรแกรมตรวจจับ AI (AI Detection
Tools) สถาบันอุดมศึกษาไม่ควรใช้โปรแกรมเหล่านี้ตัดสิน
ความผิดทางวิชาการ เนื่องจากยังมีความแม่นยำต่ำและอาจ
เกิดผลบวกปลอม (false positives) โดยเฉพาะกับผลงาน

ของผู้ที่ไม่ได้ใช้ภาษาอังกฤษเป็นภาษาแม่ (Wang et al., 2024) การกำกับดูแลข้อมูลและการออกใบอนุญาตระดับองค์กร (data governance and enterpriselicensing) สถาบันควรตรวจสอบและจัดหาซอฟต์แวร์ GenAI ระดับองค์กรที่มีการทำสัญญาคุ้มครองข้อมูล (Data Protection Addendums: DPAs) เพื่อให้มั่นใจได้ว่า GenAI จะไม่นำข้อมูลของสถาบันไปฝึกฝนโมเดล (B. Y. Ng et al., 2024) และระบบตรวจสอบและความสามารถในการตรวจสอบ และการมีส่วนร่วมของมนุษย์ในกระบวนการ (auditability and Human-in-the-loop) GenAI ระบบควรมีการบันทึกประวัติการใช้งาน (audit logs) และต้องให้มนุษย์เป็นผู้ตัดสินใจขั้นสุดท้ายในกระบวนการที่สำคัญเสมอ เพื่อลดความเสี่ยงจากข้อผิดพลาดของ AI และคงความรับผิดชอบไว้ที่มนุษย์ (Jayaram et al., 2024)

3. การบูรณาการระดับสถาบันเข้ากับพันธกิจ

สถาบันอุดมศึกษาต้องออกแบบการดำเนินงานให้สอดคล้องกับ 5 พันธกิจหลัก ดังตาราง 1

ตาราง 1

สถาบันอุดมศึกษาต้องออกแบบการดำเนินงานให้สอดคล้องกับ 5 พันธกิจหลัก

พันธกิจหลัก (core missions)	เป้าหมายเชิงยุทธศาสตร์ (strategic objectives)	แนวทางปฏิบัติและการกำกับดูแล (actionable guidelines and governance)
1. การผลิตบัณฑิต	ยกระดับการเรียนรู้แบบเฉพาะบุคคล ควบคู่ไปกับการรักษาความซื่อสัตย์ทางวิชาการและป้องกันการทุจริต (Cotton et al., 2024)	1) กำหนดนโยบายรายวิชา โดยระบุขอบเขต ข้อจำกัด และเงื่อนไขการใช้ GenAI ในประมวลรายวิชา (syllabus) ให้ชัดเจน 2) ปรับการประเมินผล โดยเน้นการวัดผลที่ทักษะการคิดวิเคราะห์ขั้นสูงและประเมินจากกระบวนการมากกว่าผลลัพธ์ 3) สร้างความโปร่งใสในการใช้งาน โดยกำหนดให้ผู้เรียนชี้แจงการใช้ GenAI และแนบประวัติคำสั่ง (prompt logs) ในการส่งงาน 4) การพัฒนาความฉลาดรู้ด้านปัญญาประดิษฐ์ โดยพัฒนาหลักสูตรที่สอดแทรกความฉลาดรู้ด้านปัญญาประดิษฐ์และจริยธรรมไว้ในหลักสูตร

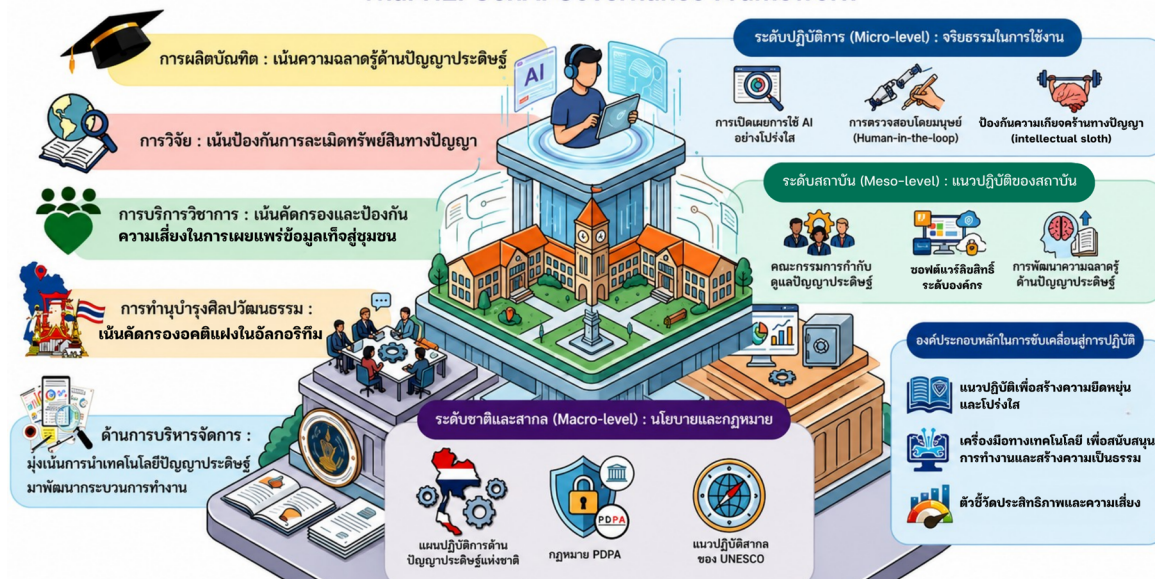
กรอบแนวคิดการกำกับดูแลปัญญาประดิษฐ์เชิงสร้างสรรค์
ในอุดมศึกษาไทย (Thai Higher Education Institution
Generative Artificial Intelligence Governance
Framework)

จากการสังเคราะห์แนวทางสากลและกลไกระดับสถาบันข้างต้น จึงได้นำมาพัฒนาเป็นกรอบแนวคิดการกำกับดูแลปัญญาประดิษฐ์เชิงสร้างสรรค์ในอุดมศึกษาไทย เพื่อใช้เป็นโมเดลต้นแบบในการขับเคลื่อนสู่การปฏิบัติอย่างเป็นระบบ Thai HEI GenAI Governance Framework ออกแบบมาเพื่อสร้างความสมดุลระหว่างการส่งเสริมนวัตกรรมและการบริหารความเสี่ยง โดยการกำกับดูแล GenAI ที่มีประสิทธิภาพนั้นจำเป็นต้องครอบคลุมการจัดการแบบบูรณาการในทุกระดับชั้น ได้แก่ ระดับชาติและสากล (Macro-level) ระดับสถาบัน (Meso-level) และระดับปฏิบัติการ(Micro-level) ดังมีรายละเอียดและองค์ประกอบเชิงลึก ดังภาพ 1

ตาราง 1 (ต่อ)

พันธกิจหลัก (core missions)	เป้าหมายเชิงยุทธศาสตร์ (strategic objectives)	แนวทางปฏิบัติและการกำกับดูแล (actionable guidelines and governance)
2. การวิจัย	ส่งเสริมประสิทธิภาพการวิจัย ภายใต้การควบคุมความเสี่ยงด้านข้อมูลรั่วไหล ปัญหาความเป็นผู้แต่ง และการสร้างข้อมูลเท็จของ AI (Onder & McCabe, 2025)	1) ความรับผิดชอบของผู้วิจัย ผู้วิจัยต้องเป็นผู้ตรวจสอบความถูกต้องของผลลัพธ์จาก AI ด้วยตนเอง และห้ามระบุชื่อ AI เป็นผู้แต่งร่วม (co-author) เนื่องจาก AI ไม่สามารถรับผิดชอบต่อผลงานวิชาการได้ 2) ธรรมชาติของข้อมูลวิจัย ห้ามนำข้อมูลส่วนบุคคลหรือข้อมูลวิจัยที่ยังไม่เผยแพร่ไปป้อนลงใน GenAI เพื่อป้องกันข้อมูลรั่วไหลและหลีกเลี่ยงการละเมิดทรัพย์สินทางปัญญา 3) จริยธรรมการวิจัย (IRB) ควรปรับปรุงแบบฟอร์มการขออนุมัติจริยธรรมการวิจัย (IRB) โดยกำหนดให้ผู้วิจัยต้องชี้แจงรายละเอียดและแผนการนำ GenAI มาใช้ในงานวิจัยอย่างชัดเจน
4. การทำนุบำรุงศิลปวัฒนธรรม	ประยุกต์ใช้ AI ในการสร้างสรรค์และเผยแพร่ศิลปวัฒนธรรม โดยคงความหลากหลายและป้องกันการบิดเบือน	1) การคัดกรองอคติ ให้มีผู้เชี่ยวชาญด้านวัฒนธรรม เฝ้าระวังและตรวจสอบอคติแฝงในอัลกอริทึม เพื่อรักษาความหลากหลายทางวัฒนธรรมและป้องกันการบิดเบือนเนื้อหา 2) การคุ้มครองลิขสิทธิ์ ประเมินความเสี่ยงด้านทรัพย์สินทางปัญญาทุกครั้งเมื่อนำ AI มาสร้างสรรค์สื่อวัฒนธรรม
5. การบริหารจัดการ	เพิ่มประสิทธิภาพงานธุรการและระบบอัตโนมัติ ภายใต้มาตรการความมั่นคงปลอดภัยและหลักธรรมาภิบาล (Jayaram et al., 2024)	1) โครงสร้างพื้นฐานที่ปลอดภัย จัดหาซอฟต์แวร์ GenAI ลิขสิทธิ์ระดับองค์กร (enterprise versions) กำหนดสิทธิ์การเข้าถึง และเก็บบันทึกประวัติ (audit logs) เพื่อป้องกันข้อมูลรั่วไหล 2) กระบวนการทำงานที่ปลอดภัย ระบบอัตโนมัติทุกขั้นตอนต้องมีมนุษย์ตรวจสอบและตัดสินใจขั้นสุดท้ายเสมอ 3) การยกระดับทักษะและการดูแลบุคลากร พัฒนาสมรรถนะด้าน AI ให้บุคลากรสายสนับสนุนและคณาจารย์ เพื่อให้ใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพและถูกจริยธรรม 4) การประเมินผลสัมฤทธิ์ ติดตามความคุ้มค่าของการลงทุน (ROI) ควบคู่กับการใช้ระบบประเมินคะแนนความเสี่ยง (risk scoring)

กรอบแนวคิดการกำกับดูแลปัญญาประดิษฐ์เชิงสร้างสรรค์ในอุดมศึกษาไทย Thai HEI GenAI Governance Framework



ภาพ 1 กรอบแนวคิดการกำกับดูแลปัญญาประดิษฐ์เชิงสร้างสรรค์ในอุดมศึกษาไทย

Note. From “NotebookLM [Large language model],” by Google.com, 2025 (<https://notebooklm.google.com/>). Copyright 2025 by Google.com

โครงสร้างการกำกับดูแล 3 ระดับ (The 3-Layered Governance Model)

กรอบแนวคิดนี้ถูกออกแบบมาเพื่อสร้างสมดุลระหว่างการส่งเสริมนวัตกรรมและการบริหารความเสี่ยง โดยแบ่งการจัดการและกำกับดูแลอย่างเป็นระบบ ดังนี้

ระดับชาติและสากล ได้แก่ นโยบายและกฎหมาย (Macro-Level: Policy-Legal Layer) เป็นโครงสร้างพื้นฐานที่ระดับชาติและสากลที่สถาบันอุดมศึกษาต้องปฏิบัติตาม ประกอบด้วย แผนปฏิบัติการด้านปัญญาประดิษฐ์แห่งชาติที่เน้นความโปร่งใสและธรรมาภิบาล กฎหมาย PDPA ตลอดจนแนวปฏิบัติสากลของ UNESCO ที่ยึดมนุษย์เป็นศูนย์กลาง (Miao & Holmes, 2023)

ระดับสถาบัน ได้แก่ แนวปฏิบัติของสถาบัน (Meso-Level: Institutional Practices Layer) เป็นกลไกการขับเคลื่อนภายในมหาวิทยาลัย ประกอบด้วย คณะกรรมการกำกับดูแลปัญญาประดิษฐ์แบบข้ามสายงาน การจัดหาซอฟต์แวร์ GenAI ลิขสิทธิ์ระดับองค์กรเพื่อความปลอดภัยของข้อมูล และการพัฒนาความฉลาดรู้ด้านปัญญาประดิษฐ์ (Jayaram et al., 2024)

ระดับปฏิบัติการ ได้แก่ จริยธรรมในการใช้งาน (Micro-Level: Ethical Safeguards Layer) เป็นกลไกควบคุมการใช้งานระดับบุคคลประกอบด้วย บังคับให้เปิดเผยการใช้ AI อย่างโปร่งใส การกำหนดให้มนุษย์เป็นผู้ตรวจสอบและตัดสินใจขั้นสุดท้าย (human-in-the-loop) และป้องกันความเกียจคร้านทางปัญญา (intellectual sloth) โดยออกแบบงานที่มอบหมายในลักษณะที่ระบบ AI ไม่สามารถทำแทนได้ทั้งหมด เช่น การนำเสนอหน้าชั้นเรียน การสอบปากเปล่า หรืองานที่ต้องวิเคราะห์จากประสบการณ์ส่วนตัว (Bekar, 2025)

การบูรณาการโครงสร้างการกำกับดูแลเข้ากับ 5 พันธกิจหลักของสถาบันอุดมศึกษาไทย

โครงสร้างการกำกับดูแลทั้ง 3 ระดับข้างต้น จะถูกนำมาประยุกต์ใช้เป็นรากฐานสำคัญในการขับเคลื่อนการดำเนินงานของสถาบันอุดมศึกษา เพื่อให้ครอบคลุมทุกพันธกิจอย่างเป็นรูปธรรมและปลอดภัย ดังนี้ (1) ด้านการผลิตบัณฑิต มุ่งเน้นการปรับปรุงหลักสูตร การจัดการเรียนการสอน และการวัดประเมินผล เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถประยุกต์ใช้ GenAI ในการเรียนรู้ได้อย่างมี

ประสิทธิภาพสูงสุด โดยต้องอยู่บนพื้นฐานของความฉลาดรู้ ด้านปัญญาประดิษฐ์และยึดมั่นในหลักจริยธรรมทางวิชาการ (Chan, 2023) (2) ด้านการวิจัย มุ่งเน้นป้องกันการละเมิดทรัพย์สินทางปัญญา โดยมีข้อห้ามชัดเจนคือ ไม่อนุญาตให้ระบุชื่อ AI เป็นผู้แต่งร่วม (co-author) ในผลงานวิชาการทุกประเภท เนื่องจากระบบ AI ไม่สามารถรับผิดชอบต่อความถูกต้องและจริยธรรมของผลงานได้ (Moffatt & Hall, 2025) (3) ด้านการบริการวิชาการแก่สังคม (academic services) ต้องกำหนดแนวปฏิบัติที่ชัดเจนเมื่อนำ GenAI มาใช้สื่อสารหรือให้บริการข้อมูลแก่สาธารณชน เพื่อคัดกรองและป้องกันความเสี่ยงในการเผยแพร่ข้อมูลเท็จหรือข้อมูลคลาดเคลื่อน (misinformation) สู่ชุมชน ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อความน่าเชื่อถือของสถาบัน (Al-kairy et al., 2024) (4) ด้านการทํานุบำรุงศิลปวัฒนธรรม (cultural preservation) ต้องมีผู้เชี่ยวชาญด้านวัฒนธรรม กระบวนการตรวจสอบ และคัดกรองอคติแฝงในอัลกอริทึม (Algorithmic bias) อย่างเข้มงวดเมื่อนำ GenAI มาสร้างสรรค์สื่อศิลปวัฒนธรรม เพื่อป้องกันการผลิตซ้ำภาพจำแบบเหมารวม (stereotypes) ซึ่งอาจส่งผลให้เกิดการบิดเบือนคุณค่าและลดทอนความหลากหลายทางสังคมและวัฒนธรรม (Zhu et al., 2024) (5) ด้านการบริหารจัดการองค์กร (Operational Excellence) มุ่งเน้นการนำเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์มาพัฒนากระบวนการทำงานธุรการให้เป็นระบบอัตโนมัติ โดยต้องดำเนินการภายใต้มาตรการรักษาความมั่นคงปลอดภัยทางไซเบอร์และการคุ้มครองข้อมูลส่วนบุคคลอย่างเคร่งครัด (Jayaram et al., 2024)

องค์ประกอบหลักในการขับเคลื่อนสู่การปฏิบัติ

การนำกรอบแนวคิด Thai HEI GenAI Governance Framework ไปสู่การปฏิบัติจริงใน 5 พันธกิจหลัก สถาบันอุดมศึกษาจำเป็นต้องขับเคลื่อนผ่านองค์ประกอบหลัก 3 ประการ เพื่อให้เกิดความสมดุลระหว่างการใช้งานและการประเมินผล ดังนี้ (1) แนวปฏิบัติ (guidelines) เพื่อสร้างความยืดหยุ่นและโปร่งใส สถาบันต้องมีแม่แบบเค้าโครงการสอนที่ชัดเจน โดยให้อำนาจผู้สอนสามารถปรับระดับการอนุญาตใช้ GenAI เช่น ห้ามใช้ ใช้แบบมีเงื่อนไข หรือสนับสนุนให้ใช้ในรายวิชาได้อย่างยืดหยุ่นตามความเหมาะสมของวิชา (Wang et al., 2024) แนวปฏิบัตินี้ยังรวมถึงการเปิดเผยข้อมูล (disclosure) นอกจากนี้ยังต้องกำหนดให้มี

การเปิดเผยข้อมูล (disclosure) ทุกครั้งที่มีการใช้ AI เพื่อธำรงจริยธรรมการวิจัยและรักษาความโปร่งใสในทุกพันธกิจ (2) เครื่องมือทางเทคโนโลยี (tools) เพื่อสนับสนุนการทำงานและสร้างความเป็นธรรม ต้องจัดหาแพลตฟอร์มที่ปลอดภัยเพื่อปกป้องข้อมูลความลับของสถาบัน และในด้านการจัดการเรียนการสอน ไม่ควรพึ่งพาโปรแกรมตรวจจับ AI (AI detectors) เป็นเกณฑ์ชี้ขาดในการลงโทษผู้เรียน เนื่องจากมีผลบวกปลอม (false positives) สูง และอาจมีอคติต่อผู้ที่ไม่ได้ใช้ภาษาอังกฤษเป็นภาษาแม่ (Bekar, 2025) สถาบันจึงควรเน้นใช้เครื่องมือที่ส่งเสริมการเรียนรู้มากกว่าการจับผิด (3) ตัวชี้วัดประสิทธิภาพและความเสี่ยง (metrics) สถาบันต้องมีระบบติดตามประสิทธิภาพและความปลอดภัยในการใช้ GenAI โดยประยุกต์ใช้แนวทางการประเมินตามเป้าหมาย (GQM) และกรอบแนวคิดที่ใช้ประเมินระดับความเป็นระบบและประสิทธิภาพของกระบวนการทำงานขององค์กร (CMMI) (Petrillo et al., 2025) ร่วมกับตัวชี้วัดเชิงปริมาณ เช่น คะแนนการประเมินความเสี่ยงด้านข้อมูล อัตราความคุ้มค่าของการลงทุน (ROI) ร้อยละของการปฏิบัติตามแนวทางการเปิดเผยข้อมูล AI

กรอบแนวคิด Thai HEI GenAI Governance Framework ได้ออกแบบให้มีความยืดหยุ่นสูง เพื่อให้แต่ละสถาบันนำไปประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมกับบริบทเฉพาะของตนเอง การประสานโครงสร้างการกำกับดูแลทั้ง 3 ระดับ เข้ากับ 5 พันธกิจหลัก และขับเคลื่อนผ่านองค์ประกอบ 3 ประการ จะช่วยให้สถาบันอุดมศึกษาไทยสามารถบูรณาการ GenAI ได้อย่างสมดุล ทั้งในด้านการสร้างสรรค์นวัตกรรม และการป้องกันความเสี่ยง

อภิปรายผล ข้อจำกัดของการศึกษา และข้อเสนอสำหรับการวิจัยในอนาคต

1. การสังเคราะห์ผล

GenAI เปรียบเสมือน “ดาบสองคม” ในด้านหนึ่งเทคโนโลยีนี้สร้างโอกาส ทั้งการยกระดับการเรียนรู้แบบเฉพาะบุคคล การเร่งรัดการวิจัย และการเพิ่มประสิทธิภาพการบริหาร แต่ในอีกด้านหนึ่งก็นำพาความเสี่ยงที่ซับซ้อน เช่น ความเชื่อสัจยทางวิชาการ ความเหลื่อมล้ำดิจิทัล และความเสี่ยงด้านข้อมูล ซึ่งยังเปิดรับมาก ผลกระทบทั้งสอง

ด้านที่ยังทวีคูณ เช่น การใช้ AI ช่วยเรียนอาจทำให้ผู้เรียนหลีกเลี่ยงกระบวนการคิดเอง (Ali et al., 2023) ดังนั้น ทางออกจึงไม่ใช่ “การห้ามใช้” แต่ต้องอาศัย การกำกับดูแลเชิงรุก (Proactive Governance) (Bekar, 2025) โดยบูรณาการ 3 มิติไปพร้อมกัน ได้แก่ (1) มิตินโยบายที่ยืดหยุ่น (2) มิติการพัฒนาความฉลาดรู้ด้านปัญญาประดิษฐ์ และ (3) มิติโครงสร้างพื้นฐานที่ปลอดภัย (Jayaram et al., 2024)

2. ข้อจำกัดของการศึกษา

บทความวิชาการนี้นำเสนอการวิเคราะห์อย่างรอบด้าน แต่ยังมีข้อจำกัดสำคัญ 4 ประการ ซึ่งผู้เขียนขอชี้แจงเพื่อความโปร่งใสทางวิชาการและเพื่อให้ผู้อ่านสามารถประเมินความน่าเชื่อถือของข้อสรุปได้อย่างถูกต้อง ดังนี้ (1) ข้อจำกัดด้านระเบียบวิธี บทความนี้เป็นการทบทวนวรรณกรรมเชิงวิเคราะห์แบบ ซึ่งข้อสรุปที่ได้เป็นเพียงการนำเสนอกรอบแนวคิดและข้อเสนอแนะ ซึ่งกรอบแนวคิดนี้ยังต้องทดสอบเชิงประจักษ์ และการติดตามผลการนำไปปฏิบัติจริงในระยะยาว เพื่อประเมินประสิทธิผลของนโยบายในสภาพแวดล้อมทางการศึกษาที่แท้จริง (2) ข้อจำกัดด้านบริบท ข้อมูลเชิงประจักษ์เกี่ยวกับการกำกับดูแล GenAI ในประเทศไทยยังมีจำกัด วรรณกรรมส่วนใหญ่อ้างอิงจากตะวันตกและเอเชียตะวันออกเป็นหลัก ซึ่งอาจมีความแตกต่างทางวัฒนธรรมการเรียนรู้ตลอดจนความพร้อมด้านโครงสร้างพื้นฐานและทักษะทางดิจิทัลของผู้เรียนและผู้สอน (3) ข้อจำกัดด้านความทันสมัย เทคโนโลยี GenAI พัฒนาอย่างก้าวกระโดด โดยเฉพาะปัญญาประดิษฐ์แบบพหุโหมด (multimodal) และปัญญาประดิษฐ์เชิงตัวแทน (agentic AI) โดยวรรณกรรมในช่วงปี 2022-2026 อาจสะท้อนความเสี่ยงของเทคโนโลยีใหม่ได้ไม่ครบถ้วน ซึ่งการเปลี่ยนแปลงที่รวดเร็วอาจทำให้ข้อค้นพบและนโยบายบางส่วนล้าสมัย และจำเป็นต้องปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง (4) ข้อจำกัดด้านการสรุปอ้างอิง (generalizability) กรอบแนวคิดในบทความนี้ถูกออกแบบในระดับกว้าง แต่สถาบันอุดมศึกษาไทยแต่ละประเภท เช่น มหาวิทยาลัยวิจัย มหาวิทยาลัยราชภัฏ วิทยาลัยชุมชน มีความพร้อมด้านทรัพยากร ข้อจำกัดทางสถาบัน และเป้าหมายที่แตกต่างกัน การนำกรอบแนวคิดนี้ไปปฏิบัติจึงไม่สามารถใช้แนวทางเดียวครอบคลุมได้ทั้งหมด แต่ต้องนำไปปรับประยุกต์ให้สอดคล้องกับบริบทเฉพาะของแต่ละสถาบัน

3. ข้อเสนอสำหรับการวิจัยในอนาคต

จากข้อจำกัดดังกล่าว ผู้เขียนเสนอทิศทางการวิจัยที่จำเป็นอย่างเร่งด่วน 4 แนวทาง ได้แก่ (1) การวิจัยเชิงประจักษ์เพื่อประเมินผลกระทบระยะยาว ศึกษาผลกระทบระยะยาวของการใช้ GenAI ต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะการคิดวิเคราะห์ และรักษาความซื่อสัตย์ทางวิชาการของผู้เรียนในบริบทของสถาบันอุดมศึกษาไทยโดยอาจประยุกต์ใช้การออกแบบการศึกษาแบบกึ่งทดลอง (2) การวิจัยเชิงประเมินเพื่อทดสอบประสิทธิผลของกรอบแนวคิด ควรนำกรอบแนวคิดทำการวิจัยเชิงประเมินในสถาบันอุดมศึกษาที่มีบริบทและทรัพยากรแตกต่างกัน เพื่อศึกษาปัจจัยความสำเร็จและอุปสรรคเมื่อนำกรอบการกำกับดูแลนี้ไปใช้งานจริง (3) การศึกษาผลกระทบต่อความเหลื่อมล้ำและการเข้าถึงเทคโนโลยี ควรมีการวิจัยเปรียบเทียบความพร้อมและการเข้าถึงเครื่องมือ GenAI ระหว่างสถาบันอุดมศึกษาในกรุงเทพมหานครและส่วนภูมิภาค เพื่อดูว่าเทคโนโลยีนี้ช่วยลดหรือขยายช่องว่างความเหลื่อมล้ำทางดิจิทัล โดยเฉพาะในประเด็นการเข้าถึงเครื่องมือแบบมีค่าใช้จ่าย (premium tools) ที่อาจสร้างความได้เปรียบเสียเปรียบทางการศึกษา (Tantiathimongkhon et al., 2025) (4) การศึกษาวิเคราะห์และเปรียบเทียบนโยบายการใช้ปัญญาประดิษฐ์ของสถาบันอุดมศึกษาไทย ควรมีการวิเคราะห์และเปรียบเทียบนโยบาย แนวปฏิบัติ และมาตรการกำกับดูแลของสถาบันอุดมศึกษาที่ประกาศใช้แล้ว เพื่อประเมินความสอดคล้องกับกรอบแนวคิด Thai Higher Education Institution Generative AI Governance Framework รวมถึงศึกษาปัจจัยความสำเร็จ อุปสรรค และแนวปฏิบัติที่ดีเพื่อนำไปสู่การพัฒนากรอบการกำกับดูแลปัญญาประดิษฐ์ของสถาบันอุดมศึกษาไทยในอนาคต

บทสรุป

ผลการสังเคราะห์วรรณกรรมชี้ว่า Generative AI (GenAI) มีศักยภาพในการสนับสนุนพันธกิจหลักของสถาบันอุดมศึกษาไทย ทั้งด้านการผลิตบัณฑิต การวิจัย การบริการวิชาการ การทำนุบำรุงศิลปวัฒนธรรม และการบริหารจัดการ อย่างไรก็ตาม ประสิทธิภาพของการประยุกต์ใช้ขึ้นอยู่กับกรอบการกำกับดูแลที่เหมาะสมในระดับนโยบาย

สถาบัน และการปฏิบัติ ควบคู่กับหลักจริยธรรม ความโปร่งใส และความรับผิดชอบทางวิชาการ

วรรณกรรมส่วนใหญ่สะท้อนว่า ความท้าทายสำคัญไม่ได้อยู่ที่เทคโนโลยีเพียงอย่างเดียว แต่รวมถึงการปรับตัวของผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในสถาบันอุดมศึกษา ทั้งผู้บริหาร คณาจารย์ และผู้เรียน เพื่อให้สามารถใช้ GenAI ได้อย่างมีประสิทธิภาพและรับผิดชอบ (Tantiathimongkhon et al., 2025) โดยผู้บริหารสามารถนำ GenAI มาใช้สนับสนุนการวางแผนเชิงกลยุทธ์ การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อการตัดสินใจ และการเพิ่มประสิทธิภาพการบริหารจัดการองค์กร คณาจารย์สามารถประยุกต์ใช้ในการออกแบบการเรียนการสอน การพัฒนาสื่อการเรียนรู้ การประเมินผล และการสนับสนุนงานวิจัย ขณะที่ผู้เรียนสามารถใช้เป็นเครื่องมือช่วยค้นคว้า สร้างองค์ความรู้ พัฒนาทักษะการเรียนรู้ด้วยตนเอง และเสริม

สร้างสมรรถนะที่จำเป็นสำหรับการทำงานในอนาคต ทั้งนี้ การใช้ GenAI ในทุกระดับควรอยู่ภายใต้หลักจริยธรรม ความโปร่งใส และความรับผิดชอบทางวิชาการร่วมกันของทุกภาคส่วนในสถาบันอุดมศึกษา

ความใหม่ของกรอบแนวคิดนี้อยู่ที่การบูรณาการแนวทาง AI Governance สากลเข้ากับบริบทเฉพาะของสถาบันอุดมศึกษาไทย โดยเชื่อมโยงการกำกับดูแล 3 ระดับ ได้แก่ ระดับนโยบาย ระดับสถาบัน และระดับการปฏิบัติ เข้ากับพันธกิจหลัก 5 ด้านของสถาบันอุดมศึกษาไทย รวมทั้งเชื่อมโยงนโยบายปัญญาประดิษฐ์ระดับชาติกับการดำเนินงานในระดับสถาบัน เพื่อให้สามารถนำหลักการกำกับดูแล AI ไปประยุกต์ใช้ได้อย่างเป็นรูปธรรมและสอดคล้องกับบริบทของอุดมศึกษาไทย



References

- Adebayo, A. O., Makinde, O. F., Olasehan, O. A., & Akande, N. A. (2025). Harnessing the digital Prometheus: A strategic framework for generative AI governance, risk, and control. *International Journal of Multidisciplinary and Current Educational Research (IJM CER)*, 7(6), 204–214.
https://www.ijmcer.com/wp-content/uploads/2025/12/IJM CER_P0760204214.pdf
- Ali, K., Barhom, N., Tamimi, F., & Duggal, M. (2023). ChatGPT—A double-edged sword for healthcare education? Implications for assessments of dental students. *European Journal of Dental Education*, 28(1), 206–211. <https://doi.org/10.1111/eje.12937>
- Al-kfairy, M., Mustafa, D., Kshetri, N., Insiew, M., & Alfandi, O. (2024). Ethical challenges and solutions of generative AI: An interdisciplinary perspective. *Informatics*, 11(3), 58.
<https://doi.org/10.3390/informatics11030058>
- ASEAN Foundation. (2026). *AI ready ASEAN research*. <https://www.aseanfoundation.org>
- Bekar, E. (2025). *Developing guidelines for the implementation of generative AI in higher education: A stakeholder-engaged approach* [Master's thesis, Middle East Technical University].
- Boonlue, S. (2024). Guidance for generative AI in education and research for teachers [In Thai]. *Journal of Industrial Education*, 23(2), B1–B12. <https://doi.org/10.55003/JIE.23202>
- Branda, F., Ciccozzi, M., & Scarpa, F. (2025). Artificial intelligence in scientific research: Challenges, opportunities and the imperative of a human-centric synergy. *Journal of Informetrics*, 19(4), 101727. <https://doi.org/10.1016/j.joi.2025.101727>
- Capano, G., He, A. J., & McMinn, S. (2025). Riding the tide of generative artificial intelligence in higher education policy: An Asian perspective. *Journal of Asian Public Policy*, 18(2), 245–259.
<https://doi.org/10.1080/17516234.2025.2450571>

- Chakamanont, S., Punyabukkana, P., Sittipunt, P., Wongvises, K., Samoh, A., & Khabuan, S. (2025). Generative AI in education and research: A case study on ChatGPT usage by grant recipients at Chulalongkorn University [In Thai]. *Interdisciplinary Academic and Research Journal*, 5(1), 885–906. <https://so03.tci-thaijo.org/index.php/IARJ/index>
- Chan, C. K. Y. (2023). A comprehensive AI policy education framework for university teaching and learning. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 20(1), 38. <https://doi.org/10.1186/s41239-023-00408-3>
- Chan, J. (2025). AI-generated imagery in sustainable gastronomy tourism: A study from bottom-up to top-down processing. *Tourism Management*, 108, 105093. <https://doi.org/10.1016/j.tourman.2024.105093>
- Chang, B., & Rim, H. (2024). Managing spillover: Response strategies to another charity's crisis. *Public Relations Review*, 50(3), 102413. <https://doi.org/10.1016/j.pubrev.2023.102413>
- Chegg. (2025). *Global student survey 2025*. <https://www.chegg.org/global-student-survey-2025>
- Cosentino, G., Anton, J., Sharma, K., Gelsomini, M., Giannakos, M., & Abrahamson, D. (2025). Generative AI and multimodal data for educational feedback: Insights from embodied math learning. *British Journal of Educational Technology*, 56(5), 1686–1709. <https://doi.org/10.1111/bjet.13587>
- Cotton, D. R. E., Cotton, P. A., & Shipway, J. R. (2024). Chatting and cheating: Ensuring academic integrity in the era of ChatGPT. *Innovations in Education and Teaching International*, 61(2), 228–239. <https://doi.org/10.1080/14703297.2023.2190148>
- Deptula, A., Hunter, P. T., & Johnson-Sheehan, R. (2025). Rhetorics of authenticity: Ethics, ethos, and artificial intelligence. *Journal of Business and Technical Communication*, 39(1), 51–74. <https://doi.org/10.1177/10506519241280639>
- Diro, A., Kaisar, S., Saini, A., Fatima, S., Hiep, P. C., & Erba, F. (2025). Workplace security and privacy implications in the GenAI age: A survey. *Journal of Information Security and Applications*, 89, 103960. <https://doi.org/10.1016/j.jisa.2024.103960>
- 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. A., Al-Busaidi, A. S., Balakrishnan, J., Barlette, Y., Basu, S., Bose, I., Brooks, L., Buhrom, M., . . . 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>
- Ebers, M. (2024). Truly risk-based regulation of artificial intelligence: How to implement the EU's AI Act. *European Journal of Risk Regulation*, 16(2), 684–703. <https://doi.org/10.1017/err.2024.78>
- European Union. (2024). *Regulation (EU) 2024/1689 of the European Parliament and of the Council of 13 June 2024 laying down harmonised rules on artificial intelligence and amending Regulations (EC) No 300/2008, (EU) No 167/2013, (EU) No 168/2013, (EU) 2018/858, (EU) 2018/1139 and (EU) 2019/2144 and Directives 2014/90/EU, (EU) 2016/797 and (EU) 2020/1828 (Artificial Intelligence Act)*. <http://data.europa.eu/eli/reg/2024/1689/oj>

- Farrelly, T., & Baker, N. (2023). Generative artificial intelligence: Implications and considerations for higher education practice. *Education Sciences*, 13(11), 1109.
<https://doi.org/10.3390/educsci13111109>
- Finnie-Ansley, J., Denny, P., Luxton-Reilly, A., & Prather, J. (2023). My AI wants to know if this will be on the exam: Testing OpenAI's Codex on CS2 programming exercises. In P. Denny & N. Herbert (Eds.), *ACE '23: Proceedings of the 25th Australasian Computing Education Conference* (pp. 97–104). The Association for Computing Machinery.
- Francis, N. J., Jones, S., & Smith, D. P. (2025). Generative AI in higher education: Balancing innovation and integrity. *British Journal of Biomedical Science*, 81, 14048.
<https://doi.org/10.3389/bjbs.2024.14048>
- Giannakos, M., Azevedo, R., Brusilovsky, P., Cukurova, M., Dimitriadis, Y., Hernandez-Leo, D., Järvelä, S., Mavrikis, M., & Rienties, B. (2025). The promise and challenges of generative AI in education. *Behaviour & Information Technology*, 44(11), 2518–2544.
<https://doi.org/10.1080/0144929X.2024.2394886>
- Godwin, R. C., DeBerry, J. J., Wagener, B. M., Berkowitz, D. E., & Melvin, R. L. (2024). Grant drafting support with guided generative AI software. *SoftwareX*, 27, 101784. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4594509>
- Google. (2025). NotebookLM [Large language model]. <https://notebooklm.google.com/>
- Hussain, S. A. (2024). Generative AI in scientific discovery. *Journal of Information Systems Engineering and Management*, 9(4s), 3722–3731. <https://www.jisem-journal.com/index.php/journal/article/view/14330/6874>
- Independent Higher Education Australia. (2025). *Whole-of-institution generative AI framework: Guidance for members of IHEA*. <https://www.teqsa.gov.au/sites/default/files/2025-12/IHEA-whole-of-institution-GenAI-framework.pdf>
- Israfilzade, K. (2025). Generative AI as a digital learning companion: Opportunities and risks in higher education. In N. Bakhmat (Ed.), *International Conference on Pedagogical Science and Digital Learning 2025* (pp. 253–264). Futurity Research Publishing and Pylyp Orlyk International Classical University
- Jayaram, Y., Sundar, D., & Bhat, J. (2024). Generative AI governance & secure content automation in higher education. *International Journal of Artificial Intelligence, Data Science, and Machine Learning*, 5(4), 163–174. <https://doi.org/10.63282/3050-9262.IJAIDSML-V5I4P116>
- Jin, Y., Yan, L., Echeverria, V., Gašević, D., & Martinez-Maldonado, R. (2025). Generative AI in higher education: A global perspective of institutional adoption policies and guidelines. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 8, 100348. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2024.100348>
- Johri, A., Ganguly, A., Ali, A., & McDonald, N. (2025). Generative artificial intelligence for academic research: Evidence from institutional guidelines. *AI and Ethics*, 5, 3917–3933.
<https://doi.org/10.1007/s43681-025-00688-7>
- Khawruang, K., & Saetang, M. (2025). Development of generative AI services to enhance learning and research [In Thai]. *PULINET Journal*, 12(1), 146–157. <https://so14.tci-thaijo.org/index.php/PJ>
- Krukob. (2025). *Applying generative AI in education: Opportunities and challenges* [In Thai]. <https://krukob.com/web/ai-21/>

- Lian, S., & Chen, X. (2025). Opportunities, risks and countermeasures of generative artificial intelligence applied in higher education. *International Journal of New Developments in Education*, 7(10), 56–61. <https://doi.org/10.25236/IJNDE.2025.071009>
- Leawprasert, N., Aphinyanon, T., Panthongviriyakul, C., Soodphakdee, D., Sinawat, S., Saikaew, K., Sitthivong, Y., Srisoontorn, S., & Bhumee, W. (2025). AI Clinic: Generative Artificial Intelligence tools service to support efficient research [In Thai]. *PULINET Journal*, 12(1), 15–30. <https://so14.tci-thaijo.org/index.php/PJ/article/view/850>
- Lund, B. D., & Naheem, K. T. (2024). Can ChatGPT be an author? A study of Artificial Intelligence authorship policies in top academic journals. *Learned Publishing*, 37(1), 13–21. <https://doi.org/10.1002/leap.1582>
- Miao, F., & Holmes, W. (2023). *Guidance for generative AI in education and research*. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000386693>
- Moffatt, B., & Hall, A. (2025). Is AI my co-author? The ethics of using artificial intelligence in scientific publishing. *Accountability in Research*, 32(8), 1313–1329. <https://doi.org/10.1080/08989621.2024.2386285>
- Nartey, E. K. (2024). Guiding principles of generative AI for employability and learning in UK universities. *Cogent Education*, 11(1), 2357898. <https://doi.org/10.1080/2331186X.2024.2357898>
- National AI Strategy Steering Committee. (2022). *National Artificial Intelligence action plan for Thailand's development (2022–2027)* [In Thai]. Ministry of Higher Education, Science, Research and Innovation, and Ministry of Digital Economy and Society.
- Ng, B. Y., Li, J., Tong, X., Ye, K., Yenne, G., Chandrasekaran, V., & Li, J. (2024). Analyzing security and privacy challenges in generative AI usage guidelines for higher education (arXiv:2506.20463). arXiv. <https://arxiv.org/abs/2506.20463>
- Ng, J. T. D., Hu, X., & Que, Y. (2022). Towards multi-modal evaluation of eye-tracked virtual heritage environment. In A. F. Wise, R. Martínez-Maldonado & I. Hilliger (Eds.), *LAK22: 12th International Learning Analytics and Knowledge Conference* (pp. 451–457). <https://doi.org/10.1145/3506860.3506881>
- Onder, I., & McCabe, S. (2025). How AI hallucinations threaten research integrity in tourism. *Annals of Tourism Research*, 111, 103900. <https://doi.org/10.1016/j.annals.2025.103900>
- Ouyang, F., Zheng, L., & Jiao, P. (2022). Artificial intelligence in online higher education: A systematic review of empirical research from 2011 to 2020. *Education and Information Technologies*, 27(6), 7893–7925. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-10925-9>
- Papyshev, G. (2025). Situated usage of generative AI in policy education: Implications for teaching, learning, and research. *Journal of Asian Public Policy*, 18(1), 1–18. <https://doi.org/10.1080/17516234.2024.2370716>
- Petrillo, A., Rehman, M., & Awasare, K. (2025). Assessing the maturity of generative AI systems: A framework for education and public engagement. *Procedia Computer Science*, 274, 181–191. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2025.12.018>
- Pierrès, O., Christen, M., Schmitt-Koopmann, F. M., & Darvishy, A. (2024). Could the use of AI in higher education hinder students with disabilities? A scoping review. *IEEE Access*, 12, 27810–27828. <https://doi.org/10.1109/access.2024.3365368>

- Polonsky, M. J., & Rotman, J. D. (2023). Should artificial intelligent agents be your co-author? Arguments in favour, informed by ChatGPT. *Australasian Marketing Journal*, 31(2), 91-96.
<https://doi.org/10.1177/14413582231167882>
- Ramos, J. G., & Wilson-Kennedy, Z. (2024). Promoting equity and addressing concerns in teaching and learning with artificial intelligence. *Frontiers in Education*, 9, 1487882.
<https://doi.org/10.3389/feduc.2024.1487882>
- Samuelson, P. (2023). Generative AI meets copyright. Ongoing lawsuits could affect everyone who uses generative AI. *Science*, 381(6654), 158–161. https://siliconflatirons.org/wp-content/uploads/2023/08/Generative-AI-Meets-Copyright_Pam-Samuelson.pdf
- Tantiathimongkhon, T., Ketcham, M., & Rattanasiriwongwut, M. (2025). ThaiGAM: A dual-moderation framework for GenAI adoption in open learning innovation. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 11, 100631. <https://doi.org/10.1016/j.joitmc.2025.100631>
- Thoumrungroje, A. (2025). Utilizing generative AIs in academic writing: Opportunities, challenges, ethical dilemma and suggestions [In Thai]. *KKBS Journal of Business Administration and Accountancy*, 9(1), 1–8. <https://so04.tci-thaijo.org/index.php/kkbsjournal/article/view/278011>
- Trung, N. T. (2025). Artificial intelligence in higher education: A systematic review of impacts, barriers, and emerging trends. *IOSR Journal of Research & Method in Education*, 15(3), 53–61.
<https://www.iosrjournals.org/iosr-jrme/papers/Vol-15%20Issue-3/Ser-1/H1503015361.pdf>
- UNESCO. (2023). *Harnessing the era of artificial intelligence in higher education: A primer for higher education stakeholders*. UNESCO International Institute for Higher Education in Latin America and the Caribbean (IESALC). <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000386670>
- Wang, H., Dang, A., Wu, Z., & Mac, S. (2024). Generative AI in higher education: Seeing ChatGPT through universities' policies, resources, and guidelines. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 7, 100326. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2024.100326>
- Wang, Y., & Laufer, D. (in press). *Managing spillover crises in the age of generative AI*. Business Horizons.
- Williams, R. T. (2024). The ethical implications of using generative chatbots in higher education. *Frontiers in Education*, 8, 1–10. <https://doi.org/10.3389/feduc.2023.1331607>
- Zapata-Rivera, D., Torre, I., Lee, C.-S., Sarasa-Cabezuelo, A., Ghergulescu, I., & Libbrecht, P. (2024). Editorial: Generative AI in education. *Frontiers in Artificial Intelligence*, 7, 1532896.
<https://doi.org/10.3389/frai.2024.1532896>
- Zhu, J., Zhan, L., Tan, J., & Cheng, M. (2024). Tourism destination stereotypes and Generative Artificial Intelligence (GenAI) generated images. *Current Issues in Tourism*, 28(17), 1–5.
<https://doi.org/10.1080/13683500.2024.2381250>



กรอบแนวคิดการใช้ปัญญาประดิษฐ์เป็นผู้ช่วยอาจารย์
ในการวางแผนการสอนและจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในระดับอุดมศึกษา
A Conceptual Framework for Utilizing Artificial Intelligence as a Teaching
Assistant in Instructional Planning and Learning Activity Design
in Higher Education

นิกร โภคอุดม^{1*} กัญจน์ณิชา โภคอุดม¹ และสรวิศ บุญมี¹
Nikorn Pokudom¹ Kannicha Pokudom¹ and Sorawit Boonmee¹

¹คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย

¹School of Information Technology, Eastern Asia University

*Corresponding author: nikorn@eau.ac.th

Received: April 24, 2026

Revised: May 15, 2026

Accepted: May 21, 2026

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอกรอบแนวคิดการใช้ปัญญาประดิษฐ์เพื่อสนับสนุนการสอนสำหรับการวางแผนการสอนและจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในระดับอุดมศึกษา โดยบูรณาการร่วมกับแนวคิดการจัดระดับการเรียนรู้ของ Bloom's ฉบับปรับปรุง และหลักการทางวิทยาการพุทธิปัญญา เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของอาจารย์ กรอบแนวคิดดังกล่าวประกอบด้วย 4 ระยะหลัก ได้แก่ (1) การวางแผน ใช้ปัญญาประดิษฐ์วิเคราะห์มาตรฐานหลักสูตรและกำหนดผลลัพธ์การเรียนรู้ตามลำดับขั้นพุทธิพิสัย (2) การออกแบบ สร้างกิจกรรม สื่อการสอน และเครื่องมือวัดผลที่ครอบคลุมทักษะการคิดทั้ง 6 ระดับ (3) นำไปใช้ ใช้ปัญญาประดิษฐ์เป็นผู้ช่วยในห้องเรียนเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้รายบุคคลและให้ข้อมูลป้อนกลับแก่ผู้เรียน และ (4) การประเมินผล วิเคราะห์ข้อมูลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพื่อวางแผนพัฒนาคุณภาพการสอน ทั้งนี้ กรอบแนวคิดดังกล่าวยึดถือหลักการปัญญาประดิษฐ์ในฐานะผู้ช่วยสอนโดยมีอาจารย์เป็นผู้ควบคุมและตัดสินใจเชิงวิชาการในขั้นสุดท้าย เพื่อให้มั่นใจว่าการนำเทคโนโลยีมาใช้มีความครอบคลุมและตั้งอยู่บนพื้นฐานของมาตรฐานวิชาการและจริยธรรมอย่างสูงสุด นอกจากนี้บทความยังนำเสนอตัวอย่าง Prompt ที่พร้อมนำไปใช้จริงในแต่ละระยะของกรอบแนวคิด พร้อมอธิบายเทคนิค Prompt Engineering ที่เหมาะสม เพื่อให้อาจารย์มีแนวปฏิบัติที่เป็นรูปธรรมในการนำปัญญาประดิษฐ์มาบูรณาการกับการสอนในบริบทของอุดมศึกษาไทยตามมาตรฐานคุณวุฒิระดับอุดมศึกษา พ.ศ. 2565

คำสำคัญ: ผู้ช่วยสอนปัญญาประดิษฐ์ การออกแบบการเรียนการสอน อุดมศึกษา อนุกรมวิธานของบลูม ปัญญาประดิษฐ์เชิงรู้สร้าง

Abstract

This article proposes a conceptual framework for AI-augmented teaching to support instructional planning and learning activities in higher education. The framework is developed based on the Bloom's Taxonomy Revised and evidence-based principles from cognitive science, aiming to enhance educator efficiency through the integration of artificial intelligence. The framework comprises four primary stages: (1) Planning: utilizing AI to analyze curriculum standards and define learning outcomes aligned with cognitive levels; (2) Design: employing AI to create activities, instructional materials, and assessment tools covering all six levels of thinking; (3) Implementation: leveraging AI as an in-class assistant to promote personalized learning and provide feedback to students; and (4) Evaluation: analyzing learning achievement data to inform continuous improvement of teaching quality. The framework adheres to the principle of AI as a teaching assistant, with instructors retaining ultimate control and academic decision-making authority, thereby ensuring that technological adoption is comprehensive and grounded in the highest standards of academic integrity and ethics. Additionally, the article presents examples of prompts ready for practical use at each stage of the conceptual framework, along with explanations of appropriate prompt engineering techniques. This aims to provide instructors with concrete practices for integrating artificial intelligence into teaching within the context of Thai higher education according to the higher education qualification standards, 2022

Keywords: instructional design, higher education, Bloom's Taxonomy, generative AI



บทนำ

การพัฒนาเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence: AI) ในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมาได้ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญต่อวงการการศึกษา โดยเฉพาะอย่างยิ่งเทคโนโลยี Generative AI ที่มีความสามารถในการสร้างเนื้อหา ประมวลผลภาษาธรรมชาติ และตอบสนองต่อผู้ใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ เครื่องมือ AI เช่น ChatGPT Claude และ Gemini ได้เข้ามามีบทบาทสำคัญในการจัดการเรียนการสอนระดับอุดมศึกษา ส่งผลให้อาจารย์สามารถนำ AI มาประยุกต์ใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการปฏิบัติงานและยกระดับคุณภาพการเรียนรู้ของนักศึกษาได้อย่างเป็นรูปธรรม (Baidoo-Anu & Ansah, 2023; Kasneci et al., 2023) แนวคิด AI Teaching Assistant หรือการใช้ปัญญาประดิษฐ์เป็นผู้ช่วยสอน เป็นการนำ AI มาสนับสนุนการปฏิบัติงานของอาจารย์ครบวงจร ตั้งแต่การวางแผน

การสอน การออกแบบกิจกรรม การสร้างสื่อ การจัดทำแบบทดสอบ ไปจนถึงการให้ข้อมูลป้อนกลับและการประเมินผล โดย AI ทำหน้าที่เป็น “ผู้ช่วย” (co-pilot) ไม่ใช่ “ผู้ทำแทน” (autopilot) กล่าวคือ อาจารย์ยังคงเป็นผู้ตัดสินใจหลักและควบคุมกระบวนการทั้งหมด ในขณะที่ AI ช่วยลดภาระงานที่ซ้ำซ้อนและขยายขีดความสามารถในการปฏิบัติงาน นอกจากนี้ ประกาศคณะกรรมการมาตรฐานการอุดมศึกษา เรื่อง รายละเอียดผลลัพธ์การเรียนรู้ตามมาตรฐานคุณวุฒิระดับอุดมศึกษา พ.ศ. 2565 ยังกำหนดให้สถาบันอุดมศึกษาต้องผลิตบัณฑิตที่บรรลุผลลัพธ์การเรียนรู้ครอบคลุมอย่างน้อย 4 ด้าน ได้แก่ ความรู้ ทักษะ จริยธรรม และลักษณะบุคคล (Announcement of the Higher Education Standards Committee, 2022, pp. 35–36) กรอบมาตรฐานดังกล่าวขยายภารกิจของอาจารย์ให้ครอบคลุมมิติการพัฒนาผู้เรียนที่หลากหลาย ส่งผลให้การนำผู้ช่วยสอน

AI มาประยุกต์ใช้กลายเป็นแนวทางสำคัญในการยกระดับคุณภาพการจัดการเรียนการสอนในระดับอุดมศึกษาไทย

อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณางานวิจัยที่ผ่านมา พบช่องว่างทางวิชาการอยู่ งานของ Moundridou et al. (2024) ซึ่งศึกษา Generative AI ในฐานะผู้ช่วยออกแบบแผนการสอนแบบ inquiry-based ครอบคลุมเพียงระยะออกแบบ ไม่ได้นำเสนอวงจรการสอนครบวงจร ขาดการระบุเทคนิค Prompt Engineering ที่เชื่อมโยงกับระดับความคิดตาม Bloom's Taxonomy และไม่ได้คำนึงถึงบริบทของอุดมศึกษาไทย กรอบแนวคิดที่นำเสนอในบทความนี้จึงมุ่งเติมเต็มช่องว่างดังกล่าว ด้วยการบูรณาการทั้ง Bloom's Taxonomy เทคนิค Prompt Engineering, มาตรฐานคุณวุฒิระดับอุดมศึกษาไทย พ.ศ. 2565 และวงจร PDCA เข้าด้วยกันในรูปแบบของกรอบปฏิบัติที่ครอบคลุมทุกระยะของกระบวนการสอน

ปัญหาและความท้าทายของอาจารย์ในปัจจุบัน

อาจารย์ในสถาบันอุดมศึกษาไทยเผชิญกับความท้าทายหลายประการที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพการสอน ประการแรก คือ ภาระงานที่มีปริมาณสูง เนื่องจากต้องรับผิดชอบทั้งการสอน งานวิจัย งานบริการวิชาการ และงานบริหาร ส่งผลให้ไม่มีเวลาจำกัดในการเตรียมการสอน ตรวจสอบงาน วิเคราะห์จุดอ่อน และให้ข้อมูลป้อนกลับเชิงลึกแก่นักศึกษาแต่ละคน ทำให้การติดตามพัฒนาการแบบรายบุคคลเป็นไปได้ยาก อุปสรรคด้านเวลายังส่งผลให้อาจารย์ไม่สามารถติดตามองค์ความรู้ใหม่ได้อย่างสม่ำเสมอ โดยเฉพาะในสาขาเทคโนโลยีสารสนเทศซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว การนำ AI มาเป็นผู้ช่วยค้นหา สังเคราะห์ และสร้างเนื้อหาจึงเป็นแนวทางที่ช่วยบรรเทาปัญหาเชิงระบบนี้ได้เป็นอย่างดี

นอกจากนี้ ความหลากหลายของพื้นฐานและความสามารถของนักศึกษายังเป็นอุปสรรคสำคัญในการจัดการเรียนการสอน งานวิจัยของ Ruiz-Martín et al. (2024) ชี้ให้เห็นว่า นักศึกษาที่มีพื้นฐานแตกต่างกันมีแนวโน้มเลือกใช้เทคนิคการเรียนรู้ที่แตกต่างกัน และนักศึกษาที่มีผลสัมฤทธิ์สูงมักใช้เทคนิคที่งานวิจัยแนะนำมากกว่า สะท้อนถึงความจำเป็นในการมีเครื่องมือที่ช่วยให้อาจารย์ปรับกิจกรรมให้

เหมาะสมกับนักศึกษาแต่ละระดับ นอกจากนี้ อุปสรรคด้านเวลายังส่งผลให้อาจารย์ไม่สามารถติดตามองค์ความรู้ใหม่ได้อย่างสม่ำเสมอ โดยเฉพาะในสาขาเทคโนโลยีสารสนเทศซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ทำให้สื่อการสอนอาจขาดความหลากหลายและไม่สอดคล้องกับบริบทอุตสาหกรรมปัจจุบัน การนำ AI มาเป็นผู้ช่วยในการค้นหา สังเคราะห์ และสร้างเนื้อหาจึงเป็นแนวทางที่ช่วยบรรเทาปัญหาเชิงระบบนี้ได้

วัตถุประสงค์และขอบเขตของบทความ

บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอกรอบแนวคิดสำหรับการใช้ AI Teaching Assistant อย่างเป็นระบบตลอดกระบวนการสอน โดยเชื่อมโยงกับ Bloom's Taxonomy และบูรณาการองค์ความรู้จากงานวิจัยเชิงพุทธิปัญญา เพื่อให้อาจารย์มีแนวทางปฏิบัติที่ชัดเจนและตั้งอยู่บนหลักฐานเชิงประจักษ์ ขอบเขตครอบคลุมตั้งแต่การวางแผนการสอน การออกแบบกิจกรรม การสร้างสื่อ การจัดทำแบบทดสอบ การให้ข้อมูลป้อนกลับ ไปจนถึงการประเมินผล โดยมุ่งเน้นที่การจัดการเรียนการสอนในระดับอุดมศึกษาไทย โดยเฉพาะสาขาคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ แม้ว่ากรอบแนวคิดดังกล่าวจะสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับสาขาวิชาอื่นได้เช่นกัน

Bloom's Taxonomy Revised (2001)

Bloom's Taxonomy Revised เป็นกรอบแนวคิดที่ได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวางในฐานะเครื่องมือทางการศึกษา ช่วยให้นักการศึกษาออกแบบผลลัพธ์การเรียนรู้ กิจกรรมการสอน และแนวทางการประเมินผลได้อย่างเป็นระบบ กรอบแนวคิดนี้แบ่งระดับความคิดออกเป็น 6 ระดับ เรียงลำดับจากต่ำไปสูง คือ (1) Remember (จำ) การระลึกถึงความรู้จากความรู้จำระยะยาว (2) Understand (เข้าใจ) การตีความ อธิบาย หรือสรุป (3) Apply (ประยุกต์ใช้) การนำความรู้ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ (4) Analyze (วิเคราะห์) การแยกแยะองค์ประกอบและตรวจสอบความสัมพันธ์ (5) Evaluate (ประเมิน) การตัดสินคุณค่าและให้เหตุผล และ (6) Create (สร้างสรรค์) การรวมองค์ประกอบเพื่อสร้างสิ่งใหม่ (Anderson & Krathwohl, 2001)

การกำหนดบทบาท AI ตามระดับความคิดของ Bloom's Taxonomy

ในบริบทของ AI Teaching Assistant นั้น Bloom's Taxonomy ทำหน้าที่เป็นแกนหลักในการเลือกกิจกรรมการเรียนรู้และเครื่องมือ AI ที่เหมาะสม ในระดับ Remember และ Understand AI ทำหน้าที่เป็นผู้สร้างเนื้อหา (Content Creator) ช่วยสร้าง Lecture Notes, Flashcards และแบบทดสอบที่ใช้เทคนิค Retrieval Practice กล่าวคือ แทนที่จะให้ผู้เรียนอ่านเนื้อหาซ้ำ ควรให้ผู้เรียนฝึกดึงความรู้จากความจำด้วยตนเอง เช่น ตอบคำถามโดยปิดหนังสือ หรืออธิบายแนวคิดด้วยคำพูดของตนเอง ซึ่งงานวิจัยด้านพุทธิปัญญาพบว่า ส่งผลดีต่อความจำระยะยาวมากกว่าการทบทวนแบบเดิม (Ruiz-Martín et al., 2024)

ในระดับ Apply และ Analyze AI ควรออกแบบโจทย์ที่ต้องคิด เช่น กรณีศึกษาที่มีเงื่อนไขหลากหลายและไม่มีคำตอบเดียว ตัวอย่างในวิชา Data Structures คือ ให้ผู้เรียนวิเคราะห์ว่าระบบฐานข้อมูลควรเลือกใช้โครงสร้างข้อมูลใด โดยต้องชั่งน้ำหนักข้อดีและข้อจำกัดของแต่ละทางเลือก นอกจากนี้ควรออกแบบชุดแบบฝึกแบบ Interleaving คือสลับหัวข้อที่ต่างกันในชุดแบบฝึกเดียวกัน เพื่อให้ผู้เรียนฝึกเลือกวิธีแก้ปัญหาด้วยตนเองเหมือนการใช้งานจริง

ในระดับ Evaluate และ Create ผู้เรียนต้องเป็นผู้ตัดสินใจและสร้างผลงานด้วยตนเองทั้งหมด AI จึงไม่ควรให้คำตอบโดยตรง แต่ควรช่วยออกแบบเกณฑ์การให้คะแนน (Rubric) ตั้งคำถามกระตุ้นให้ผู้เรียนทบทวนการตัดสินใจ และชี้จุดที่ยังต้องพัฒนาโดยไม่บอกวิธีแก้ไขโดยตรง

Bloom's Taxonomy กับการออกแบบ Learning Outcomes

ผลลัพธ์การเรียนรู้ (Learning Outcomes: LO) ที่มีคุณภาพต้องใช้กริยาที่สามารถวัดผลได้ตามระดับความคิดของ Bloom's Taxonomy AI สามารถสนับสนุนอาจารย์ในการเขียน LO โดยเสนอคำกริยาที่เหมาะสม

และตรวจสอบความครอบคลุมให้สอดคล้องกับระดับที่ต้องการ การออกแบบรายวิชาที่มีประสิทธิภาพควรกำหนด LO ให้ครอบคลุมหลายระดับ โดยเฉพาะระดับที่สูงกว่า Remember และ Understand เพื่อพัฒนาทักษะการคิดขั้นสูง เครื่องมือประเมินแต่ละประเภทมีความเหมาะสมกับระดับความคิดที่ต่างกัน ข้อสอบปรนัยเหมาะกับระดับ Remember และ Understand ข้อสอบอัตนัยใช้สำหรับระดับ Analyze และ Evaluate ขณะที่ข้อสอบเขียนโค้ดและโครงการใช้สำหรับระดับ Apply และ Create การใช้ Bloom's Taxonomy เป็นกรอบตรวจสอบความสอดคล้องระหว่าง LO กิจกรรมการเรียนรู้ และการประเมินผลจึงเป็นหลักการสำคัญของ AI Teaching Assistant Framework

มาตรฐานคุณวุฒิระดับอุดมศึกษาของประเทศไทยกับการออกแบบผลลัพธ์การเรียนรู้

ประกาศคณะกรรมการมาตรฐานการอุดมศึกษา พ.ศ. 2565 กำหนดให้ผลลัพธ์การเรียนรู้ตามคุณวุฒิแต่ละระดับต้องประกอบด้วยอย่างน้อย 4 ด้าน ได้แก่ (1) ความรู้ (Knowledge) ที่จำเป็นต่อการนำไปปฏิบัติและต่อยอดในยุคดิจิทัล (2) ทักษะ (Skills) ครอบคลุมทั้งทักษะวิชาชีพและทักษะทั่วไป เช่น การคิดเชิงวิพากษ์ ความคิดสร้างสรรค์ การแก้ไขปัญหา และการทำงานเป็นทีม โดยอ้างอิงกรอบทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 (3) จริยธรรม (Ethics) สะท้อนความเป็นผู้มีคุณธรรมและจรรยาบรรณทางวิชาการ และ (4) ลักษณะบุคคล (Character) ครอบคลุมบุคลิกภาพและค่านิยมที่สะท้อนคุณลักษณะเฉพาะสาขาและสถาบัน (Announcement of the Higher Education Standards Committee, 2022, pp. 35–36)

กรอบมาตรฐานดังกล่าวมีความสัมพันธ์เชิงบูรณาการกับ Bloom's Taxonomy Revised ซึ่งจะช่วยจำแนกระดับของกระบวนการคิดในมิติด้านความรู้ ขณะที่มาตรฐานคุณวุฒิไทยขยายขอบเขตให้ครอบคลุมมิติด้านทักษะ จริยธรรม และลักษณะบุคคล ดังนั้น การออกแบบ AI Teaching Assistant ในบริบทอุดมศึกษาไทยจึงต้องคำนึงถึงผลลัพธ์การเรียนรู้ทั้ง 4 ด้านอย่างครบถ้วน ไม่ใช่เพียงสนับสนุนด้านความรู้เชิงเนื้อหาเท่านั้น

แนวทางการนำปัญญาประดิษฐ์มาเสริมประสิทธิภาพการสอน

แนวทางการนำ AI มาเสริมประสิทธิภาพการสอน หมายถึง อาจารย์และ AI ทำงานร่วมกันในลักษณะที่อาจารย์รับผิดชอบด้านการตัดสินใจเชิงวิชาการและการคิดสร้างสรรค์ ขณะที่ AI สนับสนุนการสร้างเนื้อหาและการให้ข้อมูลป้อนกลับอย่างต่อเนื่อง แนวคิดนี้ตรงกับหลักการ Human-in-the-Loop ที่กำหนดให้อาจารย์ยังคงมีบทบาทเป็นผู้ตัดสินใจหลัก โดย AI เสนอทางเลือกหรือประมวลผลข้อมูล แต่อาจารย์เป็นผู้ตรวจสอบและรับรองผลลัพธ์ก่อนนำไปใช้เสมอ (Mollick & Mollick, 2023) ทั้งนี้ AI สามารถรับบทบาทหลักในการสนับสนุนการสอนได้ 3 ด้าน คือ (1) ผู้ร่วมสอน (Instructional Partner) (2) ผู้ร่วมประเมินผล (Evaluative Partner) และ (3) ผู้ร่วม

ตัดสินใจเชิงการสอน (Pedagogical Decision Partner) โดยแต่ละบทบาทยังคงต้องอยู่ภายใต้การกำกับดูแลของอาจารย์ (Shi & Choi, 2024)

เทคนิค Prompt Engineering สำหรับ AI Teaching Assistant

Prompt Engineering คือทักษะการออกแบบคำสั่ง (Prompt) ให้ AI สามารถเข้าใจบริบทและสร้างผลลัพธ์ที่ตรงวัตถุประสงค์ ซึ่ง UNESCO (2023) ระบุว่าเป็นทักษะสำคัญที่อาจารย์ต้องพัฒนาเพื่อใช้พลังของ Generative AI ได้อย่างเต็มศักยภาพ ทั้งนี้สามารถจัดกลุ่มเทคนิคหลักได้ดังตารางที่ 1 ซึ่งสรุป Framework และเทคนิคที่แนะนำสำหรับแต่ละระยะของกรอบแนวคิด

ตาราง 1

Prompt Framework และเทคนิคที่แนะนำสำหรับแต่ละระยะ

Framework	โครงสร้าง	เหมาะกับระยะ	ตัวอย่างการใช้งาน
RTF	Role – Task – Format	Plan / Design	กำหนดบทบาทผู้เชี่ยวชาญ งานที่ต้องการ และรูปแบบผลลัพธ์ เช่น ตาราง หรือ JSON
TAG	Task – Action – Goal	Plan / Assess	ระบุงาน การกระทำที่ต้องการ และเป้าหมายที่ชัดเจน เหมาะกับการวิเคราะห์ผลสอบ
RISE	Role – Instructions – Steps – End goal	Design / Implement	เหมาะกับ Prompt ที่ต้องการขั้นตอนปฏิบัติที่เป็นระบบ เช่น การสร้าง Rubric
Chain of Thought	Let's think step by step...	Analyze / Evaluate	กระตุ้น AI ให้แสดงเหตุผลทีละขั้น เหมาะกับการวิเคราะห์โค้ดหรือการวัดระดับความคิด
Few-shot	ตัวอย่าง 2–3 ขึ้นก่อน คำถามจริง	Design / Assess	เพิ่มความแม่นยำของผลลัพธ์เมื่อต้องการรูปแบบเฉพาะ เช่น การเขียน CLO หรือ Feedback

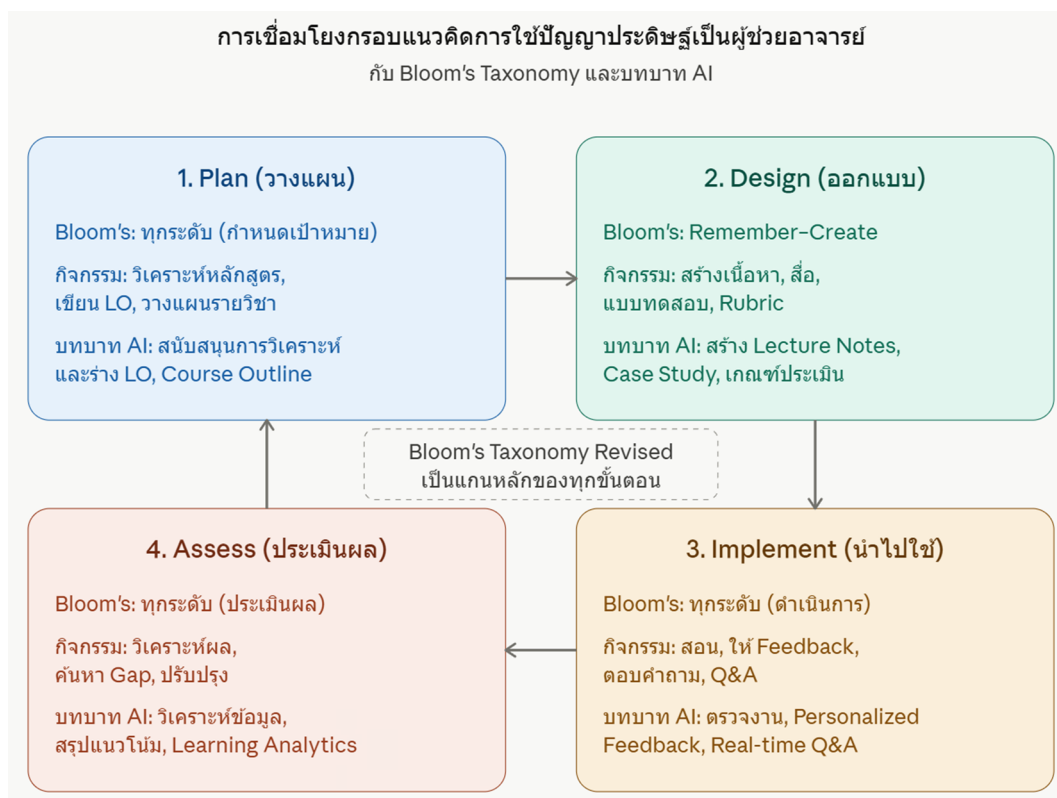
หลักการเขียน Prompt ที่มีประสิทธิภาพมีองค์ประกอบสำคัญ 5 ประการ คือ (1) ระบุบทบาทของ AI อย่างชัดเจน (2) ให้ความบริบทที่เพียงพอ เช่น ระดับผู้เรียนและสาขาวิชา (3) ระบุรูปแบบผลลัพธ์ที่ต้องการ (4) กำหนดเงื่อนไขและข้อจำกัดที่ชัดเจน และ (5) ขอให้ AI อ้างอิงสมมติฐานหรือแจ้งเมื่อข้อมูลไม่เพียงพอ การบันทึก Prompt ที่ให้ผลลัพธ์ดีเป็น Prompt Library ถือเป็นแนวปฏิบัติที่แนะนำสำหรับอาจารย์ที่ต้องการใช้ AI อย่างมีประสิทธิภาพ

กรอบแนวคิดการใช้ปัญญาประดิษฐ์เป็นผู้ช่วยอาจารย์

งานวิจัยด้านวิทยาศาสตร์การเรียนรู้ระบุว่าเทคนิคการสอน เช่น การฝึกดึงความรู้จากความจำ (Retrieval Practice) การสอบสวนเชิงลึก (Elaborative Interrogation) และการตรวจสอบความเข้าใจ (Monitoring Comprehension) มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน นักเรียนที่ใช้เทคนิคดังกล่าวยังมีความเชื่อมั่นในตนเองสูงกว่าและมีทัศนคติความคิดแบบเติบโต (Growth Mindset) ที่ดีกว่า (Ruiz-Martín et al., 2024) ข้อค้นพบเหล่านี้ชี้ว่า AI

Teaching Assistant ควรได้รับการออกแบบให้ส่งเสริมกิจกรรมที่อิงหลักฐานเชิงประจักษ์ มากกว่าการมุ่งเน้นเพียงการสรุปเนื้อหาหรือการท่องจำ

AI Teaching Assistant Framework มีโครงสร้าง 4 ขั้นตอนหลักที่เชื่อมโยงกันเป็นวงจรต่อเนื่อง ได้แก่ Plan (วางแผน), Design (ออกแบบ), Implement (นำไปใช้) และ Assess (ประเมินผล) ผลลัพธ์จากขั้นตอน Assess จะถูกนำกลับไปปรับปรุงขั้นตอน Plan สำหรับรอบถัดไปตามหลักการ PDCA กรอบแนวคิดนี้ใช้ Bloom's Taxonomy เป็นพื้นฐานในการจัดระดับกิจกรรมและเลือกเครื่องมือ AI ที่เหมาะสมในแต่ละขั้นตอน ขั้นตอน Plan มุ่งเน้นการวิเคราะห์มาตรฐานหลักสูตร กำหนด Learning Outcomes และออกแบบ Course Structure ขั้นตอน Design เป็นการสร้างกิจกรรมและสื่อที่เป็นรูปธรรม ขั้นตอน Implement เป็นการนำแผนและสื่อไปใช้ในสถานการณ์จริง และขั้นตอน Assess มุ่งเน้นการวิเคราะห์ผลลัพธ์การเรียนรู้ ตรวจสอบ Learning Gaps และวางแผนปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง



ภาพ 1 แผนภาพกรอบแนวคิดการใช้ปัญญาประดิษฐ์เป็นผู้ช่วยอาจารย์ที่เชื่อมโยงกับ Bloom's Taxonomy และบทบาท AI

หลักการออกแบบ

การใช้กรอบแนวคิดนี้ยึดตามหลักการออกแบบ 4 ประการ ประการแรก AI ควรทำหน้าที่เป็น Co-pilot ไม่ใช่ Autopilot โดยอาจารย์ยังคงต้องเป็นผู้ตัดสินใจและควบคุมคุณภาพการสอน (Shi & Choi, 2024) ประการที่สอง Human-in-the-Loop กล่าวคือทุกผลลัพธ์จาก AI ต้องผ่านการตรวจสอบก่อนนำไปใช้ เนื่องจาก AI มีข้อจำกัดด้าน Hallucination อคติ (Bias) และการขาดความเข้าใจในบริบทเฉพาะ (Holstein et al., 2019) ประการที่สาม การตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างเครื่องมือ/กิจกรรมกับ Learning Outcomes และประการสุดท้าย ความสามารถในการขยายขนาด (Scalability) และการเรียนรู้แบบเฉพาะบุคคล (Personalization)

การประยุกต์ใช้ AI Teaching Assistant ในแต่ละขั้นตอน ขั้นตอนการวางแผนการสอน (Planning Phase)

ขั้นตอนการวางแผนเป็นจุดเริ่มต้นที่สำคัญที่สุดของวงจร โดยมุ่งเน้นที่การกำหนด Learning Outcomes ตามระดับ Bloom's Taxonomy แล้วจึงออกแบบกิจกรรม

และวิธีการประเมินที่สอดคล้องกัน กิจกรรมหลักประกอบด้วย การวิเคราะห์มาตรฐานหลักสูตร เช่น กรอบ TQF หรือมาตรฐาน ACM/IEEE การกำหนด Learning Outcomes ที่ใช้กิริยาวัตถุผลได้ตาม Bloom's Taxonomy และการออกแบบ Course Structure ที่สอดคล้องกัน AI สามารถสนับสนุนการสรุปประเด็นจากเอกสารมาตรฐาน เสนอ Learning Outcomes เบื้องต้น และร่างแผนการสอนรายสัปดาห์ (Weekly Plan) Prompt ที่ใช้ในระยณะนี้แนะนำให้ใช้ RTF Framework โดยระบุบทบาทผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตร บริบทของรายวิชา และรูปแบบผลลัพธ์ที่ต้องการ หากต้องการผลลัพธ์ที่มีโครงสร้างเฉพาะควรใช้เทคนิค Few-shot โดยแสดงตัวอย่าง CLO ที่ดี 1-2 ข้อก่อน

ตัวอย่างคำสั่งที่สามารถใช้ได้ เช่น “ช่วยตรวจสอบ Learning Outcomes ของรายวิชา Data Structures ที่ร่างไว้ ว่าครอบคลุมผลลัพธ์การเรียนรู้ทั้ง 4 ด้าน ได้แก่ ความรู้ ทักษะ จริยธรรม และลักษณะบุคคล ตามประกาศคณะกรรมการมาตรฐานการอุดมศึกษา พ.ศ. 2565 หรือไม่ พร้อมเสนอแนะข้อที่ขาดหายไปและแนวทางการเพิ่มเติม” (Announcement of the Higher Education Standards Committee, 2022, pp. 35-36)

ตาราง 2

กิริยาตาม Bloom's Taxonomy สำหรับการเขียน Learning Outcomes

ระดับ	กิริยาที่แนะนำ	ตัวอย่าง LO
Remember	ระบุ, อธิบาย, บอก, นิยาม, จดจำ	อธิบายคุณสมบัติของ Stack และ Queue ได้
Understand	แปลความ, ยกตัวอย่าง, เปรียบเทียบ, สรุป, จำแนก	เปรียบเทียบข้อดีข้อเสียของ Array กับ Linked List ได้
Apply	ประยุกต์ใช้, แก้ปัญหา, พัฒนา, สาธิต, นำไปใช้	พัฒนาโปรแกรมโดยใช้ Binary Search Tree ได้
Analyze	วิเคราะห์, แยกแยะ, ตรวจสอบ, จัดระบบ	วิเคราะห์ความซับซ้อนของ Algorithm ได้
Evaluate	ประเมิน, ตัดสิน, วิจารณ์, เลือก, ให้เหตุผล	เลือกโครงสร้างข้อมูลที่เหมาะสมกับปัญหาที่กำหนดได้
Create	ออกแบบ, สร้าง, วางแผน, ผลิต, ประดิษฐ์	ออกแบบโครงสร้างข้อมูลใหม่สำหรับปัญหาเฉพาะได้

ต่อไปนี้จะขอยกตัวอย่างการสร้างแผนการสอนรายสัปดาห์ (Weekly Plan) และการเขียนผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับรายวิชา (Course Learning Outcomes: CLOs) สำหรับวิชาโครงสร้างข้อมูล (data structures) ของหลักสูตรเทคโนโลยีสารสนเทศ ซึ่งในเล่มหลักสูตรได้กำหนด PLO และระดับของ Bloom's Taxonomy ไว้แล้ว

ตัวอย่าง Prompt การเขียนผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับรายวิชา (Course Learning Outcomes: CLOs)

บทบาท (Role): คุณคือผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบหลักสูตรระดับอุดมศึกษา ที่มีความเชี่ยวชาญใน Bloom's Taxonomy Revised, Constructive Alignment และมาตรฐานคุณวุฒิระดับอุดมศึกษาของประเทศไทย พ.ศ. 2565

บริบท (Context): ผมต้องการออกแบบ CLOs ของรายวิชา 'โครงสร้างข้อมูล' สำหรับนักศึกษาชั้นปีที่ 2 ภาคการศึกษาที่ 1 หน่วยกิต 3(2-2-5) หลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คำอธิบายรายวิชาคือ [ใส่คำอธิบายรายวิชาหรือเนื้อหาที่ต้องการสอน]

งานที่ต้องการ (Task): คุณช่วยออกแบบ CLOs จำนวน 5-6 ข้อ โดยให้ CLOs ของรายวิชาสอดคล้องกับ PLOs และ CLOs ตามหลัก Constructive Alignment โดยครอบคลุมระดับ Bloom's Taxonomy 3 ระดับ คือ Remember, Understand, Apply และใช้กริยาที่ตรงกับระดับ Bloom's แต่ละข้อ [ระบุ PLO ที่สอดคล้องกับ CLO และเสนอแนะวิธีการประเมินที่เหมาะสมกับแต่ละ CLO]

เช่น รายวิชานี้หลักสูตรกำหนด PLO ไว้ 2 ข้อคือ PLO1 อธิบายหลักการพื้นฐานทางคณิตศาสตร์ วิทยาการคอมพิวเตอร์ และเทคโนโลยีสารสนเทศ ที่จำเป็นต่อการประกอบวิชาชีพด้านเทคโนโลยีสารสนเทศได้ และ PLO2 ประยุกต์ใช้แนวคิดเชิงคำนวณ โครงสร้างข้อมูล และขั้นตอนวิธี ในการพัฒนาซอฟต์แวร์ได้ ออกแบบ CLOs ให้ครอบคลุมระดับ Bloom's Taxonomy 3 ระดับ คือ Remember, Understand และ Apply

[หมายเหตุ: Prompt นี้ใช้ RTF Framework ระบุ Role, Context (แทน Task format), และ Task ที่ชัดเจน หากต้องการความแม่นยำสูงขึ้นให้เพิ่มตัวอย่าง CLO ที่ดี 1 ข้อ ก่อนส่วน Task (Few-shot technique)]

CLO	ระดับ BLOOM'S	ข้อความผลลัพธ์การเรียนรู้	PLO	การประเมิน	รายละเอียด
CL01	Remember Understand	อธิบาย แนวคิดพื้นฐานของโครงสร้างข้อมูล ADT และการวิเคราะห์ความซับซ้อน (Big-O Notation) ได้	PL01	Mid-term Final ปรนัย + อัตนัย	▼
CL02	Understand	เปรียบเทียบ คุณสมบัติ ข้อดี และข้อจำกัดของ Array, Linked List, Stack และ Queue พร้อมระบุบริบทการใช้งานที่เหมาะสมได้	PL01	Mid-term Comparison Table + Case Questions	▼
CL03	Understand	เปรียบเทียบ การทำงานของ Tree, BST, Heap, Graph รวมถึงเทคนิค Hashing และ Sorting Algorithms พื้นฐานได้	PL01	Final Lab อัตนัย + Trace Algo	▼
CL04	Apply	พัฒนา โปรแกรมโดยใช้โครงสร้างข้อมูลและขั้นตอนวิธีที่เหมาะสม เพื่อแก้ปัญหาเชิงคำนวณที่กำหนดให้ได้	PL02	Lab Coding Lab 30% + Exam 20%	▼
CL05	Apply	ประยุกต์ใช้ โครงสร้างข้อมูลในการออกแบบ Solution Design สำหรับโจทย์ที่กำหนด พร้อมอธิบายเหตุผลการเลือกใช้ได้	PL01 PL02	Case Study Assignment + Present 10%	▼

ภาพ 2 ตัวอย่างผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับรายวิชาโครงสร้างข้อมูล

ตัวอย่าง Prompt สร้างแผนการสอนรายสัปดาห์ (Weekly Plan)

บทบาท (Role): คุณคือผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบหลักสูตรระดับอุดมศึกษา ที่มีความเชี่ยวชาญใน Bloom's Taxonomy Revised, Constructive Alignment และมาตรฐานคุณวุฒิระดับอุดมศึกษาของประเทศไทย พ.ศ. 2565

บริบท (Context): ผมต้องการสร้างแผนการสอนรายสัปดาห์สำหรับวิชา 'โครงสร้างข้อมูล' จำนวน 15 สัปดาห์ โดยสัปดาห์ที่ 8 สอบกลางภาค, สัปดาห์ที่ 16 สอบปลายภาค, แต่ละสัปดาห์มีบรรยาย 2 ชม. และปฏิบัติ 2 ชม.

งานที่ต้องการ (Task): สร้างแผนการสอนรายสัปดาห์สำหรับรายวิชานี้ โดยจัดรูปแบบเป็นตารางที่มีคอลัมน์: 1. สัปดาห์ที่ 2. ระดับ Bloom's Taxonomy 3. หัวข้อ/เนื้อหาหลัก 4. กิจกรรมบรรยาย 5. กิจกรรมปฏิบัติ 6. Assignment/งานมอบหมาย 7. CLO ที่สอดคล้อง

[หมายเหตุ: Prompt นี้ใช้ RTF Framework ระบุ Role, Context (แทน Task format), และ Task ที่ชัดเจน]

สำหรับเนื้อหาที่ระบุใน Prompt อาจแทนด้วยคำอธิบายรายวิชาที่ระบุไว้ในหลักสูตร เมื่อได้รับผลลัพธ์

จาก AI อาจารย์ควรตรวจสอบความเหมาะสมกับบริบทระดับความยาก และพื้นฐานของนักศึกษา รวมถึงข้อจำกัดด้านเวลาที่มีอยู่ การปรับเปลี่ยนเพื่อให้สอดคล้องกับสถานการณ์จริงเป็นหน้าที่สำคัญของอาจารย์ตามแนวทาง Human-in-the-Loop

ขั้นตอนการออกแบบกิจกรรมและสื่อการสอน (Design Phase)

ขั้นตอนการออกแบบกิจกรรมและสื่อการสอนเป็นช่วงที่ AI สามารถสนับสนุนอาจารย์ได้อย่างมีนัยสำคัญ การออกแบบกิจกรรมต้องคำนึงถึงระดับ Bloom's Taxonomy และวิธีการเรียนรู้ที่มีหลักฐานสนับสนุน สำหรับระดับ Remember/Understand ใช้ AI สร้างเนื้อหาบรรยายและแบบทดสอบแบบ Retrieval Practice รวมถึงการตั้งคำถามแบบ Elaborative Interrogation สำหรับระดับ Apply/Analyze ใช้ AI สร้างกรณีศึกษา โจทย์ปัญหา และตัวอย่างโค้ดสำหรับการวิเคราะห์ โดยประยุกต์เทคนิค Interleaving ร่วมด้วย สำหรับระดับ Evaluate/Create ให้ AI สนับสนุนการออกแบบ Rubric และเกณฑ์การประเมิน แต่ไม่ควรให้ AI สร้างผลงานแทนนักศึกษา

สัปดาห์	ระดับ Bloom's	หัวข้อ / เนื้อหา	กิจกรรมบรรยาย (2 ชม.)	กิจกรรมปฏิบัติ (2 ชม.)	Assignment	CLO
ระยะที่ 1 – ความรู้พื้นฐาน (สัปดาห์ที่ 1-4) - REMEMBER / UNDERSTAND						
1	Remember	แนวคิดพื้นฐานและ ADT Introduction & Abstract Data Types	- ความหมายและประโยชน์ของโครงสร้างข้อมูล - Abstract Data Type (ADT) คืออะไร - Big-O Notation: $O(1)$, $O(n)$, $O(n^2)$, $O(\log n)$ - Space vs. Time Complexity	- ติดตั้ง IDE และทดสอบ Python/Java/C++ - วิเคราะห์ Big-O จากโค้ดตัวอย่าง 5 โจทย์ - Quiz ท้ายคาบ: ระบุ Big-O ของ loop ที่กำหนด	HW1 เขียน Big-O ของ algorithm 3 ข้อที่กำหนดให้ พร้อมอธิบายเหตุผล (ส่งสัปดาห์ที่ 2)	CL01
2	Understand	Array Arrays & Dynamic Arrays	- Static Array: การจัดเก็บในหน่วยความจำ - Dynamic Array: ArrayList / Vector - การค้นหา การแทรก การลบ: ความซับซ้อน 2D Array และการประยุกต์ใช้	- เขียนโปรแกรมจัดการ 1D Array: insert, delete, search - เปรียบเทียบ Static vs Dynamic Array ด้วยการทดลอง - แก้อายุ Matrix Transpose	LAB1 ส่ง Lab Code + ตอบคำถามสั้น: เหตุใด Dynamic Array จึง $O(1)$ amortized	CL01 CL02
3	Understand	Linked List Singly / Doubly / Circular	- Singly Linked List: node, pointer, traverse - Doubly Linked List: การเพิ่ม/ลบโหนด - Circular Linked List - เปรียบเทียบ Array vs Linked List (ตาราง)	- Implement Singly Linked List: insert head, insert tail, delete, print - แก้อายุ: Reverse a Linked List - Trace pointer diagram บนกระดาน	LAB2 Implement Doubly Linked List พร้อม unit test ครอบคลุม 5 operations	CL02

ภาพ 3 แผนการสอนรายสัปดาห์วิชาโครงสร้างข้อมูล

ตาราง 3

การเชื่อมโยงกิจกรรม Bloom's Taxonomy และบทบาทเครื่องมือ AI

ระดับ Bloom's	กิจกรรมที่เหมาะสม	บทบาท AI
Remember	Flashcards, Quiz, สรุปเนื้อหา	สร้างคำถาม Retrieval Practice
Understand	Video, Infographic, อธิบาย	อธิบายแนวคิด, สร้างภาพประกอบ
Apply	Lab, โจทย์, Coding Exercise	สร้างโจทย์, ตัวอย่างโค้ด
Analyze	Case Study, Code Review	สร้างกรณีศึกษา, คำถามวิเคราะห์
Evaluate	Peer Review, Code Critique	สร้าง Rubric, เกณฑ์ประเมิน
Create	Project, Portfolio	ให้ Feedback, แนะนำทิศทาง

ตัวอย่าง Prompt สร้างข้อสอบ Multiple Choice

“สร้างข้อสอบ Multiple Choice เรื่อง Stack และ Queue จำนวน 10 ข้อ โดย: แบ่งเป็น Remember 3 ข้อ, Understand 4 ข้อ, Apply 3 ข้อ, แต่ละข้อมี 4 ตัวเลือก โดย Distractor ต้องสมเหตุสมผล, ระบุเฉลยและคำอธิบาย, ระบุระดับ Bloom's ของแต่ละข้อ”

[หมายเหตุ: Prompt นี้ใช้เทคนิค Zero-shot กับโครงสร้าง TAG – Task คือสร้างข้อสอบ, Action คือแบ่งระดับ Bloom's, Goal คือได้ข้อสอบพร้อมเฉลย หากต้องการรูปแบบที่สม่ำเสมอกับชุดเดิมให้ใช้ Few-shot โดยแสดงตัวอย่างข้อสอบ 1–2 ข้อก่อน]

ตัวอย่าง Prompt การสร้าง Rubric

“สร้าง Rubric สำหรับประเมิน Programming Project 100 คะแนน โดย: กำหนด 5 เกณฑ์: Functionality, Code Quality, Documentation, Creativity, Presentation, แต่ละเกณฑ์มี 4 ระดับ: Excellent, Good, Satisfactory, Needs Improvement, อธิบายลักษณะงานในแต่ละระดับอย่างเป็นรูปธรรม, กำหนดสัดส่วนคะแนนรวม 100”

[หมายเหตุ: Prompt นี้ใช้ RISE Framework – Role (ผู้เชี่ยวชาญประเมินผล), Instructions (กำหนด 5 เกณฑ์), Steps (4 ระดับ), End goal (Rubric 100 คะแนน) เพิ่ม Role ที่ต้นเพื่อให้ผลลัพธ์มีมาตรฐานสูงขึ้น]

ข้อควรระวังที่สำคัญคือ AI อาจสร้างข้อมูลที่ไม่

ถูกต้องและแบบทดสอบอาจมีระดับความยากที่ไม่เหมาะสม อีกทั้งหากใช้ AI สร้างแบบทดสอบซ้ำในรูปแบบเดิม นักศึกษาอาจหาคำตอบได้จาก AI ดังนั้น อาจารย์ควรปรับบริบทให้เฉพาะเจาะจงและเน้นการคิดวิเคราะห์ การเปรียบเทียบผลลัพธ์จากแพลตฟอร์ม AI หลายตัว เช่น ChatGPT, Claude และ Gemini พบว่ามีความแตกต่างกันในด้านความละเอียดของเนื้อหาและความถูกต้องทางเทคนิค อาจารย์จึงควรทดลองใช้มากกว่าหนึ่งแพลตฟอร์มสำหรับงานสำคัญ

นอกจากนี้ AI ยังสนับสนุนการสร้างสื่อการสอนได้หลายรูปแบบ สำหรับ Lecture Notes และ Slides ใช้ ChatGPT, Gemini หรือ Claude ร่างเนื้อหา และ Gamma หรือ Beautiful.ai สร้าง Slides อัตโนมัติ สำหรับ Infographic และ Diagram ใช้ Gemini Canvas, Claude Artifact หรือ Canva AI รวมถึง Mermaid หรือ Draw.io สำหรับ Flowchart, ER Diagram หรือ Class Diagram

ขั้นตอนการนำไปใช้ในชั้นเรียน (Implementation Phase)

ขั้นตอนนี้เป็นการนำแผนและสื่อที่ออกแบบไว้มาใช้ในสถานการณ์จริง โดย AI มีบทบาทสำคัญใน 3 มิติหลัก

มิติแรก การสนับสนุนแบบทันที (Real-time Support) AI สามารถตอบคำถามนอกเหนือจากเนื้อหาที่เตรียมไว้หรือสร้างตัวอย่างเพิ่มเติมได้ทันที เช่น สร้างตารางเปรียบเทียบระหว่าง Hash Table และ Binary Search Tree รวมถึงสนับสนุนการสร้างคำถามสำหรับ Active Learning เช่น Think-Pair-Share Questions, Socratic Questions และ Debate Prompts ซึ่งสอดคล้องกับบทบาท Teaching Aid Tool ที่ระบุโดย Shi and Choi (2024)

มิติที่สอง การให้ข้อมูลป้อนกลับเฉพาะบุคคล (Personalized Feedback) AI สนับสนุนการสร้าง Feedback ที่เฉพาะเจาะจงสำหรับงานของนักศึกษาแต่ละคน โดยระบุจุดที่ทำได้ดีและเสนอแนะแนวทางปรับปรุง ซึ่ง Shi and Choi (2024) จัดบทบาทนี้อยู่ในกลุ่ม Evaluative Partner ที่ช่วยให้อาจารย์ตัดสินใจได้อย่างมีประสิทธิภาพ

มิติที่สาม การสนับสนุนรายบุคคล (Individual Support) AI ให้บริการตอบคำถาม วิเคราะห์ Learning Gaps และแนะนำ Adaptive Learning Path โดยนักศึกษาที่มีพื้นฐานอ่อนได้รับแบบฝึกพื้นฐาน ระดับปานกลางได้รับโจทย์ที่หลากหลาย และระดับสูงได้รับโจทย์ท้าทายเพิ่มเติม

ตัวอย่าง Prompt สร้างข้อมูลป้อนกลับเฉพาะบุคคล (Personalized Feedback)

“วิเคราะห์โค้ด Python ของนักศึกษาที่ทำ Binary Search และให้ Feedback โดย: 1) ระบุจุดที่ทำได้ดี 2-3 ข้อ, 2) ระบุจุดที่ควรปรับปรุง 2-3 ข้อ พร้อมเหตุผล, 3) เสนอแนะวิธีแก้ไขที่เป็นรูปธรรม, 4) ให้กำลังใจและแนวทางพัฒนาต่อ”

[หมายเหตุ: สำหรับการวิเคราะห์โค้ดที่ซับซ้อน แนะนำให้เพิ่มคำสั่ง ‘อธิบายการวิเคราะห์ทีละขั้น’ (Chain of Thought) ต่อท้าย Prompt เพื่อให้ AI แสดงเหตุผลที่ตรวจสอบได้ก่อนให้ Feedback]

อย่างไรก็ตาม การใช้ AI ตรวจสอบมีข้อควรระวังสำคัญ ได้แก่ ความแม่นยำ (AI อาจตีความงานผิดพลาด) ความยุติธรรม (AI อาจมีอคติ) และความโปร่งใส (นักศึกษาควรทราบเกี่ยวกับการใช้ AI) ดังนั้น อาจารย์ควรสุ่มตรวจผลลัพธ์จาก AI และเป็นผู้ตัดสินใจขั้นสุดท้ายเสมอ

ขั้นตอนการประเมินผลและปรับปรุง (Assessment Phase)

ขั้นตอนนี้เป็นการปิดวงจร Framework โดย AI สนับสนุนการวิเคราะห์ผลสอบตั้งแต่สถิติพื้นฐาน (ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) ไปจนถึง Item Analysis, Error Pattern Analysis และ Correlation Analysis รวมถึงการตรวจจับ Learning Gaps ในระดับบุคคล (วิเคราะห์คะแนนตามหัวข้อ) ระดับกลุ่ม (Clustering Analysis) และระดับชั้นเรียน (การวิเคราะห์สถิติรวมเพื่อปรับวิธีการสอน) AI ยังสนับสนุนการวิเคราะห์ Course Evaluation ทั้งเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ โดยเฉพาะ Text Analysis ที่สามารถจัดกลุ่มความคิดเห็น วิเคราะห์ Sentiment และสรุปประเด็นสำคัญ ผลการวิเคราะห์ทั้งหมดจะถูกนำกลับไปใช้ในขั้นตอน Planning ก่อให้เกิดวงจร Continuous Improvement ที่ทำให้การสอนพัฒนาขึ้นอย่างเป็นระบบ

ตัวอย่าง Prompt วิเคราะห์ผลสอบ

“วิเคราะห์ผลสอบกลางภาควิชา Data Structures จากไฟล์ที่แนบ: 1) คำนวณ Mean, Median, SD, Min, Max, 2) วิเคราะห์คะแนนแยกตามหัวข้อ, 3) ระบุหัวข้อที่นักศึกษาทำคะแนนต่ำกว่าเกณฑ์, 4) เสนอแนะแนวทางปรับปรุงการสอน”

[หมายเหตุ: Prompt นี้ใช้ TAG Framework – Task คือ วิเคราะห์ผลสอบ, Action คือ คำนวณสถิติและจัดกลุ่ม, Goal คือ ได้แนวทางปรับปรุงการสอน เพิ่มประสิทธิภาพโดยแนบ CSV ผลสอบพร้อมระบุเกณฑ์ผ่าน/ไม่ผ่านในบริบท]

ข้อควรพิจารณาด้านจริยธรรมและคุณภาพผลลัพธ์

การใช้ AI ในการศึกษา มีประเด็นที่ต้องพิจารณาอย่างรอบคอบหลายประการ ประการแรก ด้านความเป็นส่วนตัว ข้อมูลส่วนบุคคลและผลการเรียนของนักศึกษาอาจถูกส่งไปยังบริการ AI ภายนอก จึงต้องเลือกใช้บริการที่มีนโยบายชัดเจนและลบข้อมูลที่ระบุตัวตนก่อนส่งเสมอ ประการที่สอง ด้านอคติ เนื่องจาก AI อาจมีอคติจากข้อมูลที่ใช้ฝึก จึงต้องมีการสุ่มตรวจความถูกต้องอย่างสม่ำเสมอ ประการที่สาม ด้าน AI Hallucination เนื่องจาก AI อาจ

สร้างข้อมูลที่ดูน่าเชื่อถือแต่ไม่ถูกต้อง จึงต้องตรวจสอบข้อเท็จจริงทุกครั้ง การทบทวนวรรณกรรมของ Yan et al. (2024) ชี้ให้เห็นว่าความท้าทายด้านจริยธรรมในการใช้ LLM ในการศึกษา โดยเฉพาะด้านความถูกต้อง ความเป็นส่วนตัว และความเป็นธรรมเป็นประเด็นที่ต้องให้ความสำคัญอย่างยิ่ง (UNESCO, 2023)

นอกเหนือจากความเสี่ยงด้านเทคนิค ประเด็นจริยธรรมทางวิชาการก็เป็นมิติที่สำคัญไม่แพ้กัน ประกาศคณะกรรมการมาตรฐานการอุดมศึกษา พ.ศ. 2565 ระบุตัวอย่างการกระทำที่ไม่ถูกจริยธรรม เช่น การคัดลอกผลงาน การทุจริตทางวิชาการ และการละเมิดทรัพย์สินทางปัญญา (Announcement of the Higher Education Standards Committee, 2022, pp. 35–36) ซึ่งมีความเกี่ยวข้องโดยตรงกับความเสี่ยงที่นักศึกษาอาจใช้ AI สร้าง

ผลงานโดยไม่เกิดการเรียนรู้ อาจารย์จึงควรกำหนดแนวปฏิบัติเกี่ยวกับการใช้ AI ของนักศึกษาให้ชัดเจน ออกแบบงานมอบหมายที่ส่งเสริมการเรียนรู้อย่างแท้จริง และใช้กลไกประเมินที่วัดความเข้าใจผู้เรียนได้น่าเชื่อถือ

ข้อควรพิจารณาด้านการพัฒนาทักษะอาจารย์

การนำ AI Teaching Assistant มาใช้จำเป็นต้องพัฒนาทักษะใหม่ 4 ประการ คือ (1) Prompt Engineering การเขียนคำสั่งที่ชัดเจนระบุบริบท รูปแบบ และเกณฑ์ (2) AI Literacy ความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการทำงาน ข้อจำกัด และศักยภาพของ AI (3) Critical Evaluation การประเมินผลลัพธ์จาก AI อย่างมีวิจารณญาณ และ (4) Tool Integration การเลือกและผสมผสานเครื่องมือ AI ให้เหมาะสมกับการสอน

ตาราง 4

สรุปข้อเสนอแนะสำหรับการนำ AI Teaching Assistant ไปประยุกต์ใช้

ประเด็น	แนวทาง	ข้อควรระวัง
การเตรียมตัว	จัดสรรเวลา 2-4 สัปดาห์สำหรับฝึก Prompt Engineering	ไม่ควรเริ่มทุกขั้นตอนพร้อมกัน เลือก 1-2 ขั้นตอนที่มีผลกระทบสูง
การตรวจสอบ	สุ่มตรวจชิ้นงานอย่างน้อยร้อยละ 20 ตรวจสอบทุกชิ้นในงานสำคัญ	AI อาจ Hallucinate หรือให้ Feedback ไม่ตรงประเด็น
ความโปร่งใส	แจ้งนโยบาย AI แก่นักศึกษาตั้งแต่วันแรก มีช่องทางอุทธรณ์	นักศึกษาควรทราบว่า AI มีส่วนร่วมในกระบวนการใด
การป้องกันการฟิงพา	ออกแบบการประเมินที่วัดความเข้าใจจริง เช่น Live Coding	นักศึกษาบางคนอาจใช้ AI ทำงานแทนโดยไม่เกิดการเรียนรู้

ตาราง 5

ประเด็นด้านจริยธรรมและแนวทางจัดการ

ประเด็น	แนวทาง	ข้อควรระวัง
ประเด็น	ความเสี่ยง	แนวทางจัดการ
ข้อมูลนักศึกษา	ข้อมูลส่วนตัวอาจถูกส่งไปบริการภายนอก	ใช้บริการที่มีนโยบายชัดเจน ลบข้อมูลระบุตัวตน
Bias ใน AI	AI อาจมีอคติส่งผลต่อการประเมิน	สุ่มตรวจผลลัพธ์ อาจารย์ตัดสินใจขั้นสุดท้าย
Hallucination	AI อาจสร้างข้อมูลที่ไม่ถูกต้อง	ตรวจสอบข้อเท็จจริงทุก Output โดยเฉพาะเนื้อหาสอนโดยตรง
ความเป็นธรรม	นักศึกษาเข้าถึง AI ไม่เท่าเทียม	จัดเครื่องมือ AI ให้เข้าถึงเท่าเทียม กำหนดกฎชัดเจน

ตาราง 6

ทักษะที่อาจารย์ต้องพัฒนาสำหรับการใช้ AI Teaching Assistant

ทักษะ	รายละเอียด	แนวทางพัฒนา
Prompt Engineering	เขียนคำสั่งชัดเจน ระบุบริบท รูปแบบ และเกณฑ์	ฝึกจากตัวอย่าง Workshop ทดลองและปรับปรุง
AI Literacy	เข้าใจหลักการ ข้อจำกัด และศักยภาพของ AI	หลักสูตรออนไลน์ บทความวิชาการ ติดตามข่าวสาร
Critical Evaluation	ประเมิน Output จาก AI ตรวจจับ Hallucination	จัดทำ Checklist แลกเปลี่ยนกับเพื่อนร่วมงาน
Tool Integration	เลือกและผสมผสานเครื่องมือ AI หลากหลาย	ทดลองเครื่องมือ สร้าง Workflow เฉพาะตน
ความเป็นธรรม	นักศึกษาเข้าถึง AI ไม่เท่าเทียม	จัดเครื่องมือ AI ให้เข้าถึงเท่าเทียม กำหนดกฎชัดเจน

ข้อจำกัดทางเทคนิคและค่าใช้จ่าย

ค่าใช้จ่ายในการใช้งาน AI อาจเป็นอุปสรรคเนื่องจากบริการ AI คุณภาพสูงมักมีค่าบริการรายเดือน สถาบันจึงควรจัดสรรงบประมาณหรือเจรจาข้อตกลงพิเศษสำหรับภาคการศึกษา ข้อจำกัดทางเทคนิค เช่น Context Window, Rate Limits และความเสถียรของบริการ จำเป็นต้องมีแผนสำรองรองรับ นอกจากนี้ โครงสร้างพื้นฐานด้านอินเทอร์เน็ต อุปกรณ์ และระบบสนับสนุนทางเทคนิคของสถาบันต้องพร้อมรองรับการใช้งานอย่างต่อเนื่อง

ข้อเสนอแนะสำหรับอาจารย์

สำหรับอาจารย์ที่ต้องการเริ่มต้น แนะนำให้เลือก 1-2 ขั้นตอนที่มีผลกระทบสูงก่อน เช่น การสร้างแบบทดสอบหรือการให้ข้อมูลป้อนกลับ จัดสรรเวลา 2-4 สัปดาห์ก่อนภาคการศึกษาเพื่อฝึก Prompt Engineering และแจ้งนโยบาย AI แก่นักศึกษาตั้งแต่วันแรก ควรออกแบบการประเมินที่วัดความเข้าใจอย่างแท้จริง เช่น การสอบปากเปล่าหรือ Live Coding และบันทึก Prompt ที่ให้ผลลัพธ์ดีเป็น Prompt Library เพื่อใช้ซ้ำและแบ่งปัน

ข้อเสนอแนะสำหรับสถาบัน

สถาบันการศึกษาควรจัดทำนโยบายและแนวปฏิบัติเกี่ยวกับ AI ที่ชัดเจน จัดสรรงบประมาณสำหรับเครื่องมือ AI และพัฒนาบุคลากรอย่างต่อเนื่อง จัด Workshop

ฝึกทักษะแก่อาจารย์ และสร้างชุมชนแลกเปลี่ยนเรียนรู้ตลอดจนการพัฒนา AI Chatbot หรือระบบสนับสนุนเฉพาะสถาบัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งหากสามารถ Fine-tune ด้วยข้อมูลหลักสูตร ซึ่งจะช่วยให้ AI สามารถตอบคำถามได้ตรงประเด็นมากยิ่งขึ้น

สรุป

บทความนี้นำเสนอ AI Teaching Assistant Framework ที่ประกอบด้วย 4 ขั้นตอนหลัก ได้แก่ Plan, Design, Implement และ Assess ครอบคลุมกระบวนการสอนตั้งแต่ต้นจนจบ โดยใช้ Bloom's Taxonomy Revised เป็นแกนหลักในการกำหนดระดับกิจกรรมและเลือกเครื่องมือ AI ที่เหมาะสม บูรณาการร่วมกับมาตรฐานคุณวุฒิระดับอุดมศึกษาไทย พ.ศ. 2565 และองค์ความรู้จากงานวิจัยด้านเทคนิคการเรียนรู้ที่ได้รับการพิสูจน์แล้ว หลักการสำคัญที่สุดคือ AI ทำหน้าที่เป็น Co-pilot ที่เพิ่มความสามารถให้อาจารย์ทำงานได้มากและดีขึ้น ในขณะที่อาจารย์ยังคงเป็นผู้ตัดสินใจและรับผิดชอบขั้นสุดท้ายเสมอ การนำ AI มาเป็นผู้ช่วยสอนจึงไม่ได้หมายความว่าเทคโนโลยีจะมาแทนที่อาจารย์ แต่เป็นการช่วยให้อาจารย์มีเวลาและพลังงานมากขึ้นสำหรับสิ่งที่มนุษย์ทำได้ดีกว่า AI นั่นคือการสร้างแรงบันดาลใจ การให้คำปรึกษาที่ลึกซึ้ง และการดูแลนักศึกษาด้วยความเข้าใจ

ข้อจำกัดของงานชิ้นนี้คือกรอบแนวคิดที่นำเสนอยังเป็นเชิงทฤษฎีและยังไม่ได้ผ่านการทดสอบเชิงประจักษ์

ในวงกว้าง การวิจัยในอนาคตควรดำเนินการศึกษาโดยนำกรอบแนวคิดไปทดลองใช้กับรายวิชาจริงในแต่ละระยะ Plan–Design–Implement–Assess พร้อมวัดผลทั้งประสิทธิภาพการทำงานของอาจารย์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษา ควรศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแพลตฟอร์ม AI ต่าง ๆ และผลกระทบของเทคนิค

Prompt Engineering ที่แตกต่างกัน รวมถึงทดสอบความสามารถในการปรับใช้ (Transferability) กับสาขาวิชาอื่น นอกเหนือจากคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ เพื่อสร้างฐานหลักฐานเชิงประจักษ์สำหรับการพัฒนานโยบาย AI ในระดับสถาบันและระดับประเทศต่อไป



References

- Anderson, L. W., & Krathwohl, D. R. (2001). *A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives*. Longman.
- Announcement of the Higher Education Standards Committee on details of learning outcomes according to the Thai Qualifications Framework for Higher Education B.E. 2565 [In Thai]. (2022, September 9). *Royal Gazette*, 139(Special Issue 212 D), 35–36.
- Baidoo-Anu, D., & Ansah, L. (2023). Education in the era of generative artificial intelligence (AI): Understanding the potential benefits of ChatGPT in promoting teaching and learning. *Journal of AI*, 7, 52–62.
- Holstein, K., McLaren, B. M., & Aleven, V. (2019). Co-designing a real-time classroom orchestration tool to support teacher–AI complementarity. *Journal of Learning Analytics*, 6(2), 27–52.
- 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.
- Mollick, E. R., & Mollick, L. (2023). Using AI to implement effective teaching strategies in classrooms: Five strategies, including prompts. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.4391243>
- Moundridou, M., Matzakos, N., & Doukakis, S. (2024). Generative AI tools as educators' assistants: Designing and implementing inquiry-based lesson plans. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 7, 100277. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2024.100277>

- Ruiz-Martín, H., Blanco, F., & Ferrero, M. (2024). Which learning techniques supported by cognitive research do students use at secondary school? Prevalence and associations with students' beliefs and achievement. *Cognitive Research: Principles and Implications*, 9(1), 44. <https://doi.org/10.1186/s41235-024-00567-5>
- Shi, L., & Choi, I. (2024). A systematic review on artificial intelligence in supporting teaching practice: Application types, pedagogical roles, and technological characteristics. In X. Zhai & J. Krajcik (Eds.), *Uses of Artificial Intelligence in STEM Education* (pp. 321–347). Oxford University Press.
- UNESCO. (2023). *Guidance for generative AI in education and research*.
<https://doi.org/10.54675/ewzm9535>
- Yan, L., Sha, L., Zhao, L., Li, Y., Martinez-Maldonado, R., Chen, G., Li, X., Jin, Y., & Gašević, D. (2024). Practical and ethical challenges of large language models in education: A systematic scoping review. *British Journal of Educational Technology*, 55(1), 90–112.



การพัฒนารูปแบบการดูแลสุขภาพผู้ป่วยโรคเบาหวานและโรคความดันโลหิตสูงตามวิถีชุมชน จังหวัดปทุมธานี

Development of a Community-Based Healthcare Model for Patients with Diabetes Mellitus and Hypertension in PathumThani Province

อุทัยวรรณ พงษ์บริบูรณ์^{1*}, ตติยา ทุมเสน¹ และกาญจนา คำยาดี¹
Uthaiwan Pongboriboon^{1*}, Tatiya Tumsen¹ and Kanchana Karyadee¹

¹คณะพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย

¹School of Nursing, Eastern Asia University

Corresponding author e-mail: uthaiwan@eau.ac.th

Received: February 18, 2026

Revised: May 28, 2026

Accepted: June 4, 2026

บทคัดย่อ

การพัฒนารูปแบบการดูแลสุขภาพผู้ป่วยโรคเบาหวานและโรคความดันโลหิตสูงตามวิถีชุมชนมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาทดลองใช้ และประเมินผลรูปแบบการดูแลสุขภาพผู้ป่วยโรคเบาหวานและโรคความดันโลหิตสูงตามวิถีชุมชน โดยใช้การวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม และการวิจัยกึ่งทดลองในกลุ่มตัวอย่าง 50 คน จากชุมชนตำบลรังสิต อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี บนพื้นฐานแนวคิดทฤษฎีการดูแลสุขภาพตนเองของโอเร็ม ทฤษฎีการจัดการตนเอง และแนวคิดการแพทย์แผนไทยมาประยุกต์ โดยดำเนินกิจกรรมการจัดการตนเองจำนวน 24 สัปดาห์ เก็บรวบรวมข้อมูลด้วยแบบสอบถาม แบบสัมภาษณ์ และแบบบันทึกระดับน้ำตาลในเลือดและความดันโลหิต วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติ คือ การแจกแจงความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ส่วนการเปรียบเทียบผลลัพธ์ก่อนและหลังการทดลองใช้สถิติ t-test และข้อมูลเชิงคุณภาพจากการสัมภาษณ์ใช้การวิเคราะห์เนื้อหา ผลการวิจัยพบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง อายุ 60 ปีขึ้นไป หลังการทดลองมีคะแนนเฉลี่ยความรู้เพิ่มขึ้นจาก 7.68 (SD=0.96) เป็น 9.58 (SD=0.54) และพฤติกรรมสุขภาพเพิ่มขึ้นจาก 3.19 (SD=0.52) เป็น 4.31 (SD=0.14) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<.001$) ผลลัพธ์ทางคลินิกพบระดับน้ำตาลในเลือดลดลงจาก 130.42 (SD=27.76) mg/dl (มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร) เป็น 123.38 (SD=13.56) mg/dl (มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร) และความดันโลหิตลดลงจาก 147.66/91.04 (SD=3.20/3.30) mmHg (มิลลิเมตรปรอท) เป็น 139.30/80.57 (SD=1.97/1.33) mmHg (มิลลิเมตรปรอท) ความพึงพอใจต่อรูปแบบในภาพรวมอยู่ในระดับสูง โดยเฉพาะการสนับสนุนจากครอบครัว สรุปได้ว่ารูปแบบวิถีชีวิตที่บูรณาการวิถีชุมชนและการจัดการตนเองช่วยให้ผู้ป่วยเปลี่ยนพฤติกรรมดูแลสุขภาพตนเองได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: การจัดการตนเอง พฤติกรรมสุขภาพ วิถีชุมชน

Abstract

Article presents the development of a community-based health care model for patients with diabetes mellitus and hypertension. This study aimed to develop, implement, and evaluate a community-based healthcare model for patients with diabetes mellitus and hypertension. Using participatory action research combined with a quasi-experimental design, 50 participants from Rangsit Subdistrict, Thanyaburi District, Pathum Thani Province engaged in a 24-week self-management program. The model was grounded in Orem's Self-Care Theory, self-management theory, and Thai traditional medicine concepts. Data were collected through questionnaires, interviews, and clinical records of blood glucose and blood pressure. Quantitative analysis employed descriptive statistics and paired t-tests, while qualitative data were examined using content analysis. Results showed that most participants were female and aged 60 years or older. Post-intervention, mean knowledge scores increased significantly from 7.68 (SD=0.96) to 9.58 (SD=0.54), and health behavior scores improved from 3.19 (SD=0.52) to 4.31 (SD=0.14) ($p<.001$). Clinical outcomes demonstrated reductions in blood glucose from 130.42 (SD=27.76) mg/dl to 123.38 (SD=13.56) mg/dl, and blood pressure from 147.66/91.04 (SD=3.20/3.30) mmHg to 139.30/80.57 (SD=1.97/1.33) mmHg. Overall satisfaction with the model was high, particularly regarding family support. In conclusion, the integrated multi-approach combining community-based practices and self-management effectively improved knowledge, health behaviors, and clinical outcomes, supporting sustainable lifestyle changes among patients with diabetes mellitus and hypertension.

Keywords: self-management, health behaviors, community-based



บทนำ

สถานการณ์โรคไม่ติดต่อเรื้อรัง (NCDs) โดยเฉพาะโรคเบาหวาน (DM) และโรคความดันโลหิตสูง (HT) ในประเทศไทยทวีความรุนแรงขึ้นอย่างต่อเนื่อง (Division of Non-Communicable Diseases, Department of Disease Control, 2023) ข้อมูลสถิติปี 2561-2565 พบว่าอัตราการตายต่อประชากรแสนคนจากโรคเบาหวานเพิ่มจาก 21.87 เป็น 25.87 และโรคความดันโลหิตสูงเพิ่มจาก 13.13 เป็น 15.43 (Division of Non-Communicable Diseases, Department of Disease Control, 2024) จะเห็นได้ว่าอัตราการเสียชีวิตจากทั้ง 2 โรคนี้มีอัตราเพิ่มขึ้น การเจ็บป่วยเหล่านี้ส่งผลกระทบต่อเศรษฐกิจระดับชาติเนื่องจากรัฐต้องใช้งบประมาณมหาศาลในการรักษาพยาบาล การดูแลสุขภาพจากโรคไม่ติดต่อเรื้อรังทั้งจากโรคเบาหวาน

และโรคความดันโลหิตสูงดังกล่าว โดยการฟื้นฟูสมรรถภาพและการจัดบริการอย่างต่อเนื่อง ความสูญเสียทางเศรษฐกิจดังกล่าวสะท้อนถึงความจำเป็นต้องปรับการดูแลจากการมุ่งเน้นการรักษาไปสู่การป้องกันโรคและสร้างเสริมสุขภาพตั้งแต่ระยะเริ่มต้น แนวคิดในการป้องกันและส่งเสริมสุขภาพก่อนการรักษา จึงถือเป็นเป้าหมายสำคัญในการดูแลสุขภาพของประชาชนโดยเฉพาะในกลุ่มโรคไม่ติดต่อเรื้อรังด้วยการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมสุขภาพอย่างเหมาะสม เพื่อเป็นรากฐานสำคัญในการสร้างเสริมสุขภาพอย่างยั่งยืน

จากการแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 (COVID-19) ที่ผ่านมามีพบว่า ชุมชนมีบทบาทสำคัญและแสดงให้เห็นถึงศักยภาพในการดูแลสุขภาพตนเองและชุมชนอย่างชัดเจนทั้งด้านการเฝ้าระวังการป้องกันโรคตามความเชื่อด้วยการนำภูมิปัญญาการแพทย์แผนไทยมาใช้เป็นทางเลือก

ควบคู่กับการรักษาแผนปัจจุบันมาประยุกต์ใช้ในการดูแลและส่งเสริมสุขภาพประชาชนในระดับชุมชน (Chanpasit et al., 2020) แนวทางดังกล่าวมีส่วนช่วยในการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมที่ส่งผลต่อสุขภาพของผู้ป่วยโดยเฉพาะผู้ป่วยกลุ่มโรคเบาหวาน และความดันโลหิตสูง ซึ่งเป็นโรคไม่ติดต่อเรื้อรังที่พบได้ในชุมชน ด้วยรูปแบบการดูแลสุขภาพตามวิถีชุมชน มีความหลากหลายแตกต่างกันไปตามบริบทของพื้นที่ สังคมและวัฒนธรรมหรือวิถีชีวิต ทั้งนี้ความหมายของวิถีชีวิตในการศึกษานี้ อาจสรุปได้ว่าหมายถึง การผสมผสานองค์ความรู้จากหลายศาสตร์และหลายวิถีชีวิตชุมชนเข้าด้วยกัน เพื่อสร้างรูปแบบการดูแลสุขภาพที่เหมาะสมกับบริบทไทยและตอบโจทย์การจัดการโรคเบาหวานและความดันโลหิตสูงอย่างยั่งยืน (Boocha & Ploylearmsang, 2023) โดยการนำไปใช้จำเป็นต้องคำนึงถึงความเหมาะสมสอดคล้องกับบริบทของสังคมและชุมชนนั้น ๆ เช่น การให้ความรู้ผ่านสื่อชุมชน เสียงตามสาย คู่มือสุขภาพ สื่อออนไลน์ เพื่อสร้างความตระหนักรู้และความรู้ในการดูแลตนเอง (Phuwilert et al., 2026) การส่งเสริมการตรวจสุขภาพและติดตามผล เช่น การจัดกิจกรรมตรวจสุขภาพประจำปี และการใช้แอปพลิเคชันออนไลน์ติดตามระดับน้ำตาลและความดันโลหิต (Boocha & Ploylearmsang, 2023) การใช้ภูมิปัญญาแพทย์แผนไทย เช่น การใช้สมุนไพร การอบสมุนไพร และการใช้สมุนไพรเพื่อเสริมสร้างสมดุลด้านกายานามัย จิตตานามัย และชีวิตานามัย (Division of Complementary and Alternative Medicine, 2023)

แต่อย่างไรก็ตามที่ผ่านมาพบว่าการดำเนินงานตามแนวทางดังกล่าวยังขาดหลักฐานเชิงประจักษ์ว่า การบูรณาการวิถีชุมชน ภูมิปัญญาไทย เทคโนโลยี และการจัดการตนเองจะสามารถยกระดับผลลัพธ์ทางสุขภาพของผู้ป่วยเบาหวานและความดันโลหิตสูงได้จริงและยั่งยืน (Boocha & Ploylearmsang, 2023; Phuwilert et al., 2026) งานวิจัยที่ผ่านมาเน้นการรักษาด้วยยาเป็นหลัก แต่ยังไม่ชัดเจนว่า การใช้แนวทางแบบวิถีชีวิตที่ผสมผสานการสร้างความรู้ การสนับสนุนจากครอบครัวและชุมชน การใช้สมุนไพร และการติดตามผ่านเทคโนโลยี จะช่วยให้ผู้ป่วยปรับเปลี่ยนพฤติกรรมสุขภาพและควบคุมระดับน้ำตาลกับความดันโลหิตได้ดีกว่าเดิม ช่องว่างนี้จึงเป็นแรงผลักดันให้เกิดการศึกษานี้ เพื่อพิสูจน์ว่ารูปแบบการดูแลสุขภาพตามวิถี

ชุมชนสามารถสร้างผลลัพธ์ที่มีประสิทธิภาพและตอบโจทย์บริบทสังคมไทยได้อย่างแท้จริง

ดังนั้นการพัฒนารูปแบบการดูแลสุขภาพตามวิถีชุมชน “พหุวิถี” ควรต้องบูรณาการองค์ความรู้จากวิถีชุมชนด้านภูมิปัญญาการแพทย์แผนไทยตามหลักธรรมานามัย (Division of Complementary and Alternative Medicine, Department of Thai Traditional and Alternative Medicine, 2022) เข้ากับการจัดการตนเองด้านสุขภาพของผู้ป่วย ซึ่งเป็นแนวทางสำคัญที่จะช่วยส่งเสริมให้ผู้ป่วยสามารถดูแลสุขภาพของตนเองได้สอดคล้องกับวิถีชีวิตของชุมชนได้มากขึ้น

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อพัฒนารูปแบบการดูแลสุขภาพผู้ป่วยโรคเบาหวานและโรคความดันโลหิตสูงตามวิถีชุมชนที่เหมาะสมกับบริบทพื้นที่
2. เพื่อทดลองใช้รูปแบบการดูแลสุขภาพที่พัฒนาขึ้นกับกลุ่มเป้าหมายในระยะเวลาที่กำหนด
3. เพื่อประเมินผลสัมฤทธิ์ของรูปแบบในด้านความรู้ พฤติกรรมสุขภาพ และผลลัพธ์ทางคลินิก

สมมติฐาน

1. รูปแบบการดูแลสุขภาพผู้ป่วยโรคเบาหวานและโรคความดันโลหิตสูงตามวิถีชุมชนที่พัฒนาขึ้น สามารถช่วยควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดของผู้ป่วยได้ดีกว่าการดูแลสุขภาพแบบเดิมที่เน้นการใช้ยาแผนปัจจุบันเพียงอย่างเดียว
2. รูปแบบการดูแลสุขภาพผู้ป่วยโรคเบาหวานและโรคความดันโลหิตสูงตามวิถีชุมชนที่พัฒนาขึ้น สามารถช่วยควบคุมระดับความดันโลหิตของผู้ป่วยได้ดีกว่าการดูแลสุขภาพแบบเดิมที่เน้นการใช้ยาแผนปัจจุบันเพียงอย่างเดียว
3. รูปแบบการดูแลสุขภาพผู้ป่วยโรคเบาหวานและโรคความดันโลหิตสูงตามวิถีชุมชนที่พัฒนาขึ้น สามารถช่วยให้ผู้ป่วยมีความรู้ในการดูแลตนเองดีขึ้น

กรอบแนวคิดในการวิจัย

จากการทบทวนการศึกษาวิจัยที่ผ่านมา ผู้วิจัยได้บูรณาการ 3 ทฤษฎีหลัก ประกอบด้วย ทฤษฎีการดูแลสุขภาพตนเองของโอเร็ม ทฤษฎีการจัดการตนเอง และแนวคิดการแพทย์แผนไทย ซึ่งสามารถสรุปทฤษฎีหลักทั้ง 3 โดยย่อได้ ดังนี้

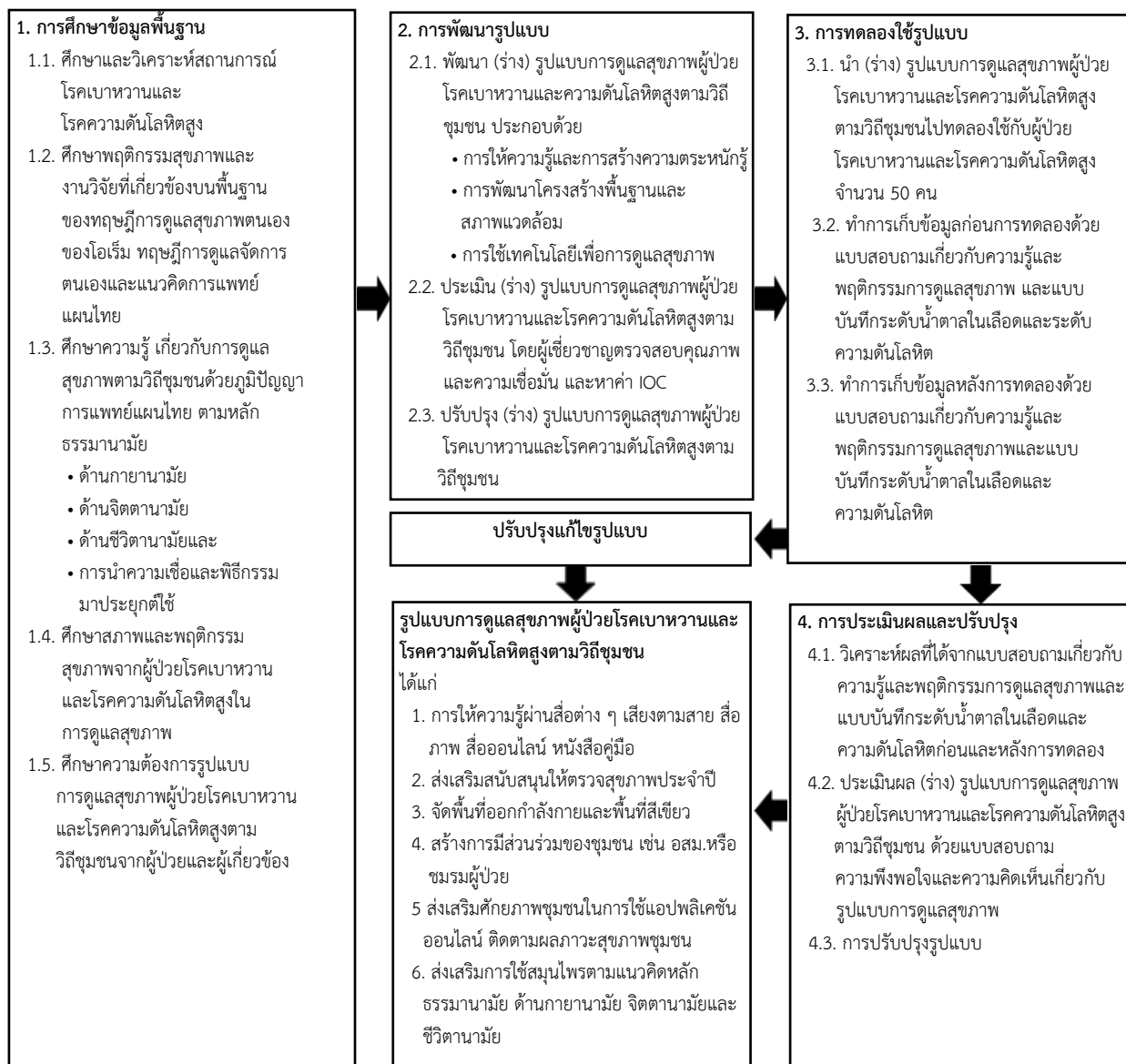
ทฤษฎีการดูแลสุขภาพตนเองของโอเร็ม โดยมุ่งเน้นว่า มนุษย์มีความสามารถในการดูแลสุขภาพของตนเอง แต่เมื่อเกิดภาวะเจ็บป่วยหรือข้อจำกัดบางประการ บุคคลอาจไม่สามารถตอบสนองความต้องการด้านสุขภาพได้ครบถ้วน จึงเกิด “ความพร่องในการดูแลตนเอง” ซึ่งเป็นจุดที่พยาบาลต้องเข้ามาช่วยเหลือ สนับสนุน หรือทดแทนเพื่อให้ผู้ป่วยกลับมามีศักยภาพในการดูแลตนเองได้อีกครั้ง แนวคิดนี้จึงเป็นพื้นฐานสำคัญในการกำหนดบทบาทของพยาบาลในการส่งเสริมการฟื้นฟูสมรรถนะและการพึ่งพาตนเองของผู้ป่วย (Hassan et al., 2025)

ทฤษฎีการจัดการตนเอง อธิบายว่า บุคคลสามารถควบคุมพฤติกรรมและสภาพแวดล้อมของตนเพื่อบรรเทาอาการเจ็บป่วย โดย Kanfer และ Gaelick-Buys (Boocha & Ploylearmsang, 2023) เสนอว่า กระบวนการกำกับตนเองประกอบด้วย การติดตามตนเอง การประเมินตนเอง และการเสริมแรงตนเอง ส่วน Creer (Hassan et al., 2025) มองว่า การจัดการตนเองเกิดขึ้นเมื่อบุคคลมีภาวะเจ็บป่วยและอยู่ระหว่างการรักษา โดยมีขั้นตอนตั้งแต่การตั้งเป้าหมาย การเก็บ และประเมินข้อมูล การตัดสินใจ การลงมือปฏิบัติ ไปจนถึงการสะท้อนคิด ทั้งสองแนวคิดสะท้อนว่า การจัดการตนเองเป็นกระบวนการที่ต้องอาศัยปัจจัยส่วนบุคคล สรีรวิทยา และสภาพแวดล้อมเพื่อสร้างการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมสุขภาพอย่างมีประสิทธิภาพ (Hassan et al., 2025) ประกอบด้วย การให้ความรู้และการสร้างความตระหนักรู้ผ่านสื่อต่าง ๆ ที่เข้าถึงการสนับสนุน การตรวจสุขภาพและการจัดการสุขภาพในชุมชน การพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานและสภาพแวดล้อม ด้านพื้นที่ออกกำลังกายและพื้นที่สีเขียว การมีส่วนร่วมของชุมชนอาสาสมัคร และชมรมผู้ป่วย การใช้เทคโนโลยี ติดตามผลดูแลสุขภาพ และการประยุกต์ใช้การแพทย์แผนไทย

แนวคิดการแพทย์แผนไทย อธิบายว่า เป็นระบบ

การดูแลสุขภาพแบบองค์รวมที่ผสมผสานการตรวจวินิจฉัย บำบัด รักษา ป้องกันโรค และการส่งเสริมสุขภาพ โดยอิงแนวคิดเรื่องความสมดุลของธาตุทั้งสี่ ได้แก่ ไฟ ลม น้ำ และดิน การรักษาโดยใช้สมุนไพร ด้วยการต้ม อบ ประคบ การนวด และการดัด การดัด รวมถึงพิธีกรรมและคติทางพุทธเพื่อดูแลสุขภาพจิต อีกทั้งยังเชื่อมโยงกับความเชื่อเรื่องสิ่งเหนือธรรมชาติ ความไม่สมดุลทางธรรมชาติ และพลังจักรวาล การแพทย์แผนไทยจึงสะท้อนภูมิปัญญาที่สืบทอดจากรุ่นสู่รุ่นและกลายเป็นวัฒนธรรมการดูแลสุขภาพที่เข้าถึงได้ทุกเพศ ทุกวัย ทุกศาสนา จุดเด่นคือ ความประหยัดโดยใช้สมุนไพรและอาหารเป็นยา สอดคล้องกับวัฒนธรรมไทย และสามารถประยุกต์ร่วมกับการแพทย์แผนปัจจุบันได้อย่างเหมาะสม ซึ่งหลักสำคัญของแนวคิดการแพทย์แผนไทยในการวิจัยครั้งนี้ คือ หลักธรรมานามัย ด้านกายานามัย จิตตานามัยและชีวิตานามัย เพื่อเสริมสร้างสมดุลสุขภาพที่ยั่งยืน (Division of Complementary and Alternative Medicine, Department of Thai Traditional and Alternative Medicine, 2023)

ประกอบกับการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้เลือกรูปแบบแนวทางการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม (participatory action research) ผ่านการมีส่วนร่วมของผู้ร่วมงานวิจัย เพื่อการพัฒนารูปแบบการดูแลสุขภาพผู้ป่วยโรคเบาหวานและโรคความดันโลหิตสูงตามวิถีชุมชน โดยแบ่งกรอบการวิจัยเป็น 4 ขั้นตอน ประกอบด้วย (1) การศึกษาข้อมูลพื้นฐาน (2) การพัฒนารูปแบบ (3) การทดลองใช้รูปแบบ และ (4) การประเมินผลและปรับปรุง จึงทำให้สามารถนำมากำหนดเป็นขั้นตอนการวิจัยได้ ดังภาพ 1



ภาพ 1 ขั้นตอนการวิจัย

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยแบบผสมผสาน (mixed methods) โดยใช้การวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม (PAR) ร่วมกับการวิจัยกึ่งทดลอง (quasi-experimental)

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ผู้ป่วยด้วยโรคเบาหวานและโรคความดันโลหิตสูง ซึ่งอาศัยอยู่ในชุมชน มีประวัติได้รับการดูแลรักษาจากโรงพยาบาลคลองหลวง ตำบลคลองหก อำเภอกองหลวง จังหวัดปทุมธานี และโรงพยาบาลธัญบุรี ตำบลรังสิต อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี

การกำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่างดำเนินการด้วยโปรแกรม GPower ซึ่งใช้สำหรับการวิจัยเชิงทดลอง กำหนดระดับนัยสำคัญที่ 0.05 (α) กำลังการทดสอบ (power) ที่ 0.80 ขนาดอิทธิพล (effect size) ที่ระดับปานกลาง (0.5) จะได้จำนวนกลุ่มตัวอย่างขั้นต่ำประมาณ 34 คน อย่างไรก็ตาม เพื่อป้องกันการสูญเสียข้อมูลจากการขาดการติดตาม ผู้วิจัยได้เพิ่มจำนวนกลุ่มตัวอย่างเป็น 50 คน ซึ่งสอดคล้องกับข้อเสนอของ Flanagan and Beck (2026) ที่ระบุว่า การวิจัยเชิงทดลองควรมีจำนวนไม่น้อยกว่า 30 คนต่อกลุ่มเพื่อให้ผลการวิเคราะห์มีความน่าเชื่อถือ

จากผลการคำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้จึงได้แก่ ผู้ป่วยโรคเบาหวานและโรคความดันโลหิตสูงจำนวน 50 คน ที่ได้รับการคัดเลือกแบบเจาะจง (purposive sampling) ตามเกณฑ์ที่กำหนด โดยเป็นกลุ่มตัวอย่างที่ป่วยมาแล้วอย่างน้อย 1 ปี อายุ 20 ปีขึ้นไป ช่วยเหลือตนเองได้ และสนใจ ใช้ระยะเวลาในการดำเนินการ 10 เดือน (พฤษภาคม 2568-กุมภาพันธ์ 2569) โดยมีการทดลองเข้มข้น 24 สัปดาห์

ขั้นตอนการวิจัย ประกอบด้วย (1) ศึกษาข้อมูลพื้นฐาน (2) พัฒนารูปแบบ (3) ทดลองใช้ และ (4) ประเมินผลและปรับปรุง โดยมีกิจกรรมหลัก ได้แก่ การตั้งเป้าหมายในสัปดาห์ที่ 1-2 โดยผู้วิจัยดำเนินการชี้แจงให้ความรู้ตามรูปแบบการดูแลสุขภาพผู้ป่วยโรคเบาหวานและโรคความดันโลหิตสูงตามวิถีชุมชน และให้กลุ่มตัวอย่างตั้งเป้าหมายในการดูแลสุขภาพตามแนวทางของรูปแบบ ฯ การติดตามตนเองที่บ้านในสัปดาห์ที่ 3-23 และการเยี่ยมบ้าน/โทรศัพท์ติดตามในสัปดาห์ที่ 6 10 12-13 14 18 และ 22 การเก็บรวบรวมข้อมูลจากการศึกษาวิจัย จะดำเนินการ 2 ครั้งด้วยแบบสอบถามเกี่ยวกับความรู้และพฤติกรรมดูแลสุขภาพตามแนวทางการบูรณาการ 3 ทฤษฎีหลัก ประกอบด้วย ทฤษฎีการดูแลสุขภาพตนเองของโอเร็ม ทฤษฎีการจัดการตนเอง และแนวคิดการแพทย์แผนไทย แบบบันทึกระดับน้ำตาลในเลือดและความดันโลหิต โดยครั้งแรกจะดำเนินการก่อนการใช้รูปแบบการดูแลสุขภาพผู้ป่วยโรคเบาหวานและโรคความดันโลหิตสูงตามวิถีชุมชน กับกลุ่มผู้ป่วยโรคเบาหวานและโรคความดันโลหิตสูง และครั้งที่ 2 หลังจากในกลุ่มตัวอย่างมีการใช้รูปแบบ ฯ ไปแล้ว 24 สัปดาห์ การดำเนินงานตามกิจกรรมต่าง ๆ โดยผู้วิจัยและผู้ช่วย ส่วนการวัดเพื่อบันทึกระดับน้ำตาลในเลือดและความดันโลหิต จะดำเนินการเมื่อกลุ่มตัวอย่างได้รับการคัดเลือกเข้าร่วมการวิจัย ซึ่งดำเนินการเมื่อผู้ป่วยเข้ามาพบแพทย์ตามนัด และมีการเก็บข้อมูลระดับน้ำตาลในเลือด (FBS) และความดันโลหิตตามปกติ เป็นการดำเนินการก่อนเข้าร่วมการวิจัย และดำเนินการอีกครั้งเมื่อสิ้นสุดการวิจัย จากนั้นนำข้อมูลที่ได้ของกลุ่มตัวอย่างแต่ละคนมาหาค่าเฉลี่ย การดำเนินงานเก็บข้อมูลนี้ดำเนินการโดยเจ้าหน้าที่และเครื่องมือตามมาตรฐานของโรงพยาบาล

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลโดยข้อมูลส่วน

บุคคลทำการวิเคราะห์เชิงพรรณนา (descriptive analysis) เพื่ออธิบายลักษณะประชากรและผลลัพธ์ของการทดลอง และการวิเคราะห์เชิงเปรียบเทียบ (comparative analysis) เพื่อการเปรียบเทียบผลลัพธ์ก่อนและหลังการทดลอง วิเคราะห์โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป กำหนดค่าระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 ได้แก่ การแจกแจงความถี่ (frequency) ร้อยละ (percentage) ค่าเฉลี่ย (mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ส่วนการเปรียบเทียบผลลัพธ์ก่อนและหลังการทดลอง ทำการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงเปรียบเทียบ ซึ่งจากผลการทดสอบสมมติฐานด้วย Wilcoxon sign-rank test ($p < .001$) และผลสามารถใช้สถิติ t-test และข้อมูลเชิงคุณภาพจากการสัมภาษณ์ ใช้การวิเคราะห์เนื้อหา (content analysis)

เครื่องมือในการวิจัยและคุณภาพของเครื่องมือ

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย

1. รูปแบบการดูแลสุขภาพผู้ป่วยโรคเบาหวานและโรคความดันโลหิตสูงตามวิถีชุมชน เป็นรูปแบบที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นตามแนวคิดทฤษฎีการดูแลสุขภาพตนเองของโอเร็ม ทฤษฎีการจัดการตนเอง และแนวคิดการแพทย์แผนไทยโดยนำมาประยุกต์เป็นรูปแบบการดูแลสุขภาพผู้ป่วยโรคเบาหวานและโรคความดันโลหิตสูงตามวิถีชุมชน ประกอบด้วย (1) การให้ความรู้และการสร้างความตระหนักรู้ (2) การสนับสนุนด้านการจัดการสุขภาพ (3) การพัฒนาโครงการพื้นฐานและสภาพแวดล้อม (4) การมีส่วนร่วมของชุมชน (5) การใช้เทคโนโลยีเพื่อการดูแลสุขภาพ และ (6) พฤติกรรมในการดูแลสุขภาพ ตามแนวคิดการแพทย์แผนไทยมาประยุกต์ใช้โดยรูปแบบการดูแลสุขภาพผู้ป่วยโรคเบาหวานและโรคความดันโลหิตสูงตามวิถีชุมชน ประกอบด้วยกิจกรรมการดำเนินงาน เช่น การใช้สมุนไพร การบริโภคตามธาตุเจ้าเรือน และการออกกำลังกายแบบไทย จำนวน 24 สัปดาห์ โดยผู้ป่วยจะได้รับแบบบันทึกพฤติกรรมสุขภาพตามวิถีชุมชน เพื่อบันทึกพฤติกรรมตลอดระยะเวลาการดำเนินงาน

2. คู่มือการดูแลสุขภาพตามวิถีชุมชน ครอบคลุมเรื่องยา สมุนไพร การบริโภคตามธาตุเจ้าเรือน และการออกกำลังกายแบบไทยทำฤๅษีตัดตน เพื่อให้กลุ่มตัวอย่างศึกษาและปฏิบัติตาม โดยมีการแนะนำเบื้องต้นโดยผู้วิจัย

3. แบบสอบถาม เพื่อการวัดความรู้และพฤติกรรมสุขภาพ ข้อคำถามแบ่งออกเป็นตอนที่ 1 ข้อมูลส่วนบุคคล ตอนที่ 2 ความรู้ในการดูแลสุขภาพ ตอนที่ 3 พฤติกรรมการดูแลสุขภาพ และแบบสอบถามความพึงพอใจและความคิดเห็น โดยข้อคำถามของแบบสอบถามมีลักษณะเป็นคำตอบถูก-ผิด และแบบมาตราส่วนประมาณค่า (rating scale) มี 5 ระดับ คำถามด้านบวกให้คะแนน 5 4 3 2 และ 1 ส่วนด้านลบให้คะแนน 1 2 3 4 และ 5 และแบบสอบถามความพึงพอใจ เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (rating scale) มี 5 ระดับ ตามความคิดเห็นมากที่สุด ถึงน้อยที่สุด คะแนน 5 4 3 2 และ 1

4. แบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง สำหรับการสนทนากลุ่มเพื่อเจาะลึกปัญหาและอุปสรรค โดยจะดำเนินการกับกลุ่มตัวอย่างที่มีความพร้อมในการเข้ารับการสัมภาษณ์จำนวน 20 คน

5. เครื่องมือมาตรฐานทางคลินิก ได้แก่ เครื่องเจาะน้ำตาลและเครื่องวัดความดันโลหิต

การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูล โดยใช้การหาความตรงเชิงโครงสร้าง (construct validity) ความตรงของเนื้อหา (content validity) ซึ่งผลการวิเคราะห์ construct validity ด้วย CFA พบว่าแบบสอบถามมีความตรงเชิงโครงสร้างทั้งในด้าน convergent และ discriminant validity ตามเกณฑ์มาตรฐานของ Hair et al. (2019) และผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ให้ความคิดเห็นเพื่อหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item Objective Consistency: IOC) และเลือกข้อคำถามที่มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.5-1.0 ขึ้นไปเป็นข้อคำถามที่มีความเที่ยงตรงเหมาะสมที่จะนำมาใช้เป็นคำถาม ส่วนการตรวจสอบค่าความเชื่อมั่น (reliability) ผู้วิจัยได้ดำเนินการตรวจสอบค่าความเชื่อมั่นดำเนินการโดยนำแบบสอบถามไปทดลองใช้ (try out) กับผู้ป่วยโรคเบาหวานและโรคความดันโลหิตสูงจากชุมชนอื่น ๆ ที่มีลักษณะผู้ป่วยโรคเบาหวานและโรคความดันโลหิตสูงใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่างที่ทำการศึกษาก่อนจำนวน 30 คน และทำการหาความเชื่อมั่นของเครื่องมือ (reliability) โดยใช้การวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's Alpha Coefficient) แบบสอบถามที่มีความเชื่อมั่นมีค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาคมากกว่า 0.7 ขึ้นไป โดยค่าความเชื่อมั่นด้านการจัดการตนเองด้าน

พฤติกรรมสุขภาพ คือ 0.84 ด้านการใช้ภูมิปัญญาท้องถิ่นและแพทย์แผนไทย คือ 0.89 และด้านการมีส่วนร่วมในชุมชนและการใช้เทคโนโลยี คือ 0.88 และจากการวิเคราะห์พบว่า ค่าความเชื่อมั่นของเครื่องมือโดยรวมได้ 0.87 ซึ่งแสดงว่า เครื่องมือที่พัฒนาขึ้นมีค่าความเชื่อมั่นที่ยอมรับได้

การพิทักษ์สิทธิกลุ่มตัวอย่าง

งานวิจัยได้ผ่านการรับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ จากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย ตามเอกสารการรับรองเลขที่ SN 2567-30 รหัสโครงการ 23-2567 รับรองวันที่ 21 เมษายน 2568 วันที่หมดอายุ 22 เมษายน 2569

ผลการวิจัย

ผลการวิจัยสามารถสรุปตามประเด็นต่าง ๆ คือ ข้อมูลส่วนบุคคลของกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง อายุ 60 ปีขึ้นไป ได้รับการศึกษาในระดับมัธยมศึกษา มีอาชีพรับจ้างทั่วไป ส่วนใหญ่ป่วยเป็นโรคความดันโลหิตสูง โดยป่วยมาแล้ว 1-3 ปี ด้านความรู้ในการดูแลสุขภาพพบว่า ภายหลังการเข้าร่วมกิจกรรม กลุ่มตัวอย่างมีคะแนนเฉลี่ยความรู้เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .001$) โดยมีคะแนนเฉลี่ยเพิ่มจาก 7.68 (SD=0.96) เป็น 9.58 (SD=0.54) โดยก่อนการทดลองกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่อยู่ในระดับปานกลาง (ร้อยละ 82.00) แต่หลังการทดลองส่วนใหญ่อยู่ในระดับสูง (ร้อยละ 98.00) ส่วนด้านพฤติกรรมการดูแลสุขภาพ พบว่า พฤติกรรมโดยรวมดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .001$) โดยคะแนนเฉลี่ยรวมทุกด้านเพิ่มจาก 3.19 (SD=0.52) เป็น 4.31 (SD=0.14) โดยเฉพาะด้านการจัดการตนเองที่เพิ่มขึ้นเป็น 4.72 (SD=0.21) และด้านการใช้การแพทย์แผนไทยและภูมิปัญญาที่เพิ่มขึ้นเป็น 4.02 (SD=0.16) ส่วนด้านผลลัพธ์ทางคลินิก พบว่า กลุ่มตัวอย่างมีระดับน้ำตาลในเลือดลดลงจากค่าเฉลี่ย 130.42 mg/dl (SD=27.76) เป็น 110.42 mg/dl (SD=9.91) และมีค่าความดันโลหิตลดลงจากค่าเฉลี่ยตัวบน (SBP) 147.66 mmHg (SD=3.20) เป็น 139.30 mmHg (SD=1.97) และค่าเฉลี่ยตัวล่าง (DBP) 91.04 mmHg (SD=3.30) เป็น 80.57 mmHg (SD=1.33) และจากการสัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่าง

เข้าใจว่าปัจจัยเสี่ยงโรคเบาหวานและโรคความดันโลหิตสูงมาจากพฤติกรรมการรับประทานอาหารหวาน มัน เค็ม แป้งมากเกินไป ร่วมกับความเครียด พักผ่อนน้อย และไม่ออกกำลังกาย โดยการป้องกันคือรับประทานอาหารครบ 5 หมู่ เน้นผัก ผลไม้ ปลา ข้าวกล้อง ลดรสจัด ออกกำลังกาย พักผ่อน และรับประทานยาตามแพทย์สั่งพร้อมวัดความดันโลหิต และการตรวจน้ำตาลในเลือดสม่ำเสมอ ให้ความสำคัญกับการดูแลตนเองทั้งการบันทึกสุขภาพ และการสังเกตอาการ โดยมีลูกหลานช่วยกำกับดูแลการใช้สมุนไพรและภูมิปัญญาไทยบ้าง เช่น ฟ้าทะลายโจร มะขามแขก การนวดและอบสมุนไพร แต่มีข้อจำกัดและความกังวลต่อไต ระบบสนับสนุนจากครอบครัว อสม. และเพื่อนบ้านช่วยส่งเสริมสุขภาพ กิจกรรมสังคมและแรงบันดาลใจจากบุคคลหรือสื่อมีบทบาท แม้อุปสรรคคือเวลา ร่างกายไม่พร้อม และการตามใจปาก สุดท้ายเสนอให้เพิ่มการประชาสัมพันธ์และกิจกรรมเพื่อสร้างแรงจูงใจและความเอื้อเฟื้อในชุมชนกับข้อความที่ว่า

“กินปลาเป็นหลัก กินผักเป็นพื้น กินผลไม้ตามฤดูกาล เพื่อสร้างสุขภาพดี”

“กินหวาน มัน เค็ม กินข้าว ขนมน้อย ทำให้เป็นโรคเบาหวาน ความดัน”

“การไม่เครียด ออกกำลังกาย พักผ่อนให้เพียงพอ จะช่วยในการรักษาอาการของโรคได้”

“การใช้สมุนไพรสามารถช่วยในการดูแลโรคได้”

“ครอบครัว อสม. ชุมชน เข้ามาช่วยในการดูแลสุขภาพ ทำให้เราสามารถดูแลตนเองได้ดีขึ้น”

กลุ่มตัวอย่างมีความพึงพอใจต่อการใช้รูปแบบการดูแลสุขภาพผู้ป่วยโรคเบาหวานและโรคความดันโลหิตสูงตามวิถีชุมชนในภาพรวมอยู่ที่คะแนนเฉลี่ย 3.82 (SD=0.29) ซึ่งอยู่ในระดับปานกลางถึงสูง โดยมีความพึงพอใจต่อความช่วยเหลือจากครอบครัวในระดับสูงมาก คะแนนเฉลี่ย 4.34 (ดังตาราง 1-4)

ตาราง 1

การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยรวมความรู้ พฤติกรรมในการดูแลสุขภาพของผู้ป่วยโรคเบาหวานและโรคความดันโลหิตสูงรวมทุกด้านก่อนและหลังการทดลอง (n=50)

การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยรวมความรู้ พฤติกรรมในการดูแลสุขภาพของผู้ป่วยโรคเบาหวานและโรคความดันโลหิตสูงรวมทุกด้าน	$\bar{x}$	SD	t	df	p-value	สรุป
ความรู้ก่อนการทดลอง	7.68	0.96	-14.10	49.00	< .001	แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ
ความรู้หลังการทดลอง	9.58	0.54				
พฤติกรรมก่อนการทดลอง	3.19	0.52	-17.65	49.00	<.001	แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ
พฤติกรรมหลังการทดลอง	4.31	0.14				

ตาราง 2

ค่าเฉลี่ยระดับน้ำตาลในเลือดของผู้ป่วยโรคเบาหวานและโรคความดันโลหิตสูง ก่อนและหลังการทดลอง (n = 50)

ค่าเฉลี่ยระดับน้ำตาลในเลือดของผู้ป่วยโรคเบาหวานและโรคความดันโลหิตสูง ก่อนและหลังการทดลอง (mg/dl)	$\bar{x}$	SD
ความรู้ก่อนการทดลอง	130.42	27.76
ความรู้หลังการทดลอง	110.42	9.91

ตาราง 3

ค่าเฉลี่ยความดันโลหิตของผู้ป่วยโรคเบาหวานและโรคความดันโลหิตสูง ก่อนและหลังการทดลอง (n=50)

ค่าเฉลี่ยความดันโลหิตของผู้ป่วยโรคเบาหวานและโรคความดันโลหิตสูงก่อนและหลังการทดลอง (mmHg)	$\bar{x}$		SD	
	บน	ล่าง	บน	ล่าง
ก่อนการทดลอง	147.66	91.04	3.20	3.30
หลังการทดลอง	139.30	80.57	1.97	1.33

ตาราง 4

ระดับความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างผู้ป่วยโรคเบาหวานและโรคความดันโลหิตสูงเกี่ยวกับรูปแบบการดูแลสุขภาพผู้ป่วยโรคเบาหวานและความดันโลหิตสูงตามวิถีชุมชน (n=50)

ระดับความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างผู้ป่วยโรคเบาหวานและโรคความดันโลหิตสูงเกี่ยวกับรูปแบบการดูแลสุขภาพผู้ป่วยโรคเบาหวานและโรคความดันโลหิตสูงตามวิถีชุมชน	จำนวน	ร้อยละ
ระดับสูง	25	50.00
ระดับปานกลาง	20	40.00
ระดับต่ำ	5	10.00

จากผลการวิจัยได้นำมาพัฒนารูปแบบการดูแลสุขภาพผู้ป่วยโรคเบาหวานและโรคความดันโลหิตสูงในชุมชน ดังนี้ (1) การให้ความรู้ผ่านสื่อต่าง ๆ เช่น เสียงตามสาย สื่อภาพ สื่อออนไลน์ หนังสือคู่มือ (2) ส่งเสริมสนับสนุนให้ตรวจสุขภาพประจำปี (3) จัดพื้นที่ออกกำลังกายและพื้นที่สีเขียว (4) สร้างการมีส่วนร่วมของชุมชน เช่น อสม.หรือชมรม (5) ส่งเสริมศักยภาพชุมชนในการใช้แอปพลิเคชันออนไลน์ติดตามภาวะสุขภาพ ชุมชนและ (6) ส่งเสริมการใช้สมุนไพรพื้นบ้าน ตามแนวคิดหลักกรรมานามัยด้านกายานามัยจิตตานามัย และชีวิตานามัย เพื่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงและพัฒนาการดูแลสุขภาพผู้ป่วยโรคเบาหวานและโรค

ความดันโลหิตสูงตามวิถีชุมชนในทุกด้าน ในคู่มือมีเนื้อหาความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับโรคเบาหวานและโรคความดันโลหิตสูง การใช้ยา การนำภูมิปัญญาการแพทย์แผนไทยรักษาโรคเบาหวาน และโรคความดันโลหิตสูง ได้แก่ การใช้พืชสมุนไพร การนำหลักกรรมานามัยดูแลสุขภาพ ทั้ง 3 ด้าน คือ (1) ด้านกายานามัย: การรับประทานอาหารตามธาตุเจ้าเรือน ไฟ ลม น้ำ ดิน การออกกำลังกายด้วยท่าฤาษี ดัดตน การนวดเท้าผู้ป่วยเบาหวานด้วยตนเอง การแช่เท้าผู้ป่วยเบาหวานด้วยการใช้สมุนไพรและการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมบริโภค (2) ด้านจิตตานามัย: การปฏิบัติธรรมเพื่อฝึกจิต การให้ทาน การรักษาศีล (3) ด้านชีวิตานามัย:

เป็นการดำเนินชีวิตทางสายกลาง ยึดถือความประหยัด ประกอบอาชีพด้วยความถูกต้อง ซื่อสัตย์ สุจริต และปฏิบัติตนในแนวทางที่ดี

สรุปและอภิปราย

ผลการวิจัยยืนยันว่า รูปแบบพฤติกรรมตามวิถีชุมชนสามารถควบคุมโรคเบาหวานและความดันโลหิตสูงได้อย่างมีประสิทธิภาพ สอดคล้องกับสมมติฐาน โดยผู้ป่วยมีพฤติกรรมสุขภาพดีขึ้นจากการสนับสนุนและให้ความรู้ตามระบบ Educative-supportive system ของทฤษฎีโอเอเอ็ม (Hassan et al., 2025) ซึ่ง อสม. และครอบครัวมีบทบาทสำคัญในการชี้นำและติดตามอย่างใกล้ชิด

การบูรณาการ หลักธรรมานามัยและภูมิปัญญาไทย เช่น การนวดไทย การฝึกสมาธิ และการใช้สมุนไพรพื้นบ้าน (มะระขี้นก กระเทียม คื่นช่าย กระเจี๊ยบแดง) ช่วยลดความเครียดและปรับสมดุลกายใจ ส่งผลให้ระดับน้ำตาลและความดันโลหิตลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .001$) หลังการทดลอง 24 สัปดาห์ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยในประเทศไทยที่พบว่า การใช้สมุนไพรและการแพทย์แผนไทยร่วมกับการดูแลสุขภาพตนเองช่วยลดความเสี่ยงโรคเรื้อรัง (Boocha & Ploylearmsang, 2023; Bunpean et al., 2022) และสอดคล้องกับงานวิจัยต่างประเทศที่ชี้ว่า การสนับสนุนจากครอบครัวและชุมชนช่วยเพิ่มพฤติกรรมสุขภาพและลดภาวะแทรกซ้อนในผู้ป่วยเรื้อรัง (Hassan et al., 2025; Global Alliance for Chronic Diseases [GACD], 2025; Roning et al., 2021) รวมทั้ง อสม. และครอบครัวของผู้ป่วยโรคเรื้อรังจะได้รับการให้ความรู้จากโครงการอบรมของหน่วยงานต่าง ๆ ที่มีความร่วมมือกับโรงพยาบาลต่าง ๆ (Department of Health, 2020; Division of Complementary and Alternative Medicine, Department of Thai Traditional and Alternative Medicine, 2023) จึงมีส่วนช่วยในการสนับสนุนการดูแลสุขภาพของผู้ป่วย

รูปแบบพฤติกรรมวิถีชุมชนที่ประกอบด้วยองค์ประกอบหลัก 6 ด้าน ได้แก่ การให้ความรู้และสร้างความตระหนัก การสนับสนุนการจัดการสุขภาพ การพัฒนาโครงสร้างพื้นฐาน การมีส่วนร่วมของชุมชน การใช้เทคโนโลยี และการใช้แพทย์แผนไทยและภูมิปัญญาไทย สามารถควบคุมโรคเบาหวาน

และโรคความดันโลหิตสูงได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยผลการทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง 50 คนสะท้อนว่าความรู้และพฤติกรรมสุขภาพเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ และผลลัพธ์ทางคลินิกลดลงอย่างชัดเจน

เมื่อพิจารณาความสอดคล้องกับงานวิจัยในประเทศไทย พบว่า Boocha and Ploylearmsang (2023) รายงานว่าการพัฒนารูปแบบดูแลผู้ป่วยโรคเบาหวานโดยเครือข่ายชุมชนตาม Chronic Care Model ทำให้ความรู้และพฤติกรรมสุขภาพของผู้ป่วยและครอบครัวเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งสอดคล้องกับองค์ประกอบด้านการให้ความรู้และการสนับสนุนการจัดการสุขภาพ ขณะที่ Petmaneechot and Surangsee (2026) พบว่า การใช้รูปแบบการดูแลโรคความดันโลหิตสูงที่นำโดยแพทย์ร่วมกับอาสาสมัครในชุมชนชนบทของไทย ทำให้ผู้ป่วยใหม่สามารถควบคุมโรคความดันโลหิตได้ สะท้อนถึงบทบาทของโครงสร้างพื้นฐานและการมีส่วนร่วมของชุมชนที่ช่วยให้การจัดการโรคเรื้อรังมีประสิทธิภาพ

ในระดับสากล งานวิจัยของ Hassan et al. (2025) ทบทวนเชิงคุณภาพเกี่ยวกับการจัดการโรคเรื้อรังในประเทศรายได้ต่ำและปานกลาง พบว่า การสนับสนุนจากชุมชนและการมีส่วนร่วมของผู้นำท้องถิ่นเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้การจัดการโรคเรื้อรังประสบความสำเร็จ ซึ่งสอดคล้องกับองค์ประกอบด้านการมีส่วนร่วมและการสนับสนุนการจัดการสุขภาพ ขณะเดียวกันรายงานของ Global Alliance for Chronic Diseases (2025) ที่ศึกษาในหลายประเทศ เช่น แอฟริกาใต้ กัมพูชา และเนปาล ยืนยันว่าการใช้รูปแบบการดูแลที่บูรณาการชุมชนและครอบครัวช่วยลดภาวะแทรกซ้อนและเพิ่มคุณภาพชีวิต ซึ่งสะท้อนถึงองค์ประกอบด้านการใช้เทคโนโลยีและภูมิปัญญาท้องถิ่น (Aung et al., 2023)

โดยสรุป องค์ประกอบทั้ง 6 ด้านของรูปแบบพฤติกรรมที่พัฒนาขึ้นไม่เพียงแต่สอดคล้องกับทฤษฎีการดูแลสุขภาพตนเองของโอเอเอ็ม แต่ยังได้รับการสนับสนุนจากหลักฐานเชิงประจักษ์ทั้งในประเทศไทยและต่างประเทศในช่วง 10 ปีที่ผ่านมา แสดงให้เห็นว่า การบูรณาการความรู้ทางการแพทย์แผนไทยและภูมิปัญญาไทย รวมถึงการสนับสนุนจากครอบครัวและชุมชน เป็นแนวทางที่มีศักยภาพสูงในการจัดการโรคเรื้อรังอย่างยั่งยืน

รูปแบบการดูแลสุขภาพตามวิถีชุมชนสามารถเปรียบได้กับ “นั่งร้าน” ที่มั่นคงซึ่งโอบล้อมผู้ป่วยไว้ด้วยความรู้ทางการแพทย์ ภูมิปัญญาไทย และความรักจากครอบครัว เพื่อช่วยให้ผู้ป่วยซ่อมแซมและดูแลบ้าน คือ ร่างกายและจิตใจให้กลับมาแข็งแรงอย่างยั่งยืน ความสำเร็จของงานวิจัยนี้เกิดจากความสมดุลของ “ธรรมานามัย” ทั้งด้านกาย (อาหารและสมุนไพร) ด้านจิต (สมาธิและความสงบจากพิธีกรรม) และด้านการดำเนินชีวิต (การพึ่งพาตนเองตามหลักเศรษฐกิจพอเพียง) เมื่อผู้ป่วยเปลี่ยนบทบาทจากผู้รับบริการแบบ Passive มาเป็นผู้จัดการตนเองแบบ Active ภายใต้การสนับสนุนของชุมชน ผลลัพธ์ทางคลินิกจึงดีขึ้นตามสมมติฐานที่ตั้งไว้

ข้อจำกัดจากการวิจัย

1. จากการดำเนินงานวิจัยไปแล้ว พบว่า ควรเพิ่มวัตถุประสงค์เกี่ยวกับการวัดในลักษณะ “ผลลัพธ์เชิงประจักษ์”
2. การวิจัยในลักษณะนี้ควรแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 2 กลุ่ม ประกอบด้วย กลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม เพื่อผลที่ชัดเจนและน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น
3. การสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (purposive sampling) อาจขาดความน่าเชื่อถือสำหรับการวิจัยในลักษณะนี้ ควรใช้การสุ่มแบบอื่น เช่น การสุ่มแบบชั้นภูมิแบบกลุ่มหรือแบบหลายขั้นตอน เป็นต้น
4. การวิเคราะห์หองค์ประกอบเชิงยืนยัน (CFA) สำหรับงานวิจัยนี้อาจไม่เหมาะสม เพราะจำนวนตัวอย่งน้อยเกินไป ควรปรับเป็น Exploratory Factor Analysis :EFA แทน เพื่อดูแนวโน้มโครงสร้างเบื้องต้น เพราะ EFA ต้องการตัวอย่างน้อยกว่า

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย

1. ควรบูรณาการวิถีชุมชนกับระบบสุขภาพ เพื่อส่งเสริมการใช้ภูมิปัญญาไทยและการแพทย์แผนไทยควบคู่กับการแพทย์แผนปัจจุบัน เพื่อสร้างรูปแบบการดูแลสุขภาพที่สอดคล้องกับบริบทท้องถิ่น
2. ควรสนับสนุนการจัดการตนเองของผู้ป่วย โดยพัฒนาหลักสูตรและกิจกรรมที่ช่วยให้ผู้ป่วยมีความรู้และทักษะในการดูแลสุขภาพตนเอง ลดการพึ่งพิงระบบรักษาเพียงอย่างเดียว
3. ควรสร้างโครงสร้างพื้นฐานด้านสุขภาพในชุมชน โดยจัดพื้นที่ออกกำลังกาย พื้นที่สีเขียว และระบบติดตามสุขภาพผ่านเทคโนโลยี เพื่อสนับสนุนการเปลี่ยนพฤติกรรมสุขภาพอย่างต่อเนื่อง
4. ควรเสริมพลังครอบครัวและอาสาสมัครสาธารณสุข โดยใช้เครือข่ายครอบครัว อสม. และชมรมผู้ป่วยเป็นกลไกหลักในการสนับสนุนและติดตามผู้ป่วยในชุมชน
5. ควรขยายผลเชิงระบบ โดยนำรูปแบบพหุวิธีที่ทดลองแล้วได้ผลไปปรับใช้ในระดับจังหวัดและประเทศ เพื่อเป็นแนวทางการจัดการโรคไม่ติดต่อเรื้อรังที่ยั่งยืน

ข้อเสนอแนะเชิงวิจัย

1. เพิ่มตัวแปรที่เกี่ยวข้อง เช่น เนื้อหาสื่อ กิจกรรม แพทย์แผนไทย และจำนวนกลุ่มตัวอย่างให้มากขึ้น
2. ศึกษาเชิงลึกในประเด็นที่สัมพันธ์กับรูปแบบการดูแลสุขภาพ และเพิ่มระยะเวลาการทดลองเพื่อเห็นพัฒนาการที่ชัดเจนยิ่งขึ้น



References

- Aung, T. N. N., Lorga, T., Moolphate, S., Koyanagi, Y., Angkurawaranon, C., Supakankunti, S., Yuasa, M., & Aung, M. N. (2023). Towards cultural adequacy of experience-based design: A qualitative evaluation of community-integrated intermediary care to enhance the family-based long-term care for Thai older adults. *Healthcare*, 11(15), 2217. <https://doi.org/10.3390/healthcare11152217>

- Boocha, K., & Ploylearmsang, C. (2023). Development and implementation of diabetes care by a community network based on a chronic care model. *Journal of Primary Care & Community Health, 14*, 21501319231181874. <https://doi.org/10.1177/21501319231181874>
- Bunpean, A., Subhadhirasakul, S., Neamsuvan, O., & Siriyong, T. (2022). Thai traditional medicine wisdom in hypertension treatment [In Thai]. *NRRU Community Research Journal, 16*(3), 207-221. <https://doi.org/10.14456/nrru-rdi.2022.56>
- Chanprasis, C., Lirtmunlikaporn, S., Kaewthummanukul, T., Jongrungrotsakul, W., & Sawasdisingha, P. (2020). Lanna local wisdom in promoting the elderly well-being: A pilot study [In Thai]. *Nursing Journal CMU, 47*(1), 185–197. <https://he02.tci-thaijo.org/index.php/cmunursing/article/view/240744>
- Department of Health. (2020). *Health literate family and uses of complementary and alternative medicine* [In Thai]. Ministry of Public Health.
- Division of Complementary and Alternative Medicine, Department of Thai Traditional and Alternative Medicine. (2022). *The training program for village health volunteers to care for and manage the health of people in the community using traditional Thai medicine, 2022* [In Thai]. Ministry of Public Health.
- Division of Complementary and Alternative Medicine, Department of Thai Traditional and Alternative Medicine. (2023). *Guidelines for community health care using traditional Thai medicine, indigenous medicine and alternative medicine* [In Thai]. V Indy Design.
- Division of Non-Communicable Diseases, Department of Disease Control. (2023). *Annual report 2023* [In Thai]. Aksorn Graphic and Design.
- Division of Non-Communicable Diseases, Department of Disease Control. (2024). *Number and mortality rate of 5 non-communicable diseases, 2018–2022* [In Thai]. <https://www.ddc.moph.go.th/dncd/news.php?news>
- Flanagan, J. M., & Beck, C. T. (2026). *Polit & Beck's essentials of nursing research: Appraising evidence for nursing practice* (11th ed.). Lippincott Williams & Wilkins.
- Global Alliance for Chronic Diseases (GACD). (2025). *Diabetes and hypertension community-based case studies*. GACD.

- Hair, J. F., Black, W. C., Babin, B. J., & Anderson, R. E. (2019). *Multivariate data analysis* (8th ed.). Cengage.
- Hassan, S., Kagwanja, N., Diallo, B., Oyando, R., Perel, P., Etyang, A., et al. (2025). Implementing community-based interventions for the management of chronic conditions in low- and middle-income countries: A scoping review of qualitative evidence. *PLOS Global Public Health*, 5(7), e0004860. <https://doi.org/10.1371/journal.pgph.0004860>
- Petmaneechot, K., & Surangsee, S. (2026). Community-based care program for patients with hypertension involving family members and village health volunteers in Thailand: A systematic review [In Thai]. *Multidisciplinary Journal for Health*, 8(1), 1-14. <https://he02.tci-thaijo.org/index.php/MDHJ/article/view/280849/190918>
- Phuwilert, P., Noo-In, S., Srichomphoo, C., Ruetrakul, J., Kongmant, R., & Khiewkhern, S. (2026). Effectiveness of a community-based health care program on glycemic control among patients with uncontrolled type 2 diabetes mellitus: A quasi-experimental study. *Diabetology*, 7(1), 14. <https://doi.org/10.3390/diabetology7010014>
- Roning, N., Naka, K., & Chinnawong, T. (2021). The effects of self-care promoting program on foot care behaviors, foot conditions and blood sugar levels among muslim elderly with uncontrolled diabetes mellitus [In Thai]. *Songklanagarind Journal of Nursing*, 41(1), 74-87. <https://he02.tci-thaijo.org/index.php/nur-psu/article/view/247007>



การพัฒนาระบบตรวจจับการสูญเสียพลังงานด้วยเทคโนโลยี LoRaWAN ภายในอาคารสถานศึกษา

Development of an Energy Loss Detection System using LoRaWAN Technology in an Educational Building

จันทิมา ลาภสงผล¹

Chantima Lapsongphon¹

¹ภาควิชาเทคโนโลยี วิทยาลัยพัฒนาชุมชนเมือง มหาวิทยาลัยนวมินทราธิราช

¹Department of Technology, Urban Community Development College,

Navamindradhiraj University

Received: October 29, 2025

Revised: January 2, 2026

Accepted: January 6, 2026

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอระบบการตรวจจับการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าของอาคารในพื้นที่เป็นรายห้อง โดยมุ่งเน้นการระบุและแจ้งเตือนความผิดปกติจากโหลดสแตนด์บาย (Standby Load) ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญของการสูญเสียพลังงานที่มักถูกมองข้าม ระบบที่พัฒนาขึ้นใช้การบูรณาการเทคโนโลยี LoRaWAN ร่วมกับเว็บแอปพลิเคชัน ThingsBoard เพื่อการรับ-ส่งข้อมูลระยะไกลในอาคารผ่านรูปแบบการเชื่อมต่อแบบไร้สาย โดยทำการศึกษาผ่านตัวแทนห้องบรรยายหลักจำนวน 1 ห้อง ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่า ระบบมีความแม่นยำสูง สามารถวัดค่าแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าได้โดยมีความคลาดเคลื่อนไม่เกิน $\pm 3\%$ และมีสมรรถนะในการสื่อสารที่สามารถรับ-ส่งข้อมูลได้อย่างเสถียรแม้ในสภาพแวดล้อมของอาคารที่มีสัญญาณรบกวนสูง โดยมีค่าความแรงของสัญญาณ (RSSI) เฉลี่ย -61.01 เดซิเบลมิลลิวัตต์ และค่าอัตราส่วนสัญญาณที่ได้รับต่อสัญญาณรบกวน (SNR) เฉลี่ย 14.70 เดซิเบล จุดเด่นที่สำคัญ คือ ระบบสามารถตรวจพบการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าซึ่งมีสาเหตุหลักมาจากโหมดสแตนด์บายของอุปกรณ์ไฟฟ้าได้อย่างแม่นยำ และเมื่อทดลองใช้งานเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ ระบบดังกล่าวมีส่วนสนับสนุนให้สามารถลดการสูญเสียพลังงานได้ $7,977.73$ วัตต์ชั่วโมง หรือคิดเป็น 98.63% เมื่อเทียบกับก่อนการติดตั้ง

คำสำคัญ: เทคโนโลยีลอราแวน การตรวจติดตามพลังงาน เว็บแอปพลิเคชัน

Abstract

This research presents a room-level electrical energy loss detection system for buildings, focusing specifically on identifying and alerting anomalies caused by standby loads, which are a significant yet often overlooked source of energy waste. The developed system integrates LoRaWAN technology with the ThingsBoard web application to enable wireless long-range data transmission within a building. The study was conducted in a main lecture room, which served as the representative case study. The results demonstrate that the system achieves high accuracy, with voltage and current measurement errors not exceeding $\pm 3\%$. It also exhibits stable communication performance in building environments with high signal interference, achieving an average Received Signal Strength Indicator: RSSI of -61.01 dBm and an average Signal-to-Noise Ratio: SNR of 14.70 dB. A key feature of the system is its ability to accurately detect energy losses primarily associated with the standby mode of electrical appliances. During a four-week implementation period, the system reduced energy loss by $7,977.73$ Wh, representing a 98.63% reduction compared with the pre-installation level.

Keywords: LoRaWAN technology, energy monitoring, web application



บทนำ

ปัจจุบันระบบตรวจติดตามการใช้พลังงาน (energy monitoring system) มีบทบาทสำคัญต่อการบริหารจัดการพลังงานของอาคารเป็นอย่างมาก หลักการของการตรวจติดตามการใช้พลังงานนั้นจะมุ่งเน้นไปที่การบันทึกข้อมูลการใช้พลังงานของอาคาร เพื่อให้ทราบถึงปริมาณและพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบต่าง ๆ ภายในอาคาร และสามารถนำข้อมูลเหล่านี้ไปวิเคราะห์เพื่อประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงาน รวมถึงใช้เป็นข้อมูลประกอบการกำหนดมาตรการอนุรักษ์พลังงาน (Turner & Doty, 2006) ทั้งนี้ อาคารโดยทั่วไปมีส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าส่วนใหญ่อยู่ในระบบปรับอากาศประมาณร้อยละ 65 รองลงมาได้แก่ระบบไฟฟ้าแสงสว่างประมาณร้อยละ 25 และระบบอื่น ๆ ร้อยละ 10 ตามลำดับ (Termsawasd & Chaiyakul, 2024) ซึ่งการตรวจติดตามการใช้พลังงานในปัจจุบันนี้จะอาศัยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things: IoT) เข้ามามีส่วนช่วยในการติดตามการใช้พลังงานมากขึ้น โดยเชื่อมต่ออุปกรณ์ไฟฟ้าหรือระบบต่าง ๆ เข้ากับเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ทำให้สามารถตรวจวัด ติดตามการใช้พลังงาน

รวมถึงควบคุมอุปกรณ์หรือระบบนั้นได้อย่างอัตโนมัติแบบเรียลไทม์ (real time) (Smith & Parmenter, 2016) ซึ่งการประยุกต์ใช้เทคโนโลยี IoT ในการตรวจติดตามการใช้พลังงานนั้นสามารถดำเนินการได้ทั้งรูปแบบการสื่อสารแบบใช้สาย (wired) และแบบไร้สาย (wireless) (Goh & Chua, 2024; Salam et al., 2024) โดยที่รูปแบบไร้สายนั้นจะได้รับความนิยมสูงในการประยุกต์ใช้กับการตรวจติดตามการใช้พลังงาน โดยเฉพาะเทคโนโลยี LPWAN: Low Power Wide Area Network กลุ่มแบบยกเว้นใบอนุญาตที่เรียกว่า LoRa (Long Range) ตามข้อมูลผลการเปรียบเทียบคุณสมบัติของเทคโนโลยีการสื่อสารแบบไร้สายดังภาพ 1 เนื่องจากจุดเด่นในด้านการส่งข้อมูลได้ระยะทางไกล มีการใช้พลังงานและต้นทุนต่ำ อีกทั้งสามารถใช้งานบนความถี่สาธารณะที่ได้รับการจัดสรรจาก กสทช. โดยไม่ต้องขอใบอนุญาต (Khunboa, 2019) ซึ่งเหมาะกับการนำมาตรวจติดตามค่าพลังงานที่ต้องการความสะดวก คล่องตัว ช่วยลดระยะเวลาในการติดตั้ง และสามารถรองรับอุปกรณ์ได้เป็นจำนวนมาก (Santos & Ferreira, 2019) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่ผ่านมา โดยสามารถจัดกลุ่มงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประยุกต์ใช้เทคโนโลยี LoRa ในการตรวจติดตามพลังงานได้เป็น 3 กลุ่มหลัก ดังแสดงข้อมูลในตาราง 1

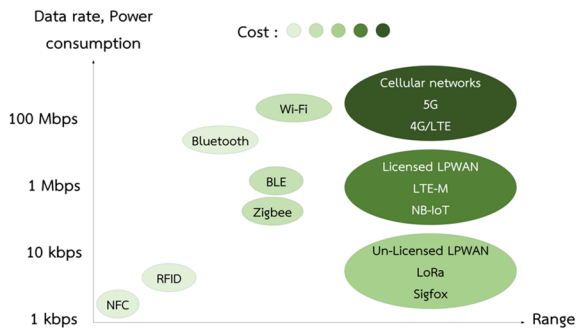
อย่างไรก็ตาม จากการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า งานวิจัยส่วนใหญ่ยังคงมุ่งเน้นไปที่การตรวจวัดค่าพลังงานไฟฟ้าในภาพรวมของอาคารเป็นหลัก ซึ่งแม้จะสามารถสะท้อนแนวโน้มและปริมาณการใช้พลังงานรวมได้ แต่ยังมีข้อจำกัดในการระบุแหล่งที่มาของการใช้พลังงานไฟฟ้าใน

ระดับพื้นที่ย่อยหรือพื้นที่ใช้งานเฉพาะ เช่น ระดับชั้นหรือระดับห้อง รวมถึงไม่ได้ให้ความสำคัญกับการใช้พลังงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ ในอาคาร ส่งผลให้ไม่สามารถวิเคราะห์สาเหตุเชิงลึกของการสูญเสียพลังงานหรือกำหนดมาตรการแก้ไขได้อย่างตรงจุด

ตาราง 1

การทบทวนวรรณกรรมงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการตรวจติดตามพลังงานด้วยเทคโนโลยี LoRaWAN

กลุ่มงานวิจัย	ผู้เขียน	บทสรุปงานวิจัย	ข้อจำกัด/ช่องว่างการวิจัย
ด้านการตรวจติดตามพลังงานในอาคารขนาดใหญ่หรืออาคารหลายชั้น	Kanadee and Chaimool (2024)	พัฒนาและทดสอบระบบ LoRaWAN สำหรับตรวจติดตามพลังงานในอาคาร 8 ชั้น โดยติดตั้ง Smart Meter ทุกชั้น ผลพบว่า สามารถส่งข้อมูลสำเร็จมากกว่า 80% และสัญญาณครอบคลุมทั่วพื้นที่อาคาร	มุ่งเน้นประเมินสมรรถนะเครือข่ายเป็นหลัก ยังขาดการวิเคราะห์การสูญเสียพลังงานในระดับพื้นที่ใช้งาน
	Thirunavukkarasu and Raju (2025)	นำเสนอระบบอาคารอัจฉริยะสำหรับสถาบันการศึกษา โดยใช้ STM32 ไมโครคอนโทรลเลอร์ LoRaWAN และ TTN ร่วมกับอัลกอริทึม DQN เพื่อวิเคราะห์การใช้พลังงานแบบอัตโนมัติ สามารถลดการใช้พลังงานรวมของอาคารได้ร้อยละ 23 ภายใน 6 เดือน	มุ่งเน้นการวิเคราะห์รูปแบบการใช้พลังงานแบบอัตโนมัติ สำหรับปรับปรุงการใช้พลังงานโดยรวม
	Al-Sammak et al. (2025)	เปรียบเทียบ LoRaWAN และ NB-IoT ในด้านประสิทธิภาพและลดการส่งข้อมูลที่ไม่จำเป็น โดยระบบจะลดการส่งข้อมูลเมื่อค่าพลังงานคงที่สามารถลดจำนวนแพ็กเกจข้อมูลได้ 76.11% (NB-IoT) และ 86.81% (LoRaWAN) ส่งผลให้ยืดอายุการใช้งานแบตเตอรี่ของอุปกรณ์ IoT	เน้นการทดสอบในสภาวะควบคุมและเปรียบเทียบโปรโตคอล ยังขาดการวิเคราะห์การสูญเสียพลังงานในระดับพื้นที่ใช้งาน และไม่ได้ทดสอบในสภาวะที่มีสัญญาณรบกวนสูง (interference)
ด้านการตรวจติดตามพลังงานในพื้นที่ขนาดใหญ่หรือพื้นที่กระจายตัว	Jain et al. (2018)	พัฒนาอุปกรณ์ IoT วัดค่าไฟฟ้า (V, I, f, PF) และคำนวณค่าใช้จ่ายรายวันในพื้นที่ชนบทไทยผ่านระบบคลาวด์	ยังไม่มีกรออกแบบกลไกการแจ้งเตือนแบบเรียลไทม์ และการตรวจจับการสูญเสียพลังงานในระดับห้อง
	Ramadhan et al. (2021)	พัฒนาระบบ IoT ติดตามไฟฟ้าในมหาวิทยาลัยด้วย LoRa-WAN ผลการทดสอบพบว่าระบบสามารถติดตามและรวบรวมข้อมูลแบบ Real-time ได้แม่นยำ	เป็นการควบคุมการใช้พลังงานโดยจัดตั้งเวลาการทำงานของอุปกรณ์ (scheduling) ให้สอดคล้องกับพฤติกรรมของผู้ใช้งาน
ด้านการตรวจวัดพลังงานในพื้นที่อยู่อาศัยหรือโรงงานขนาดเล็ก	Guevara et al. (2022)	นำเสนอระบบตรวจวัดพลังงานไฟฟ้าต้นทุนต่ำโดยใช้ ESP32 ร่วมกับเทคโนโลยี LoRa สำหรับอาคารที่อยู่อาศัยหรือโรงงานขนาดเล็ก รองรับการใช้ระบบไฟฟ้าแบบ 1 เฟสและ 3 เฟส เพื่อวิเคราะห์รูปแบบการใช้พลังงาน	ระบบยังมีข้อจำกัดด้านการรองรับจำนวนโหนดจำนวนมาก



ภาพ 1 การเปรียบเทียบคุณสมบัติของเทคโนโลยีการสื่อสารแบบไร้สาย

Note. Adapted from “A survey and bibliometric analysis of different communication technologies available for smart meters,” by A. Hassan, H. Afrouzi, C. Siang, J. Ahmed, K. Mehranzamir, & C. L. Wooi, 2022, *Cleaner Engineering and Technology*, 7, 100424. Copyright 2022 by Elsevier.

ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะพัฒนาระบบตรวจวัดการสูญเสียพลังงานในระดับพื้นที่ย่อย (รายห้อง) เพื่อเติมเต็มช่องว่างที่สำคัญในการติดตามการใช้พลังงาน โดยระบบสามารถติดตามการใช้พลังงาน แสดงสถานะค่าพลังงาน และแจ้งเตือนเมื่อพบการใช้พลังงานที่ผิดปกติ ทั้งนี้ระบบดังกล่าวประกอบไปด้วยชุดตรวจวัดค่าทางไฟฟ้า (power monitoring node) ที่ติดตั้งโมดูลการสื่อสารไร้สาย LoRa ไว้ภายใน และระบบแสดงผลข้อมูลบนเว็บแอปพลิเคชันในรูปแบบแดชบอร์ด ทั้งนี้ ได้เลือกห้องบรรยายของอาคารสถานศึกษาเป็นพื้นที่ทดสอบระบบดังกล่าว ซึ่งระบบการตรวจวัดการสูญเสียพลังงานนี้จะมีส่วนสำคัญที่ช่วยให้เกิดการรับรู้และตระหนักถึงการสูญเสียพลังงานโดยเปล่าประโยชน์ การตรวจวัดพลังงานในระดับพื้นที่ย่อยจะช่วยให้สามารถระบุสาเหตุของปัญหาและดำเนินการแก้ไขที่ต้นเหตุ ได้อย่างเฉพาะเจาะจงและทันทั่วทั้งที่ ส่งผลให้การบริหารจัดการพลังงานในอาคารมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น ไม่เพียงแต่เป็นการลดค่าใช้จ่าย แต่ยังเป็นส่วนสำคัญที่จะส่งเสริมให้การใช้พลังงานในอาคารมีความคุ้มค่าและเกิดความยั่งยืนได้ในระยะยาว

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อออกแบบและพัฒนาระบบตรวจวัดการสูญเสียพลังงานของอาคารในระดับพื้นที่ย่อย (รายห้อง) สำหรับบันทึกค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าและแจ้งเตือนเมื่อมีการใช้พลังงานที่ผิดปกติตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้
2. เพื่อประเมินสมรรถนะของการสื่อสารด้วยเทคโนโลยี LoRaWAN สำหรับการรับ-ส่งข้อมูลทางไฟฟ้าของระบบตรวจวัดการสูญเสียพลังงานที่ติดตั้งภายในอาคารสถานศึกษา

แนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

1. ความคลาดเคลื่อน (error)

สำหรับการตรวจวัดข้อมูลด้านพลังงานของเครื่องจักรและอุปกรณ์นั้น สิ่งที่สำคัญประการหนึ่ง คือ ความถูกต้องแม่นยำของข้อมูลที่อ่านได้จากเครื่องวัดต่าง ๆ ดังนั้นจึงควรให้ความสำคัญในประเด็นด้านความแม่นยำ (accuracy) และความเที่ยงตรงของการตรวจวัด (precision) ของการตรวจวัด ซึ่งแนวทางการประเมินค่าความถูกต้องแม่นยำของข้อมูลนั้นจะใช้หลักการหาค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (error) (Nunak & Suesat, 2012) โดยความคลาดเคลื่อนจะหมายถึง ผลต่างระหว่างค่าที่วัดได้และค่าที่แท้จริง ดังสมการ (1)

$$\%Error = \left| \frac{X_t - X_m}{X_t} \right| \times 100\% \quad (1)$$

โดย เมื่อ X_t คือ ค่าจริง

X_m คือ ค่าที่วัดได้

2. หลักการทำงานของเทคโนโลยี LoRaWAN

LoRaWAN (Long-Range Wide-Area Network) ถือเป็นเทคโนโลยีการสื่อสารไร้สายที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายในงานด้าน IoT โดยอาศัยโปรโตคอล LoRa ในการรับ-ส่งข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ปลายทาง (end device)

และเกตเวย์ (gateway) ภายใต้โครงข่ายที่สามารถรองรับการเชื่อมต่ออุปกรณ์จำนวนมากได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Sornin et al., 2015) โดย LoRaWAN รองรับการสื่อสาร 3 รูปแบบ ได้แก่ Class A Class B และ Class C ซึ่งมีความแตกต่างกันในด้านรูปแบบการรับ-ส่งข้อมูลและการใช้พลังงาน โดย Class A มีการใช้พลังงานต่ำที่สุดแต่มีข้อจำกัดด้านช่วงเวลาการสื่อสารรับ-ส่งข้อมูล ในขณะที่ Class C สามารถรับ-ส่งข้อมูลจากเกตเวย์ได้ตลอดเวลา (continuous) โดยจะมีความหน่วงในการรับข้อมูลต่ำที่สุด (low latency) แต่แลกมาด้วยการใช้พลังงานที่สูงกว่ารูปแบบอื่น (Semtech Corporation, 2024) ในประเทศไทยการสื่อสาร LoRa จะใช้ย่านความถี่ 920-925 MHz ซึ่งเป็นย่านความถี่ที่ไม่ต้องขอใบอนุญาต (unlicensed band) ตามที่กำหนดโดยคณะกรรมการกิจการกระจายเสียงและโทรคมนาคมแห่งชาติ (กสทช.) (National Broadcasting and Telecommunications Commission [NBTC], 2017) โดยทั่วไปองค์ประกอบของโครงข่าย LoRaWAN ประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก ได้แก่

อุปกรณ์ปลายทาง (end device)

อุปกรณ์ปลายทางเป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ตรวจจับสภาวะการทำงานหรือการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อม รวมถึง การตอบสนองต่อเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น โดยทั่วไปอุปกรณ์ประเภทนี้มักเป็นเซ็นเซอร์ (sensor) หรือแอคชูเอเตอร์ (actuator) และมาพร้อมโมดูลสื่อสารไร้สายที่รองรับมาตรฐานโปรโตคอล LoRa สำหรับการส่งข้อมูลไปยังเกตเวย์ (Sinha et al., 2017)

เกตเวย์ (Gateway)

เกตเวย์ (gateway) ทำหน้าที่เป็นตัวกลางสำหรับรับและส่งชุดข้อมูล (payload) ระหว่างอุปกรณ์ปลายทางกับลอว์แวนเน็ตเวิร์กเซิร์ฟเวอร์ (LoRaWAN Network Server: LNS) โดยรับข้อมูลผ่านคลื่นความถี่วิทยุ (RF) ที่มอดูเลตด้วยโปรโตคอล LoRa และส่งต่อข้อมูลดังกล่าวไปยังลอว์แวนเน็ตเวิร์กเซิร์ฟเวอร์ ผ่านช่องทางการสื่อสารต่าง ๆ เช่น WiFi, 4G, Ethernet หรือ LTE-M โดยไม่แก้ไขหรือดัดแปลงชุดข้อมูล (Montagny, 2022) ในโครงข่าย LoRaWAN สามารถติดตั้งเกตเวย์ได้หลายตัวภายในพื้นที่เดียวกัน ซึ่งทำให้สามารถรับข้อมูลได้พร้อมกัน คุณสมบัตินี้ช่วยเพิ่มระดับความเชื่อถือและลดโอกาสสูญหายของข้อมูล

ลอว์แวนเน็ตเวิร์กเซิร์ฟเวอร์ (LoRaWAN network server)

ลอว์แวนเน็ตเวิร์กเซิร์ฟเวอร์เปรียบเสมือนศูนย์กลางในการจัดการข้อมูลและควบคุมการสื่อสาร ให้เป็นไปอย่างปลอดภัยและมีประสิทธิภาพ ประกอบด้วย 2 ส่วนสำคัญ คือ เน็ตเวิร์กเซิร์ฟเวอร์ (Network server) และแอปพลิเคชันเซิร์ฟเวอร์ (Application Server) (Bin et al., 2024) โดยเน็ตเวิร์กเซิร์ฟเวอร์จะทำหน้าที่ประมวลผลข้อมูลและปรับแต่งประสิทธิภาพของการรับ-ส่งข้อมูลผ่านกลไกแบบ Adaptive Data Rate: ADR ซึ่งมีหน้าที่ควบคุมและปรับค่าแฟกเตอร์การกระจาย (Spreading Factor: SF) ให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมของสัญญาณจริงโดยอัตโนมัติ ในขณะที่แอปพลิเคชันเซิร์ฟเวอร์จะรับข้อมูลที่ผ่านการตรวจสอบ เพื่อนำไปใช้ในกระบวนการแสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลหรือการประมวลผลต่อไป

3. สมรรถนะของการสื่อสารไร้สายโครงข่าย LoRaWAN

หัวข้อนี้จะกล่าวถึงตัวแปรที่มีความสำคัญที่มีผลต่อคุณภาพสัญญาณและความสามารถในการรับ-ส่งสัญญาณของการสื่อสารแบบไร้สายโครงข่าย LoRaWAN โดยมีพารามิเตอร์หลักที่สำคัญดังต่อไปนี้

ความแรงของสัญญาณ (Received Signal Strength Indicator: RSSI)

ความแรงของสัญญาณเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อความสามารถในการรับ-ส่งข้อมูลของ LoRaWAN โดยค่า RSSI ใช้ระบุระดับกำลังสัญญาณที่อุปกรณ์ปลายทางหรือเกตเวย์สามารถรับได้ ซึ่งโดยทั่วไปจะมีค่าเป็นลบ และมีหน่วยเป็นเดซิเบลมิลลิวัตต์ ทั้งนี้ หากค่า RSSI ที่วัดได้มีค่าเข้าใกล้ศูนย์มากขึ้น แสดงถึงคุณภาพการรับสัญญาณที่ดีขึ้น (Rahman et al., 2018) ค่า RSSI สามารถคำนวณได้จากสมการ (2)

$$RSSI = -(10n \log_{10} d - A) \quad (2)$$

โดยที่ n คือ การสูญเสียของสภาพแวดล้อม

d คือ ระยะห่างระหว่างเครื่องส่งและเครื่องรับ

A คือ ความแรงของสัญญาณที่ได้รับในระยะทาง

1 เมตร ตามลำดับ

ค่าอัตราส่วนสัญญาณที่ได้รับต่อสัญญาณรบกวน (Signal to Noise Ratio: SNR)

เป็นตัวชี้วัดที่ใช้ประเมินคุณภาพของสัญญาณ โดยพิจารณาเปรียบเทียบกับกำลังสัญญาณที่ได้รับกับระดับสัญญาณรบกวนในช่องสัญญาณ ซึ่งมีหน่วยเป็นเดซิเบล ค่า SNR ที่มีค่าเป็นบวกหรือมากกว่าศูนย์ แสดงว่าสัญญาณที่ต้องการมีความเด่นชัดกว่าสัญญาณรบกวน และเอื้อต่อการรับข้อมูลที่ถูกต้อง โดยสามารถคำนวณได้ดังสมการ (3)

$$SNR = P_x - N \quad (3)$$

โดยที่ P_x คือ กำลังส่งของตัวส่งสัญญาณ (เดซิเบลมิลลิวัตต์)
 N คือ ระดับสัญญาณรบกวน ซึ่งสามารถคำนวณจาก (4)

$$N = -174 + 10\log_{10} BW + NF \quad (4)$$

โดยที่ BW คือ ความกว้างของคลื่นความถี่ (เฮิรตซ์)

NF คือ ตัวเลขที่ใช้ระบุค่าของสัญญาณรบกวนของเครื่องรับ (เดซิเบล)

จะเห็นได้ว่าความกว้างของคลื่นความถี่และคุณลักษณะของตัวรับมีผลโดยตรงต่อค่า SNR ของระบบ

ค่าอัตราเร็วของการส่งข้อมูล (data rate)

อัตราเร็วของการส่งข้อมูลในการสื่อสารแบบ LoRa ขึ้นอยู่กับพารามิเตอร์หลัก ได้แก่ แพลตฟอร์มการกระจาย (Spreading Factor: SF) ความกว้างของคลื่นความถี่ (BW) และอัตราการเข้ารหัส (Coding Rate: CR) โดยค่า SF แสดงถึงจำนวนบิตต่อหนึ่งสัญลักษณ์ และมีค่าตั้งแต่ 7 ถึง 12 ซึ่งค่า SF ที่สูงจะช่วยเพิ่มระยะทางในการสื่อสาร แต่จะทำให้อัตราเร็วของการส่งข้อมูลลดลง (Khunboa, 2023)

$$R_b = SF \times \frac{BW}{2^{SF}} \times \left(\frac{4}{4 + CR} \right) \quad (5)$$

โดยที่ R_b คือ อัตราเร็วในการส่งข้อมูล (บิตต่อวินาที)

SF คือ แพลตฟอร์มการกระจาย

BW คือ ความกว้างของคลื่นความถี่ (เฮิรตซ์)

CR คือ อัตราการเข้ารหัสของข้อมูลเพื่อตรวจสอบ และจัดการความผิดพลาดของข้อมูลในขณะที่กำลังส่งสัญญาณมีค่า 1 ถึง 4

อย่างไรก็ตาม ซึ่งค่าสมรรถนะต่าง ๆ นี้จะสัมพันธ์กับสภาพแวดล้อม การติดตั้ง ตำแหน่งของอุปกรณ์ปลายทางและเกตเวย์ ตามลำดับ โดยอุปกรณ์ปลายทางจะมีผลต่อความแรงและความชัดเจนของสัญญาณต้นทาง อันเนื่องมาจากกำหนดระดับความแรง (transmit power) ของสัญญาณ LoRa คุณภาพของเสาอากาศที่ใช้ส่งข้อมูล รวมถึงระยะทาง เป็นต้น ในขณะที่ตำแหน่งหรือจำนวนของเกตเวย์นั้นจะมีผลต่อการรับสัญญาณเป็นหลัก

วิธีการดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้สามารถแบ่งวิธีการดำเนินงานวิจัยออกเป็น 4 ส่วนหลัก ดังนี้

1. การสำรวจค่าทางไฟฟ้าในพื้นที่ทดสอบ

ในการสำรวจค่าทางไฟฟ้าของพื้นที่ทดสอบ ได้กำหนดให้ห้องบรรยาย TWP409 จำนวน 1 ห้องของอาคารเป็นตัวแทนการศึกษา (case study) เนื่องจากเป็นพื้นที่ใช้งานหลักของอาคารในการทำกิจกรรมการเรียนการสอน และกิจกรรมสนับสนุนอื่น ๆ มีรูปแบบการใช้งานที่สม่ำเสมอ ในช่วงเวลา 9.00–12.00 น. และ 13.00–17.00 น. โดยห้องบรรยายในอาคารจะถูกออกแบบให้มิงจรไฟฟ้าหลัก 3 ประเภท ได้แก่ วงจรไฟแสงสว่าง วงจรเครื่องปรับอากาศ (Fan Coil Unit: FCU) และวงจรเต้ารับไฟฟ้า ตามลำดับ วงจรไฟแสงสว่าง (lighting) จะประกอบด้วยหลอดไฟแอลอีดีขนาด 40 วัตต์ จำนวน 21 หลอด วงจรเครื่องปรับอากาศ ประกอบด้วยเครื่องส่งลมเย็นขนาด 186 วัตต์ จำนวน 3 เครื่องต่อหนึ่งวงจร รวม 2 วงจร ส่วนวงจรเต้ารับไฟฟ้า (outlet) รองรับอุปกรณ์ไฟฟ้าประจำห้อง ได้แก่ อุปกรณ์คอมพิวเตอร์ 1 เครื่อง (65 วัตต์) โปรเจคเตอร์ 1 เครื่อง (254 วัตต์) เครื่องขยายเสียง 1 ชุด (72 วัตต์) และโทรทัศน์ 2 เครื่อง (160 วัตต์ต่อเครื่อง) ซึ่งอุปกรณ์ไฟฟ้าดังกล่าวนี้รองรับการใช้งานกับระบบไฟฟ้ากระแสสลับแรงดัน 230 โวลต์ โดยวงจรทั้งหมดจะติดตั้งภายในตู้แผงควบคุม (Distribution Board: DB) ประจำชั้น ที่ตั้งอยู่ในห้องไฟฟ้า (electrical room) ของอาคาร และเมื่อสำรวจและตรวจวัดค่าแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าของอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในห้องเป็นรายชั่วโมงตามช่วงเวลาการใช้งานจริง ผลการสำรวจดังตาราง 2 พบว่า ค่ากระแสไฟฟ้ามีการเปลี่ยนแปลงตามกิจกรรมที่เกิดขึ้น โดยมีค่าเป็นศูนย์

เมื่อไม่มีการใช้งาน อย่างไรก็ตาม ค่ากระแสไฟฟ้าของวงจร
 ใต้รับไฟฟ้าในบางช่วงจะมีค่า 0.26 และ 0.21 แอมแปร์
 เมื่อตรวจสอบพบว่า เกิดจากการลิมิตสวิตช์ไฟของปลั๊ก
 พ่วงไฟฟ้าที่เชื่อมต่อกับอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในห้อง ส่งผลให้
 เกิดการใช้พลังงานในโหมดสแตนด์บาย (standby power
 mode) ซึ่งคิดเป็นค่ากำลังไฟฟ้าประมาณ 48-49 วัตต์ จึง
 สรุปได้ว่าค่าดังกล่าวนี้ถือเป็นการสูญเสียพลังงานโดยเปล่า
 ประโยชน์ และได้กำหนดค่ากำลังไฟฟ้าง่ายมาใช้เป็น
 เกณฑ์สำหรับการแจ้งเตือนให้ทราบเมื่อเกิดเหตุการณ์
 ลักษณะนี้ขึ้น โดยกำหนดช่วงกำลังไฟฟ้าไว้ที่ 0-100 วัตต์
 ($0W < P < 100W$) ซึ่งเกณฑ์ดังกล่าวนี้สามารถนำไปปรับ
 ใช้กับห้องอื่น ๆ ของอาคารได้

2. การออกแบบชุดตรวจวัดค่าทางไฟฟ้า (Power monitoring node)

สำหรับแนวคิดการออกแบบชุดตรวจวัดค่าทาง

ไฟฟ้า (Power Monitoring Node: PMN) ดังแสดงใน
 ภาพ 2 ซึ่งจะประกอบด้วยโมดูลหลัก 4 โมดูล ดังนี้

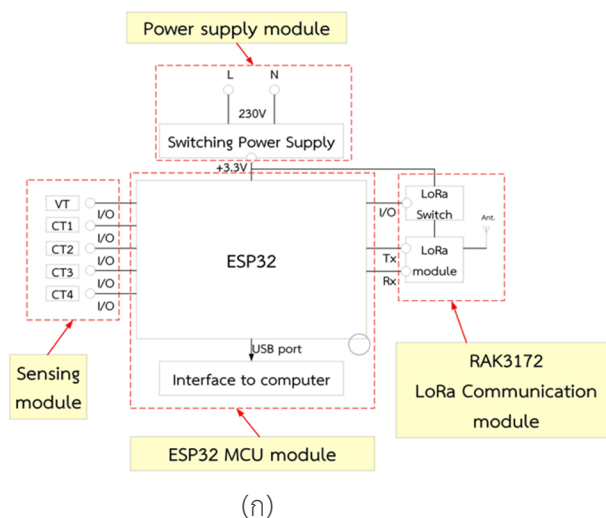
โมดูลแหล่งจ่ายไฟ (power supply module)
 ได้รับการออกแบบให้รองรับแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับจาก
 ระบบไฟฟ้าภายในอาคาร เพื่อจ่ายพลังงานให้กับวงจร
 อิเล็กทรอนิกส์ทั้งหมดของชุดตรวจวัด

โมดูลอินพุตค่าทางไฟฟ้า (sensing module) ทำ
 หน้าที่รับข้อมูลค่าแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าจากพื้นที่
 ทดสอบ โดยรองรับแรงดันไฟฟ้าได้ 1 ช่องอินพุต และกระแส
 ไฟฟ้าได้สูงสุด 4 ช่องอินพุต ซึ่งงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้วิธีการ
 ตรวจวัดกระแสไฟฟ้าแบบไม่สัมผัสเพื่อความปลอดภัย ผ่าน
 ตัวตรวจจับกระแสไฟฟ้าชนิดหม้อแปลงกระแส (CT) ขนาด
 พิกัด 10 แอมแปร์ และตัวตรวจจับแรงดันไฟฟ้ากระแส
 สลับแบบ 1 เฟส 250 Vac ที่สามารถหาซื้อได้ทั่วไปตาม
 ห้างตลาด และมีราคาพอสมควร ดังแสดงในภาพ 3

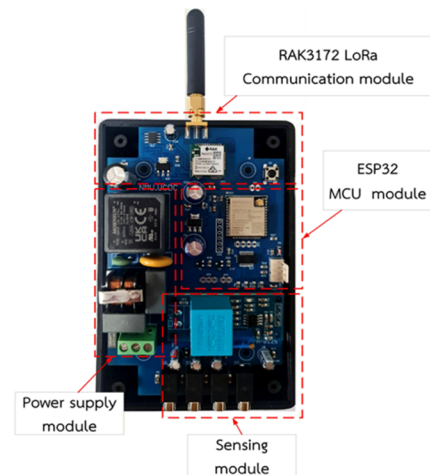
ตาราง 2

ค่าทางไฟฟ้าของพื้นที่ทดสอบ (ห้องบรรยาย TWP 409)

เวลา	ค่า แรงดัน ไฟฟ้า	ค่า กำลังไฟฟ้า รวม	ค่ากระแสไฟฟ้าของวงจรไฟฟ้าภายในห้องทดสอบ			
			วงจร ไฟแสงสว่าง	วงจร ปรับอากาศ 1	วงจร ปรับอากาศ 2	วงจร เต้ารับไฟฟ้า
7.00 น.	231.65	843.21	3.02	0.00	0.62	0.00
8.00 น.	231.47	1,548.53	3.36	1.34	1.99	0.00
9.00 น.	230.95	1,669.77	3.37	1.32	1.98	0.56
10.00 น.	230.89	2,013.36	3.37	2.13	1.92	1.30
11.00 น.	230.89	1,826.34	2.24	2.11	1.93	1.63
12.00 น.	231.05	1,538.79	2.24	2.24	1.92	0.26
13.00 น.	231.84	1,483.78	0.00	2.22	1.91	2.27
14.00 น.	231.55	1,465.71	0.00	2.21	1.91	2.21
15.00 น.	231.70	604.74	0.00	0.80	0.00	1.81
16.00 น.	231.39	48.59	0.00	0.00	0.00	0.21
17.00 น.	231.60	48.64	0.00	0.00	0.00	0.21



(ก)



(ข)

ภาพ 2 ชุดตรวจวัดค่าทางไฟฟ้าที่สร้างขึ้นในงานวิจัย (ก) โครงสร้างวงจร (ข) อุปกรณ์ต้นแบบ

โมดูลสื่อสาร (LoRa communication module) ได้เลือกใช้ RAK3172 ซึ่งรองรับการสื่อสารโปรโตคอล LoRa ที่ความถี่ 923 เมกะเฮิรตซ์ (AS923) โดยมีค่ากำลังส่งที่ 25 มิลลิวัตต์ (14 เดซิเบลมิลลิวัตต์) สอดคล้องกับข้อกำหนดของ กสทช. มท.1033-2560 ที่ต้องรองรับกำลังส่งสูงสุดไม่เกิน 50 มิลลิวัตต์ และมีรูปแบบการสื่อสารในโหมด Class C เพื่อให้สามารถรับ-ส่งข้อมูลได้อย่างต่อเนื่อง โมดูลนี้จะส่งข้อมูลทางไฟฟ้าที่ได้ประมวลผลแล้วไปยังเกตเวย์ทุก ๆ 2 นาที เพื่อลดการใช้พลังงานและรักษาความต่อเนื่องของระบบและให้สอดคล้องกับร้อยละของเวลาครอบครองคลื่นทางความถี่ที่ต้องไม่เกิน 1%

โมดูลประมวลผล (MCU module) งานวิจัยนี้จะเลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 ทำหน้าที่ประมวลผลข้อมูลค่าแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่ได้จากตัวตรวจวัด จากนั้นทำการปรับสเกลให้เป็นค่าที่ถูกต้อง ก่อนจะส่งข้อมูลไปยังเกตเวย์ เพื่อเชื่อมต่อกับลอราแวนเน็ตเวิร์กเซิร์ฟเวอร์ต่อไป โดยงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้เกตเวย์เชิงพาณิชย์รุ่น Dragino DLOS8N ที่รองรับมาตรฐานการสื่อสาร LoRaWAN Class C ทำให้มั่นใจว่ามีความเสถียรและความเข้ากันได้ของระบบสื่อสารโดยรวม โดยสามารถสรุปค่าคุณลักษณะและข้อกำหนดต่าง ๆ ของชุดตรวจวัดทางไฟฟ้าที่ใช้ในงานวิจัยนี้ได้ดังตาราง 3

นอกจากนั้นก่อนการติดตั้งระบบในพื้นที่ทดลองจริงได้มีการทดสอบความแม่นยำของชุดตรวจวัดค่าทางไฟฟ้า โดยสอบเทียบ (calibration) ค่าแรงดันและกระแสไฟฟ้ากับเครื่องมือวัดมาตรฐานซึ่งผ่านการสอบเทียบจากห้องปฏิบัติการที่ได้รับการรับรอง ISO/IEC 17025 การทดสอบทำโดยเชื่อมต่อชุดตรวจวัดเข้ากับโหลดอ้างอิงประเภทโหลดไส้ ซึ่งมีลักษณะ

เป็นโหลดเชิงความต้านทาน ดังภาพ 4(ข) เพื่อให้ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าเป็นเชิงเส้น จากนั้นทำการเปรียบเทียบค่าแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่วัดได้โดยทำการวัดซ้ำในหลายระดับโหลด แล้วนำค่าที่ได้มาคำนวณเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนตามสมการ (1) และปรับค่าพารามิเตอร์การแปลงสัญญาณ (scaling factor) ภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ให้ค่าความคลาดเคลื่อนไม่เกิน $\pm 5\%$ โดยแสดงผลการสอบเทียบในตาราง 4 แล้วจึงนำชุดตรวจวัดไปติดตั้งเข้ากับวงจรไฟฟ้าจริงดังภาพ 4(ก)

สำหรับการคำนวณค่ากำลังไฟฟ้าไมโครคอนโทรลเลอร์ในชุดตรวจวัดจะทำการอ่านค่าสัญญาณแรงดันไฟฟ้า (V_{ac}) และกระแสไฟฟ้า (I_{ac}) จากตัวตรวจวัด และคำนวณค่ากำลังไฟฟ้าโดยอ้างอิงหลักการคำนวณค่ารากที่สองของกำลังสองเฉลี่ย (True RMS) ซึ่งคำนวณจากผลคูณของค่าแรงดันไฟฟ้าแบบ RMS (V_{RMS}) และค่ากระแสไฟฟ้าแบบ RMS (I_{RMS}) การเลือกใช้ค่า RMS จะช่วยให้การคำนวณกำลังไฟฟ้ามีความแม่นยำและสะท้อนพฤติกรรมการใช้พลังงานของโหลดไฟฟ้าได้อย่างเหมาะสม นอกจากนั้น ชุดตรวจวัดจะทำการสะสมค่ากำลังไฟฟ้าตามช่วงการส่งข้อมูลทุก 2 นาที เพื่อคำนวณออกมาเป็นค่าพลังงานไฟฟ้า (energy) จากผลการทดสอบพบว่า ชุดตรวจวัดค่าทางไฟฟ้าสามารถวัดค่าแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าได้ใกล้เคียงกับมัลติมิเตอร์มาตรฐาน เช่น ในกรณีของ CT1 (โหลดไฟ 21 ดวง) มีค่าคลาดเคลื่อน 1.66% และ CT4 (เครื่องส่งลมเย็น 3 เครื่อง) มีคลาดเคลื่อน 2.05% ซึ่งอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้

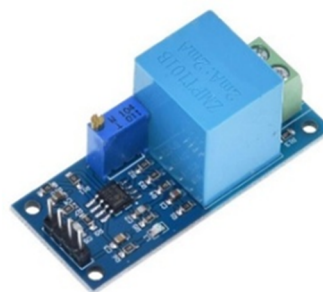
ตาราง 3

ค่าคุณลักษณะและข้อกำหนดต่าง ๆ ของชุดตรวจวัดทางไฟฟ้า

รายการ	ค่าที่กำหนด
แหล่งจ่ายไฟที่ใช้	220-250VAC $\pm 1\%$
ตัวตรวจจับกระแสไฟฟ้า	0-10 A $\pm 3\%$
ตัวตรวจจับแรงดันไฟฟ้า	0-250 VAC $\pm 3\%$
ไมโครคอนโทรลเลอร์	ESP32-WROOM-32U
โมดูลสื่อสาร	RAK3172
ความถี่ที่ใช้	923 MHz
ชุดข้อความ (Payload)	20 bytes
แบนด์วิดท์	125 kHz
แพ็คเกจการกระจาย	7-12
อัตราการเข้ารหัส (CR)	4/5
กำลังส่งสัญญาณ	14 dBm
กำลังส่งของเสาอากาศ	2.15 dBi
ระยะเวลาการส่งข้อมูล	ทุก ๆ 2 นาที



(ก)

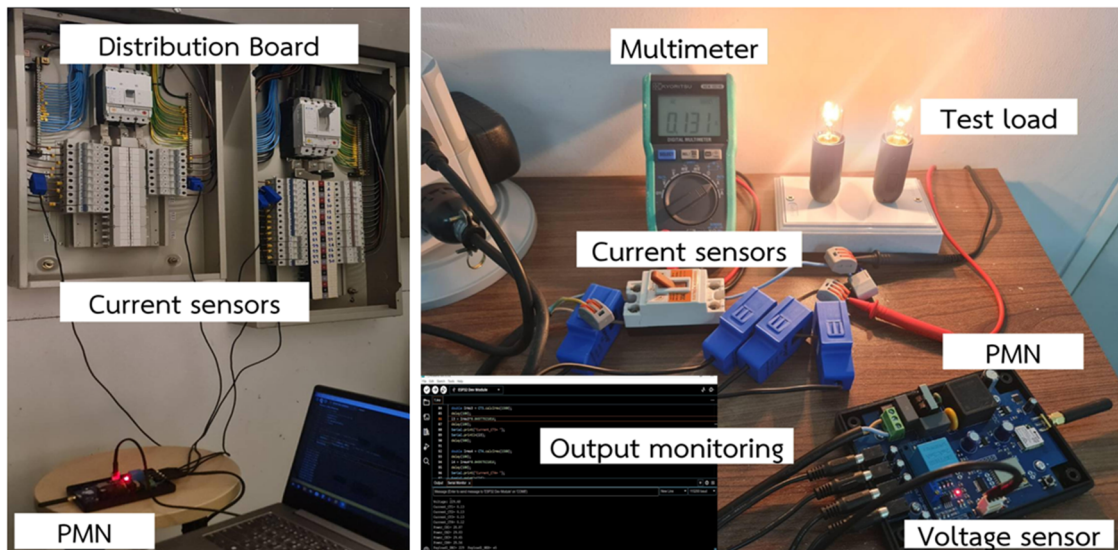


(ข)

ภาพ 3 ตัวตรวจจับที่ใช้ในงานวิจัย (ก) ตัวตรวจจับกระแสไฟฟ้า STC-013 (Iac) (ข) ตัวตรวจจับแรงดันไฟฟ้า ZMPT101B (Vac)

Note. From “SCT-013 split core current transformer,” by Innovatorsguru, 2015 (<https://innovatorsguru.com/sct-013-000/>). Copyright 2012-2026 by Innovatorsguru.

Note. From “ZMPT101B 2mA active single phase voltage transformer module AC output voltage sensor for Arduino mega,” by Mikroelec, 2019 (<https://www.mikroelec.com/product/116/zmpt101b-2ma-active-single-phase-voltage-transformer-module-ac-output-voltage-sensor-for-arduino-meg>). Copyright 2019 by MikroElectronic.



(ก)

(ข)

ภาพ 4 การทดสอบความแม่นยำของชุดตรวจวัดค่าทางไฟฟ้า (ก) ในพื้นที่จริง (ข) ในห้องปฏิบัติการ

3. การพัฒนาชุดแสดงผลและแจ้งเตือนผ่านเว็บแอปพลิเคชัน

งานวิจัยนี้ได้ประยุกต์ใช้ ThingsBoard Cloud (PAAS) เวอร์ชัน 4.2.1.3 เป็นเว็บแอปพลิเคชันสำหรับแสดงผลค่าทางไฟฟ้าและแจ้งเตือนเหตุการณ์ผิดปกติแบบเรียลไทม์ โดยระบบทำงานบนสถาปัตยกรรมแบบ Client-Server เพื่อให้สามารถติดตามข้อมูลได้ทุกที่ทุกเวลา การเชื่อมต่อข้อมูลทำโดยรับข้อมูล (payload) จากชุดตรวจวัดค่าทางไฟฟ้าผ่าน LoRaWAN Network Server (ChirpStack) ด้วย HTTP Integration และเข้าถึงข้อมูลระหว่างกันผ่าน API Key เพื่อความปลอดภัย ข้อมูลจะถูกประมวลผลผ่าน Rule Engine ซึ่งกำหนดเงื่อนไขให้ทำการแยกชุดข้อมูล (data decoding) และคำนวณพารามิเตอร์ทางไฟฟ้า ได้แก่ ค่าแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า พลังงานไฟฟ้า และค่าใช้จ่ายตามช่วงเวลาใช้งาน ซึ่งหากตรวจพบค่าที่ผิดปกติระบบจะสร้างการแจ้งเตือนผ่านหน้าแดชบอร์ด เพื่อให้ผู้ดูแลอาคารจะดำเนินการเข้าตรวจสอบในพื้นที่จริง (on-site inspection) ดำเนินการแก้ไข (corrective action) และตรวจสอบผลการแก้ไขผ่านหน้าแดชบอร์ดเพื่อยืนยัน (verification) ว่าการใช้พลังงานกลับเข้าสู่สภาวะปกติ โดยข้อมูลที่ประมวลผลแล้วจะถูกจัดเก็บลงในฐานข้อมูล InfluxDB ในรูปแบบอนุกรมเวลา (time-series data) โดยบันทึกพร้อมกับ Timestamp และ Device ID เพื่อรองรับการสืบค้นย้อนหลังและการวิเคราะห์ประสิทธิภาพ

พลังงาน รวมถึงสามารถทำซ้ำและเพิ่มอุปกรณ์ใหม่ได้โดยง่าย ดังแสดงภาพรวมการทำงานของระบบในภาพ 5

สำหรับการแจ้งเตือนได้กำหนดเกณฑ์ตามค่ากำลังไฟฟ้า (P) ของห้องบรรยาย โดยอ้างอิงจากผลการสำรวจค่าทางไฟฟ้าในหัวข้อที่ผ่านมา ดังนี้

กรณี 1: ค่ากำลังไฟฟ้ามีค่าเท่ากับ 0 วัตต์ ($P=0$) หมายถึง ไม่มีการเปิดใช้งานอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในห้องบรรยาย

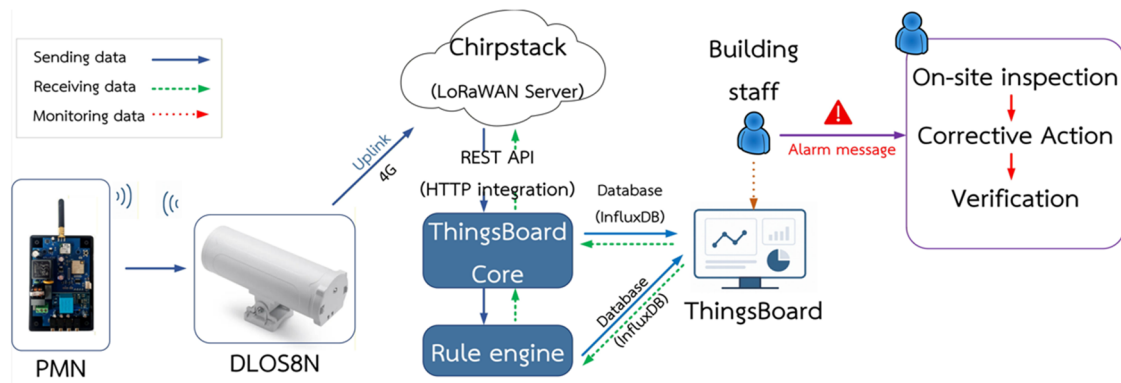
กรณี 2: ค่ากำลังไฟฟ้าอยู่ในช่วง 0 ถึง 100 วัตต์ ($0 < P < 100$) หมายถึง มีการเปิดใช้งานอุปกรณ์ไฟฟ้าบางส่วนเล็กน้อย

กรณี 3: ค่ากำลังไฟฟ้ามีค่ามากกว่า 100 วัตต์ ($P > 100$) หมายถึง มีการเปิดใช้งานอุปกรณ์ไฟฟ้าจากกิจกรรมต่าง ๆ ซึ่งระบบจะทำการแจ้งเตือนสถานะ “alarm” เฉพาะในกรณีที่ 2 เนื่องจากเป็นช่วงที่แสดงถึงการใช้พลังงานโดยไม่เกิดประโยชน์จากการลิมิตอุปกรณ์หรือการใช้พลังงานในโหมดสแตนด์บาย ระบบจะไม่แจ้งเตือนในกรณีที่ไม่มีกิจกรรมภายในห้อง ($P=0$ W) หรือมีการใช้งานปกติ ($P > 100$ W) เพื่อหลีกเลี่ยงการแจ้งเตือนเกินจำเป็น ทั้งนี้ การแจ้งเตือนจะปรากฏบนหน้าจอแสดงผล (dashboard) ของ ThingsBoard แบบเรียลไทม์ และสามารถเก็บบันทึกผลข้อมูลเพื่อนำมาวิเคราะห์ในภายหลังได้ ดังแสดงในภาพ 6

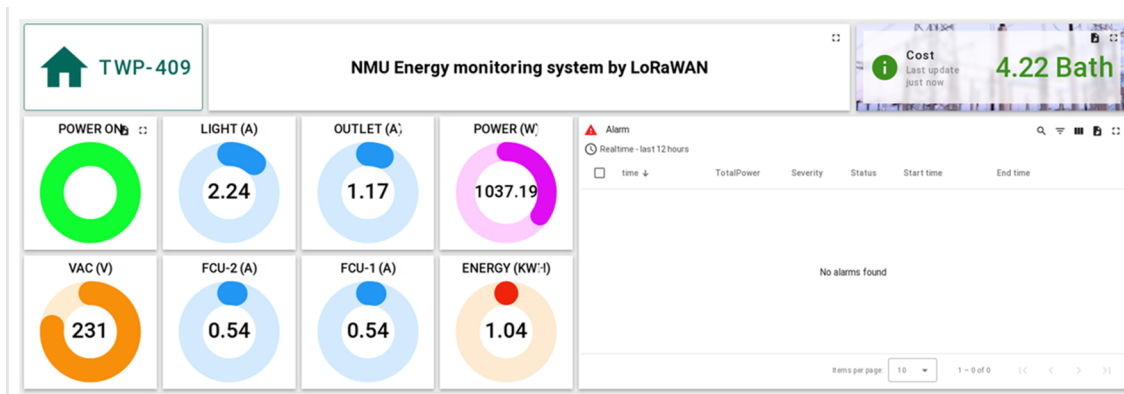
ตาราง 4

ค่าความคลาดเคลื่อนของชุดตรวจวัดค่าทางไฟฟ้าเทียบกับมัลติมิเตอร์มาตรฐาน

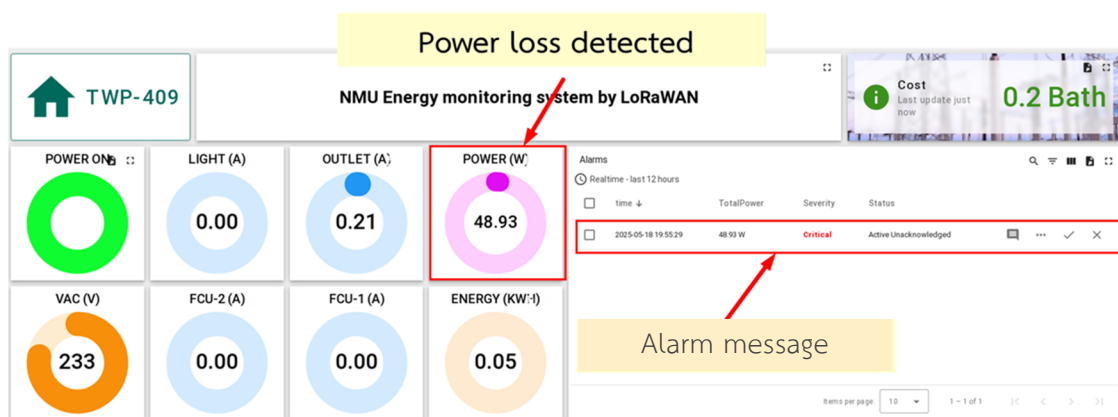
ตัวตรวจจับ	โหลด	ค่าที่วัดได้ (ค่าเฉลี่ย)		
		PMN	มัลติมิเตอร์มาตรฐาน	%ความคลาดเคลื่อน
VT	แหล่งจ่ายไฟฟ้า	228 โวลต์	230 โวลต์	0.87%
CT1	หลอดไฟแสงสว่าง (7 หลอด)	1.12 แอมแปร์	1.13 แอมแปร์	0.88%
	หลอดไฟแสงสว่าง (14 หลอด)	2.24 แอมแปร์	2.27 แอมแปร์	1.47%
	หลอดไฟแสงสว่าง (21 หลอด)	3.36 แอมแปร์	3.42 แอมแปร์	1.66%
CT2	คอมพิวเตอร์ 1 เครื่อง โปรเจคเตอร์ 1 เครื่อง	2.60 แอมแปร์	2.63 แอมแปร์	1.02%
	เครื่องขยายเสียง 1 ชุด โทรทัศน์ 2 เครื่อง			
	คอมพิวเตอร์ 1 เครื่อง โปรเจคเตอร์ 1 เครื่อง	1.40 แอมแปร์	1.43 แอมแปร์	1.87%
CT3	เครื่องส่งลมเย็น (1 เครื่อง)	0.66 แอมแปร์	0.67 แอมแปร์	1.49%
	เครื่องส่งลมเย็น (2 เครื่อง)	1.34 แอมแปร์	1.38 แอมแปร์	2.90%
	เครื่องส่งลมเย็น (3 เครื่อง)	2.08 แอมแปร์	2.13 แอมแปร์	2.19%
CT4	เครื่องส่งลมเย็น (1 เครื่อง)	0.64 แอมแปร์	0.66 แอมแปร์	2.54%
	เครื่องส่งลมเย็น (2 เครื่อง)	1.36 แอมแปร์	1.38 แอมแปร์	1.45%
	เครื่องส่งลมเย็น (3 เครื่อง)	2.07 แอมแปร์	2.11 แอมแปร์	2.05%



ภาพ 5 ภาพรวมการทำงานของระบบ



(ก)



(ข)

ภาพ 6 หน้าจอแสดงผล (Dashboard) (ก) กรณีปกติ (ข) กรณีมีการแจ้งเตือน

จากภาพแสดงหน้าจอแสดงผลของห้องบรรยาย เมื่อมีการใช้งานอุปกรณ์ไฟฟ้าในห้องแดชบอร์ดจะแสดงสถานะ “Power on” ด้วยแถบสีเขียวเพื่อบ่งชี้ว่ามีกระแสไฟฟ้าไหลอยู่ในระบบ ดังภาพ 6(ก) แสดงค่ากระแสไฟฟ้าของอุปกรณ์ที่ใช้งานตามจริง รวมถึงค่ากำลังไฟฟ้า พลังงาน และค่าใช้จ่าย โดยค่ากำลังไฟฟ้ามีค่า 1,037.19 วัตต์ ซึ่งไม่เข้าเงื่อนไขการสูญเสียพลังงาน จึงไม่มีการแจ้งเตือนปรากฏในตาราง Alarm ในทางตรงกันข้ามภาพ 6(ข) แสดงกรณีที่ระบบตรวจพบการใช้พลังงานโดยเปล่าประโยชน์หรืออยู่ในโหมดสแตนด์บาย โดยค่ากำลังไฟฟ้าลดลงเหลือ 48.93 วัตต์ ซึ่งอยู่ในช่วงเงื่อนไขการแจ้งเตือน ($0 < P < 100$ W) ระบบจึงสร้างการแจ้งเตือนโดยอัตโนมัติ พร้อมระบุเวลาและสถานะของเหตุการณ์ในตาราง “Alarm message”

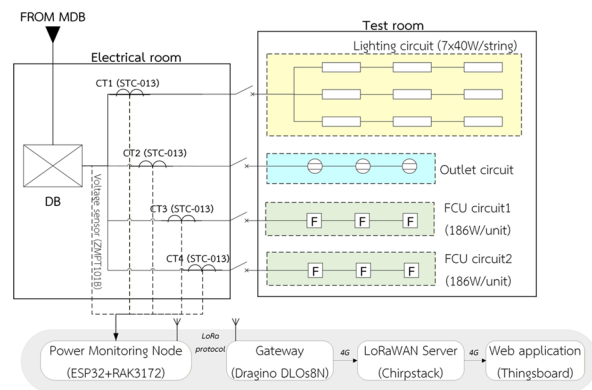
เพื่อให้ผู้ดูแลอาคารที่เป็นผู้ใช้งานระบบสามารถตรวจสอบและดำเนินการปิดอุปกรณ์ที่ไม่จำเป็นได้อย่างทัน่วงที

4. การติดตั้งระบบตรวจจัดการสูญเสียพลังงาน

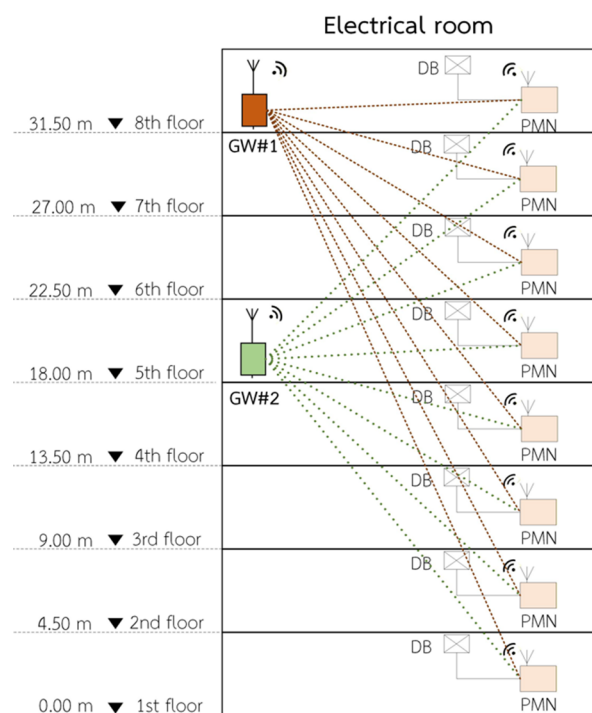
ขั้นตอนสุดท้ายเป็นการติดตั้งระบบตรวจจัดการสูญเสียพลังงานเพื่อเก็บข้อมูลในพื้นที่ห้องบรรยาย TWP409 จำนวน 1 ห้อง ซึ่งเป็นช่วงการใช้งานปกติของอาคาร ไม่มีการปรับปรุงหรือซ่อมแซมระบบไฟฟ้าที่อาจส่งผลกระทบต่อข้อมูลการตรวจวัด โดยได้ติดตั้งชุดตรวจวัดทางไฟฟ้าไว้ภายในห้องไฟฟ้าชั้น 4 ของอาคาร เพื่อทำการตรวจวัดค่าแรงดันไฟฟ้าและค่ากระแสไฟฟ้าของอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในห้อง โดยสามารถแสดงภาพรวมการติดตั้งระบบดังภาพ 7

นอกจากนี้ในส่วนของการติดตั้งเกตเวย์ได้ทำการทดสอบจุดติดตั้งเกตเวย์จำนวน 2 จุดภายในอาคารสูง 8 ชั้น เพื่อประเมินสมรรถนะในการรับ-ส่งข้อมูลของโครงข่าย LoRaWAN โดยใช้โมดูลสื่อสาร LoRa รุ่น RAK3172 พร้อมเสาอากาศ ซึ่งติดตั้งอยู่ในชุดตรวจวัดค่าทางไฟฟ้าที่พัฒนาขึ้น ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์รับสัญญาณจากเกตเวย์สำเร็จรูป และกำหนดตำแหน่งที่หนึ่งคือในห้องไฟฟ้าบริเวณชั้นบนสุดของอาคาร (เกตเวย์ #1) และตำแหน่งที่สองติดตั้งในห้องไฟฟ้าบริเวณชั้น 5 ซึ่งเป็นตำแหน่งกึ่งกลางของอาคาร (เกตเวย์ #2) จากนั้นทำการทดสอบการรับ-ส่งข้อมูลจากชุดตรวจวัดค่าทางไฟฟ้าตั้งแต่ชั้น 1 ถึงชั้น 8 ภายใต้สภาพแวดล้อมจริงภายในอาคาร ดังแสดงในภาพ 8 และสามารถสรุปผลการทดสอบคุณภาพของสัญญาณได้ดังตาราง 5

จากข้อมูลในตาราง 5 รวมถึงภาพ 9(ก) และภาพ 9(ข) ได้แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Mean±SD) ของค่า RSSI และค่า SNR ในแต่ละชั้นของอาคาร จากการติดตั้งเกตเวย์ 2 ตำแหน่งพบว่า เกตเวย์#2 ซึ่งติดตั้งในตำแหน่งกึ่งกลางอาคารให้ค่า RSSI สูงกว่าเกตเวย์ #1 ในเกือบทุกชั้น สะท้อนให้เห็นถึงประสิทธิภาพของการติดตั้งเกตเวย์ในตำแหน่งที่สามารถกระจายสัญญาณได้ทั้งทิศทางขึ้นและลงอย่างเหมาะสม ขณะเดียวกันค่า SNR ของเกตเวย์#2 โดยเฉพาะในชั้น 3-6 ค่า SNR จะอยู่ในช่วง 10-14 dB แสดงถึงคุณภาพสัญญาณที่ดีและมีสัญญาณรบกวนต่ำ ในทางตรงกันข้ามเกตเวย์#1 มีค่า SNR ติดลบในหลายชั้น โดยเฉพาะชั้นที่ 1 มีค่าเท่ากับ -7.65 dB แสดงถึงความเสี่ยงในการสูญเสียข้อมูลสูง นอกจากนี้เมื่อพิจารณาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานสังเกตได้ว่าเมื่อชุดตรวจวัดค่าทางไฟฟ้าอยู่ห่างจากเกตเวย์มากขึ้น ค่าที่วัดได้จะมีความผันผวนสูงขึ้น และจะมีค่าต่ำเมื่ออยู่ใกล้กัน แสดงถึงความสม่ำเสมอและความเสถียรในการรับ-ส่งข้อมูล ทั้งนี้ ความผันผวนดังกล่าวอาจมาจากสภาพแวดล้อมภายในอาคาร เช่น โครงสร้างอาคารหรือคลื่นรบกวนแม่เหล็กไฟฟ้า (EMI) จากอุปกรณ์ไฟฟ้าใกล้เคียง



ภาพ 7 ภาพรวมการติดตั้งระบบ

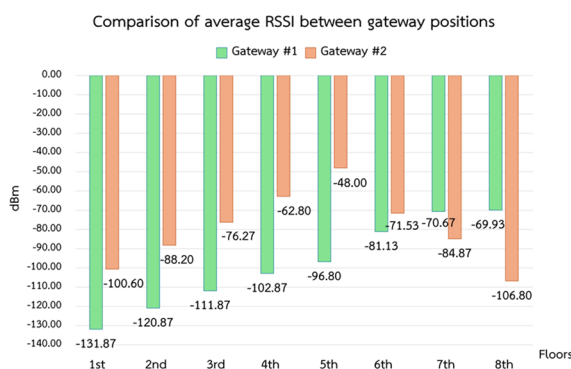


ภาพ 8 การทดสอบคุณภาพสัญญาณของการสื่อสาร LoRa ภายในอาคาร

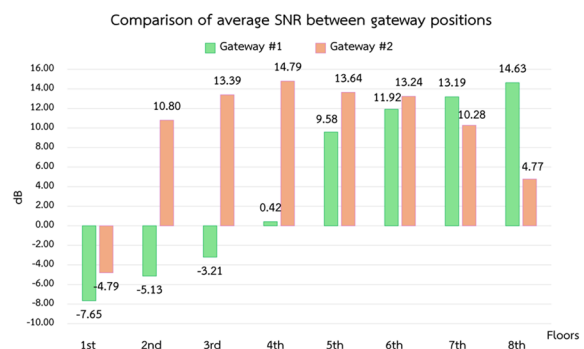
ตาราง 5

คุณภาพสัญญาณของเครือข่าย LoRaWAN ภายในอาคาร

ชั้น	เกตเวย์#1				เกตเวย์#2			
	RSSI	RSSI (dBm)	SNR	SNR (dB)	RSSI	RSSI (dBm)	SNR	SNR (dB)
	(dBm)	(Mean±SD)	(dB)	(Mean±SD)	(dBm)	(Mean±SD)	(dB)	(Mean±SD)
1	-131.87	-131.87±1.85	-7.65	-7.65±5.65	-100.60	-100.60±1.36	-4.79	-4.79±4.27
2	-120.87	-120.87±1.60	-5.13	-5.13±2.94	-88.20	-88.20±0.75	10.80	10.80±1.22
3	-111.87	-111.87±1.55	-3.21	-3.21±2.64	-76.27	-76.27±0.57	13.39	13.39±0.32
4	-102.53	-102.53±1.46	0.42	0.42±2.97	-62.80	-62.80±0.40	14.79	14.79±0.29
5	-96.80	-96.80±0.41	9.58	9.58±0.94	-48.00	-48.00±0.00	13.64	13.64±0.26
6	-81.13	-81.13±0.35	11.92	11.92±0.30	-71.53	-71.53±0.50	13.24	13.24±0.61
7	-70.67	-70.67±0.49	13.19	13.19±0.33	-84.87	-84.87±1.26	10.28	10.28±1.35
8	-69.93	-69.93±1.71	14.63	14.63±1.50	-106.80	-106.80±6.81	4.77	4.77±1.09



(ก)



(ข)

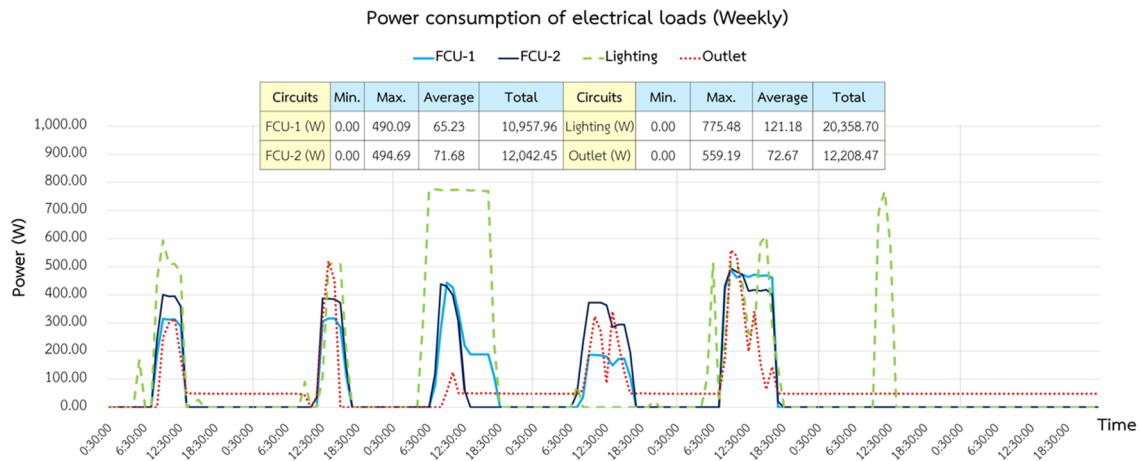
ภาพ 9 ค่าคุณภาพสัญญาณระหว่างเกตเวย์สองตำแหน่งต่างกัน (ก) ค่า RSSI (ข) ค่า SNR

ดังนั้นจึงเลือกติดตั้งเกตเวย์ในตำแหน่งกึ่งกลางของอาคาร เพื่อเพิ่มความครอบคลุมของสัญญาณ นอกจากนี้ ตำแหน่งกึ่งกลางอาคารยังช่วยให้รูปแบบการกระจายสัญญาณของเสาอากาศมีความสมดุลมากขึ้น ลดผลกระทบจากมุมอับของสัญญาณ และการสะท้อนของคลื่นที่มักเกิดในอาคารหลายชั้น และให้การสื่อสารรับ-ส่งข้อมูลกับชุดตรวจวัดค่าทางไฟฟ้าที่ติดตั้งที่ชั้น 4 เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและมีความเสถียรมากยิ่งขึ้น

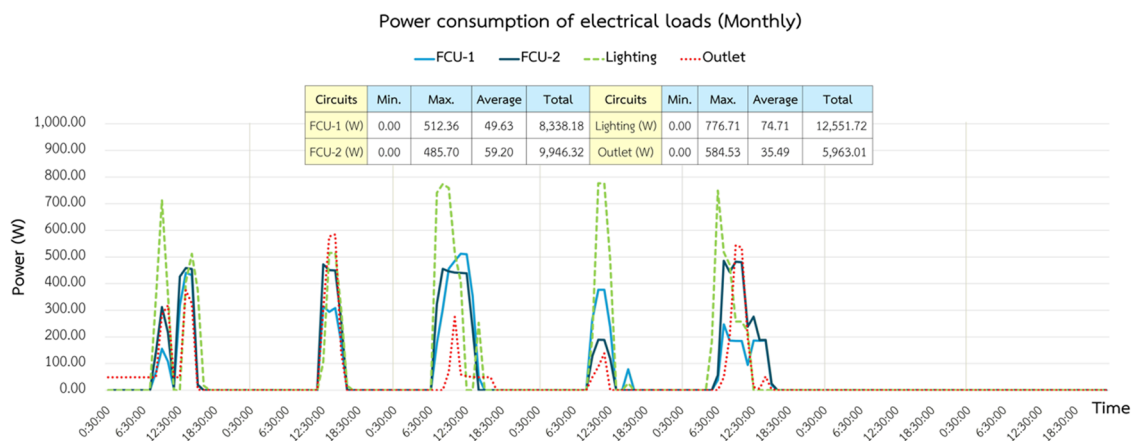
ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

1. ผลการบันทึกและการวิเคราะห์ข้อมูลของระบบตรวจจัดการสูญเสียพลังงานไฟฟ้า

ในช่วงแรกของการทดสอบได้ทำการติดตั้งระบบตรวจจัดการสูญเสียพลังงานเพื่อศึกษาลักษณะการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในพื้นที่ โดยบันทึกและแสดงผลข้อมูลกำลังไฟฟ้าเป็นระยะเวลา 1 สัปดาห์ ดังภาพ 10 พบว่า ค่ากำลังไฟฟ้าของอุปกรณ์แต่ละชนิดมีรูปแบบการใช้งานที่สอดคล้องกับช่วงเวลาเรียนระหว่าง 09.00–17.00 น. โดยลักษณะของค่ากำลังไฟฟ้าที่เกิดจากการใช้งานของผู้ใช้อาคารมีความแปรปรวนจากปัจจัยหลายประการ เช่น ความถี่ในการใช้งานอุปกรณ์ไฟฟ้า เวลาเรียน กิจกรรมพิเศษนอกตารางเรียน รวมถึงกระบวนการทำความสะอาดหลังเลิกเรียน ส่งผลให้ค่ากำลังไฟฟ้าและช่วงเวลาการใช้งานในแต่ละวันไม่คงที่โดยพบการใช้พลังงานของวงจรไฟแสงสว่างในช่วงนอกเวลาทำงานเป็นครั้งคราว เมื่อตรวจสอบพบว่า มาจากการทำความสะอาดห้องหลังเลิกเรียนและการเปิดไฟทิ้งไว้



ภาพ 10 ภาพรวมค่ากำลังไฟฟ้าของห้องบรรยายในระยะเวลา 1 สัปดาห์ ก่อนการปรับปรุง



ภาพ 11 ภาพรวมค่ากำลังไฟฟ้าของห้องบรรยายในระยะเวลา 1 สัปดาห์ ภายหลังการปรับปรุง

นอกจากนั้น เมื่อพิจารณาค่ากำลังไฟฟ้าของวงจร
 เตารับไฟฟ้า พบค่ากำลังไฟฟ้าระดับต่ำอย่างต่อเนื่องโดยมี
 ค่าเฉลี่ย 48.73 วัตต์ ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่ามาจากประเภท
 ของอุปกรณ์ไฟฟ้ากลุ่มเดียวกัน สอดคล้องกับการแจ้งเตือน
 จากระบบ ซึ่งมาจากการเปิดสวิตช์ไฟของปลั๊กพ่วงไฟฟ้าที่
 เชื่อมต่อกับอุปกรณ์เครื่องขยายเสียงและโปรเจกเตอร์ทิ้งไว้
 โดยไม่ได้เปิดใช้งานอุปกรณ์ดังกล่าว ส่งผลให้เกิดการใช้
 พลังงานในโหมดสแตนด์บาย ซึ่งแม้จะมีค่ากำลังไฟฟ้าไม่
 สูงมาก แต่ถือเป็นการสูญเสียพลังงานโดยไม่ได้ก่อให้เกิด
 ประโยชน์ในการใช้งานจริง ผู้วิจัยจึงได้แจ้งข้อมูลดังกล่าว
 ให้ผู้ดูแลอาคารทราบ พร้อมเสนอให้ทดลองใช้ระบบตรวจจับ
 สูญเสียพลังงาน ผลพบว่า ระบบสามารถแจ้งเตือนและช่วย
 สนับสนุนการตัดสินใจของผู้ดูแลอาคารในการดำเนินการลด
 การสูญเสียพลังงานโดยเปล่าประโยชน์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ
 สังเกตได้จากค่ากำลังไฟฟ้าของวงจรเตารับไฟฟ้าในภาพ 11
 ซึ่งไม่ปรากฏการใช้พลังงานในระดับต่ำอย่างต่อเนื่องเป็น
 ระยะเวลาสั้น เนื่องจากการดำเนินการแก้ไขได้ทันเวลาที่

อย่างไรก็ตาม เพื่อให้สามารถประเมินผลการ
 ทดลองได้อย่างชัดเจน จึงดำเนินการเก็บข้อมูลอย่างต่อเนื่อง
 เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ทั้งก่อนและหลังการปรับปรุงผ่าน
 ระบบที่พัฒนาขึ้นและดำเนินการแก้ไขเมื่อพบเหตุการณ์ผิด
 ปกติ โดยสามารถสรุปผลจากข้อมูลบันทึกการทำงานของ
 ระบบ (data log) ได้ดังตาราง 6 ผลข้อมูลพลังงานไฟฟ้า
 สูญเสียในโหมดสแตนด์บายแสดงให้เห็นว่า ค่ากำลังไฟฟ้า
 เฉลี่ยทั้งก่อนการปรับปรุงและหลังการปรับปรุงตลอดระยะ
 เวลาทดลองมีค่าใกล้เคียงกันอยู่ในช่วง 48-49 วัตต์ ซึ่งเป็น
 ค่าที่เกิดจากโหลดชนิดเดียวกัน โดยก่อนการปรับปรุงพบ
 ระยะเวลาการสูญเสียพลังงานจากโหมดสแตนด์บายมีค่า
 เท่ากับ 164.42 ชั่วโมง คิดเป็นค่าพลังงานไฟฟ้าสูญเสีย
 รวม 7,977.73 วัตต์ชั่วโมง ขณะที่หลังการปรับปรุง ระยะ
 เวลาดังกล่าวลดลงเหลือ 1.72 ชั่วโมง ส่งผลให้พลังงาน
 ไฟฟ้าสูญเสียลดลง 7,892.77 วัตต์ชั่วโมง หรือคิดเป็นการ
 ลดลงมากกว่าร้อยละ 98.63

ตาราง 6

ค่าพลังงานไฟฟ้าสูญเสียจากการใช้พลังงานในโหมดสแตนด์บายของอุปกรณ์ไฟฟ้าตลอดระยะเวลา 4 สัปดาห์

ตัวแปร	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง
กำลังไฟฟ้าสูญเสียเฉลี่ย (วัตต์)	48.58	49.52
ระยะเวลา (ชั่วโมง)	164.42	1.72
พลังงานไฟฟ้าสูญเสียเฉลี่ย (วัตต์ชั่วโมง)	7,977.73	84.96

การทดลองอย่างชัดเจนของระยะเวลาการสูญเสียพลังงานดังกล่าว สะท้อนให้เห็นถึงการตอบสนองของผู้ดูแลอาคารที่มีต่อการแจ้งเตือนของระบบ โดยการแสดงผลข้อมูลเชิงตัวเลขทำให้สามารถรับรู้และตระหนักถึงการสูญเสียพลังงานได้อย่างชัดเจนและสนับสนุนการตัดสินใจเป็นผลให้เกิดการตรวจสอบและดำเนินการปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ไม่ได้ใช้งานอย่างทันท่วงที ซึ่งช่วยลดการใช้พลังงานในโหมดสแตนด์บายที่ไม่จำเป็นและต่อเนื่อง

2. สมรรถนะการรับ-ส่งข้อมูลของระบบตรวจจับการสูญเสียพลังงาน

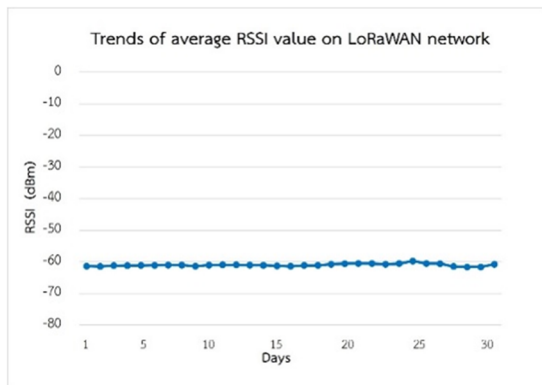
ในการวัดสมรรถนะการรับ-ส่งข้อมูลของระบบตรวจจับการสูญเสียพลังงาน ผู้วิจัยได้ทำการบันทึกข้อมูลการสื่อสารระหว่างระหว่างชุดตรวจวัดค่าทางไฟฟ้าและเกตเวย์ โดยแสดงผลค่า RSSI และค่า SNR ในระยะเวลา 1 เดือน

ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า ระบบมีสมรรถนะการรับ-ส่งข้อมูลที่มีความเสถียรและอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ โดยค่า RSSI เฉลี่ยของระบบมีค่าเท่ากับ -61.01 เดซิเบลมิลลิวัตต์ และมีแนวโน้มค่อนข้างคงที่ แสดงถึง ความเสถียรในการรับ-ส่งข้อมูลของระบบและมีความต่อเนื่องของการสื่อสารระหว่างอุปกรณ์ ดังแสดงในภาพ 12(ก) ในขณะที่ค่า SNR มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 14.70 เดซิเบล ดังภาพ 12(ข) แม้ว่าจะพบการแกว่งของค่าบางช่วงเวลา แต่ค่า SNR ยังคงมีค่าเป็นบวกและอยู่ในระดับที่เหมาะสม สะท้อนให้เห็นว่า

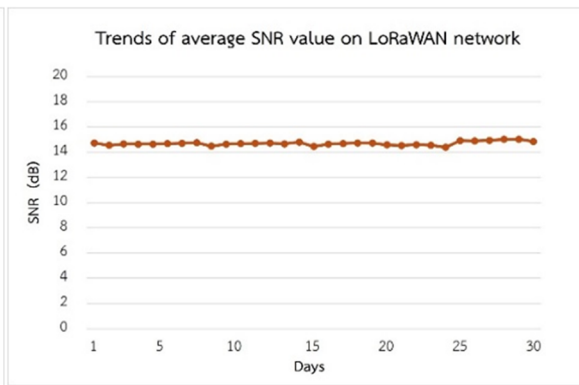
สัญญาณหลักมีความชัดเจนมากกว่าสัญญาณรบกวน ทั้งนี้เนื่องมาจากการติดตั้งเกตเวย์ในตำแหน่งกึ่งกลางของอาคารสามารถช่วยลดระยะทางการสื่อสารและจำนวนสิ่งกีดขวางที่สัญญาณต้องผ่านในทุกทิศทาง ทำให้สามารถลดผลกระทบจากข้อจำกัดด้านโครงสร้างอาคารที่เป็นคอนกรีตเสริมเหล็กหลายชั้น ซึ่งอาจทำให้การแพร่กระจายของคลื่นวิทยุถูกกลทอนเมื่อสัญญาณต้องผ่านพื้นและผนังคอนกรีตจำนวนมาก

นอกจากนี้ พบว่า ผลลัพธ์มีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ Kanadee and Chaimool (2024) และอยู่ในระดับที่ดีกว่า โดยเฉพาะค่า SNR ที่มีค่าเป็นบวกอย่างต่อเนื่อง สะท้อนให้เห็นถึงความชัดเจนของสัญญาณหลักเมื่อเทียบกับสัญญาณรบกวน ทั้งนี้ ความแตกต่างของค่าเชิงปริมาณอาจเกิดจากตำแหน่งการติดตั้งเกตเวย์ที่อยู่กึ่งกลางอาคาร ซึ่งช่วยลดระยะทางการสื่อสารและจำนวนสิ่งกีดขวาง ส่งผลให้การแพร่กระจายของคลื่นวิทยุมีประสิทธิภาพมากขึ้น

กล่าวได้ว่าสมรรถนะการสื่อสารของระบบตรวจจับการสูญเสียพลังงานที่พัฒนาขึ้นนี้มีความเสถียรและน่าเชื่อถือภายใต้สภาพแวดล้อมภายในอาคาร ทั้งค่า RSSI และ SNR อยู่ในระดับที่เหมาะสมต่อการรับ-ส่งข้อมูลทางไฟฟ้าได้แบบต่อเนื่อง อย่างไรก็ตาม ผลการทดลองนี้เป็นผลที่ได้จากการติดตั้งระบบเพียง 1 ห้อง หากมีการขยายการติดตั้งไปยังห้องหรือพื้นที่อื่นเพิ่มเติม อาจพิจารณาการใช้เสาอากาศที่มีกำลังขยายสูงขึ้น หรือการปรับตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์ให้เหมาะสมยิ่งขึ้น เพื่อลดผลกระทบจากสิ่งกีดขวางและการรบกวนของสัญญาณ



(ก)



(ข)

ภาพ 12 ค่าคุณภาพสัญญาณระยะเวลา 4 สัปดาห์ (ก) ค่าความแรงของสัญญาณ (RSSI) (ข) อัตราส่วนสัญญาณต่อสัญญาณรบกวน (SNR)

สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้นำเสนอระบบตรวจจับการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าของอาคารในระดับพื้นที่ย่อย (รายห้อง) โดยประกอบด้วย 2 ส่วนหลัก ได้แก่ ส่วนตรวจวัดค่าทางไฟฟ้าที่ประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการสื่อสารแบบไร้สาย LoRa ร่วมกับโครงข่าย LoRaWAN เพื่อตรวจวัดและสื่อสารข้อมูลไปยังส่วนแสดงผลผ่านเว็บแอปพลิเคชัน ThingsBoard เพื่อแสดงผลและแจ้งเตือนแบบทันทีทันใดเมื่อเกิดการใช้พลังงานที่ผิดปกติ ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่า ระบบดังกล่าวสามารถวัดและแสดงผลข้อมูลค่าแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าได้โดยมีความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของการวัดไม่เกิน $\pm 3\%$ เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน นอกจากนี้ ระบบยังแสดงให้เห็นถึงสมรรถนะด้านการรับ-ส่งข้อมูลที่เหมาะสมสำหรับการใช้งานภายในอาคาร จากค่าความแรงของสัญญาณ (RSSI) และค่าอัตราส่วนสัญญาณที่ได้รับต่อสัญญาณรบกวน (SNR) อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ สามารถรับ-ส่งข้อมูลได้อย่างต่อเนื่อง แม้อยู่ในสภาพแวดล้อมที่มีข้อจำกัดด้านการสื่อสาร อีกทั้งระบบสามารถติดตาม ตรวจจับการสูญเสียพลังงาน และแจ้งเตือนได้ตามเงื่อนไขค่ากำลังไฟฟ้าในการตรวจจับโหลดสแตนด์บายของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่กำหนดไว้ โดยการแจ้งเตือนของระบบที่แม่นยำมีส่วนช่วยในการบริหารจัดการพลังงานได้

อย่างรวดเร็ว ส่งผลให้สามารถลดการสูญเสียพลังงานได้ถึง 7,892.77 วัตต์ชั่วโมง หรือคิดเป็นการลดลงมากกว่าร้อยละ 98.63 หลังการติดตั้งระบบ

อย่างไรก็ตาม งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาจากห้องตัวแทนของอาคารเพียง 1 ห้อง และทดลองเก็บข้อมูลหลังการใช้งานระบบเพียง 4 สัปดาห์ ซึ่งอาจยังไม่ครอบคลุมรูปแบบการใช้งานที่หลากหลาย ดังนั้น เพื่อเพิ่มศักยภาพของระบบและการนำไปประยุกต์ใช้ในระดับที่กว้างขึ้น สามารถเพิ่มฟังก์ชันการควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าให้สามารถเปิด-ปิดการทำงานโดยอัตโนมัติเมื่อไม่มีการใช้งาน และเพื่อลดข้อผิดพลาดจากการลิมิตอุปกรณ์ของผู้ใช้งานอาคาร รวมถึงการเพิ่มจำนวนชุดตรวจวัดค่าทางไฟฟ้าให้ครอบคลุมทุกพื้นที่ของอาคาร เพื่อประเมินสมรรถนะของระบบภายใต้เงื่อนไขที่หลากหลาย นอกจากนั้น วิเคราะห์ความคุ้มค่าเชิงเศรษฐศาสตร์เพื่อส่งเสริมการใช้งานจริงในภาคปฏิบัติ

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยนวมินทราชินา ที่ให้การสนับสนุนข้อมูลในการดำเนินงานวิจัย สถานที่ และเครื่องมือต่าง ๆ อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการทำงานวิจัยนี้



References

- Al-Sammak, K. A., Al-Gburi, S. H., Marghescu, I., Drăgulescu, A.-M. C., Marghescu, C., Martian, A., Al-Sammak, N. A., Suci, G., & Alheeti, K. M. A. (2025). Optimizing IoT energy efficiency: Real-time adaptive algorithms for smart meters with LoRaWAN and NB-IoT. *Energies*, 18(4), 987. <https://doi.org/10.3390/en18040987>
- Bin, M., Kamarudin, C., Ayob, A., Hussain, A., Ansari, S., Abdolrasol, M., Mohamad, Bin, H., & Saad, M. H. (2024). Review of LoRaWAN: Performance, key issues and future perspectives. *Jurnal Kejuruteraan*, 36, 1-12. [https://doi.org/10.17576/jkukm-2024-36\(2\)-02](https://doi.org/10.17576/jkukm-2024-36(2)-02)
- Goh, J. Y., & Chua, D. W. (2024). A comparative analysis of wired vs. wireless data communication technologies. *International Journal of Electrical and Data Communication*, 5(2), 8-12. <https://www.datacomjournal.com/article/44/5-2-2-556.pdf>
- Guevara, N. E., Bolaños, Y. H., Diago, J. P., & Segura, J. M. (2022). Development of a low-cost IoT system based on LoRaWAN for monitoring variables related to electrical energy consumption in low voltage networks. *HardwareX*, 12, e00330. <https://doi.org/10.1016/j.ohx.2022.e00330>
- Hassan, A., Afrouzi, H., Siang, C., Ahmed, J., Mehrazamir, K., & Wooi, C. L. (2022). A survey and bibliometric analysis of different communication technologies available for smart meters. *Cleaner Engineering and Technology*, 7, 100424. <https://doi.org/10.1016/j.clet.2022.100424>
- InnovatorsGuru. (2015). *SCT-013 split core current transformer*. <https://innovatorsGuru.com/sct-013-000/>
- Jain, S., Pradish, M., Paventhan, A., Saravanan, M., & Das, A. (2018). Smart energy metering using LPWAN IoT technology. In R. Pillai (Ed.), *The 3rd International Conference and Exhibition on Smart Grids and Smart Cities Compendium of Technical Papers* (pp. 1-4). Springer.
- Kanadee, T., & Chaimool, S. (2024). Application of LoRaWAN-based system for electric energy monitoring and data acquisition in a smart building [In Thai]. *The Journal of KMUTNB*, 34(3), 1-13. <https://doi.org/10.14416/j.kmutnb.2022.05.005>
- Khunboa, C. (2019). *IoT: Internet of Things* [In Thai]. Se-education.
- Khunboa, C. (2023). *Adapted from develop IoT on ESP32 microcontroller with MicroPython language* [In Thai]. Chulabook.
- Mikroelec. (2019). *ZMPT101B 2mA active single phase voltage transformer module AC output voltage sensor for arduino mega* [In Thai]. <https://www.mikroelec.com/product/116/zmpt101b-2ma-active-single-phase-voltage-transformer-module-ac-output-voltage-sensor-for-arduino-meg>.
- Montagny, S. (2022). *LoRa - LoRaWAN and Internet of Things for beginners*. Université Savoie Mont Blanc. <https://www.univ-smb.fr/lorawan/wp-content/uploads/2022/01/Book-LoRa-LoRaWAN-and-Internet-of-Things.pdf>
- National Broadcasting and Telecommunications Commission [NBTC]. (2017). *Technical standards for Radio Communication Devices, Radio Frequency Identification: RFID* [In Thai]. Royal Thai Government Gazette. <https://www.ratchakitcha.soc.go.th/DATA/PDF/2560/E/289/50.PDF>

- Nunak, N., & Suesat, T. (2012). *Measurement and instrumentation* [In Thai]. Faculty of Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang (KMITL).
- Rahman, A., Zaman, F., & Abdullah, S. (2018). Performance analysis of LPWAN using LoRa technology for IoT application. *International Journal of Engineering and Technology (UAE)*, 7, 212-216. <https://doi.org/10.14419/ijet.v7i4.11.20808>
- Ramadhan, S., Lisapaly, L., & Boesrony, D. (2021). Smart energy monitoring based on IoT Lora-Wan on the campus buildings: Case study Indonesian Defence University (Unhan), Sentul, Bogor. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 878, 1-7. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/878/1/012065>
- Salam, R. A., Ratyal, N. I., Ahmed, U., Aziz, I., Sajid, M., & Mahmood, A. (2024). An overview of recent wireless technologies for IoT-enabled smart grids. *Journal of Electrical and Computer Engineering*, 2024, 2568751. <https://doi.org/10.1155/jece/2568751>
- Santos, D., & Ferreira, J. C. (2019). IoT power monitoring system for smart environments. *Sustainability*, 11(19), 5355. <https://doi.org/10.3390/su11195355>
- Semtech Corporation. (2024). *LoRa® and LoRaWAN®*. Semtech. <https://www.semtech.com/uploads/technology/LoRa/lora-and-lorawan.pdf>
- Sinha, R. S., Wei, Y., & Hwang, S. H. (2017). A survey on LPWA technology: LoRa and NB-IoT. *ICT Express*, 3(1), 14-21. <https://doi.org/10.1016/j.icte.2017.03.004>
- Smith, C. B., & Parmenter, K. E. (2016). *Energy management principles* (2nd ed.). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802506-2.00001-X>
- Sornin, N., Luis, M., Eirich, T., Kramp, T., & Hersent, O. (2015). *LoRaWAN™ Specification*. LoRa Alliance Inc. https://loro-alliance.org/wp-content/uploads/2020/11/2015_-_lorawan_specification_1r0_611_1.pdf
- Termsawasd, S., & Chaiyakul, Y. (2024). Energy consumptions in university case study: Rajabhat Maha Sarakham University [In Thai]. *Journal of Architecture, Design and Construction*, 6(1), 52-65. <https://so02.tci-thaijo.org/index.php/Jadc/article/view/262506>
- Thirunavukkarasu, K., & Raju, L. (2025). Enhanced energy efficiency smart buildings through LoRaWAN and adaptive machine learning techniques. *Wireless Networks*, 31(3), 2875-2892. <https://doi.org/10.1007/s11276-025-03915-5>
- Turner, W. C., & Doty, S. (2006). *Energy management handbook* (6th ed.). The Fairmount Press.



การพัฒนาและประเมินโปรแกรมส่งเสริมความรู้สุขภาพทางเพศ ในวัยรุ่นอาชีวศึกษา

Development and Evaluation of a Sexual Health Literacy Promotion Program among Vocational Adolescents

อัจฉราพร คำภา¹ นุจรี ไชยมงคล^{1*} และพจนารถ สารพัด¹
Utcharaporn Khampha¹, Nujaree Chaimongkol^{1*} and Photjanart Sarapat¹

¹คณะพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

¹Faculty of Nursing Burapha University

*Corresponding author: nujaree@buu.ac.th

Received: October 29, 2025

Revised: February 20, 2026

Accepted: February 26, 2026

บทคัดย่อ

ปัญหาการตั้งครรภ์ไม่พึงประสงค์ในวัยรุ่นเป็นผลมาจากพฤติกรรมเสี่ยงทางเพศโดยเฉพาะการขาดความรู้สุขภาพทางเพศและพบมีอัตราสูงในวัยรุ่นอาชีวศึกษา การวิจัยกึ่งทดลองแบบกลุ่มเดียววัดซ้ำครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและประเมินโปรแกรมส่งเสริมความรู้สุขภาพทางเพศในวัยรุ่นอาชีวศึกษา คัดเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบสะดวกตามคุณสมบัติที่กำหนด เป็นวัยรุ่นจำนวน 11 คนที่กำลังศึกษาชั้นปีที่ 2 วิทยาลัยอาชีวศึกษาแห่งหนึ่ง จังหวัดปทุมธานี ผู้วิจัยพัฒนาโปรแกรมตามแนวคิดความรู้สุขภาพทางเพศร่วมกับการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง ประกอบด้วย 4 กิจกรรมที่ให้กลุ่มตัวอย่างเรียนรู้แบบมีส่วนร่วมโดยการใช้แอปพลิเคชัน LINE Official Account บนสมาร์ตโฟน ได้แก่ การเข้าถึง การเข้าใจ การประเมิน และการประยุกต์ใช้ข้อมูลสุขภาพทางเพศ ดำเนินการ 2 สัปดาห์ ๆ ละ 2 กิจกรรม ประเมินความเป็นไปได้ของโปรแกรม การเข้าร่วมกิจกรรมของกลุ่มตัวอย่าง และเปรียบเทียบคะแนนพฤติกรรมป้องกันความเสี่ยงทางเพศและการตั้งครรภ์ โดยใช้แบบสอบถามพฤติกรรมป้องกันความเสี่ยงทางเพศและการตั้งครรภ์ มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.80 วัดซ้ำ 3 ครั้ง คือ ระยะเวลาก่อน-หลังการให้โปรแกรม และติดตามผล วิเคราะห์ข้อมูลด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ (one-way repeated ANOVA) ผลการวิจัยพบว่า โปรแกรมส่งเสริมความรู้สุขภาพทางเพศในวัยรุ่นอาชีวศึกษานี้ ความเป็นไปได้ในการนำไปใช้กับวัยรุ่นอาชีวศึกษา กลุ่มตัวอย่างมีอัตราการเข้าร่วมโครงการร้อยละ 91.7 คะแนนเฉลี่ยพฤติกรรมป้องกันความเสี่ยงทางเพศและการตั้งครรภ์ในระยะติดตามผลสูงกว่าในระยะหลังและก่อนการทดลอง ($M_{diff}=4.18$ $p<.05$ และ $M_{diff}=33.64$ $p<.001$) และคะแนนเฉลี่ยในระยะหลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($M_{diff}=29.46$ $p<.001$) งานวิจัยนี้มีข้อจำกัดการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบสะดวก กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเล็ก และไม่มีการควบคุม ซึ่งอาจจำกัดการสรุปอ้างอิงผลไปยังวัยรุ่นกลุ่มอื่น

คำสำคัญ: แอปพลิเคชันไลน์ โปรแกรมส่งเสริมความรู้สุขภาพทางเพศ พฤติกรรมป้องกันความเสี่ยงทางเพศและการตั้งครรภ์ วัยรุ่นอาชีวศึกษา

Abstract

Unwanted pregnancy among adolescents results from sexual risk behaviors, particularly inadequate sexual health literacy, which has been found to be prevalent among vocational adolescents. This quasi-experimental study employing a one-group repeated-measures design aimed to develop and evaluate a sexual health literacy promotion program for vocational adolescents. A convenience sample of eleven second-year students from a vocational college in Pathum Thani Province was recruited according to the study inclusion criteria. The program was developed by the researcher based on the concept of sexual health literacy and a review of relevant literature. It consisted of four participatory learning activities delivered through the LINE application on smartphones, focusing on accessing, understanding, evaluating, and applying sexual health information. The program was implemented twice a week, with two activities conducted each week. The feasibility of the program was evaluated based on its implementation and the participants' activity participation rate. In addition, sexual and pregnancy risk prevention behaviors were assessed using a sexual and pregnancy risk prevention behavior questionnaire with a reliability coefficient of 0.80. Outcomes were measured at three time points: pre-intervention, post-intervention, and follow-up. Data were analyzed using a one-way repeated-measures analysis of variance (ANOVA). The results indicated that the sexual health literacy promotion program was feasible for implementation among vocational adolescents. The participants achieved a participation rate of 91.7%. The mean score for sexual and pregnancy risk prevention behaviors during the follow-up period was significantly higher than those during both the post-intervention and pre-intervention periods ($p < 0.05$). Furthermore, the mean score during the post-intervention period was significantly higher than that during the pre-intervention period ($p < 0.05$).

Keywords: Line application, sexual health literacy promotion program, sexual and pregnancy risk prevention behaviors, vocational students



บทนำ

สังคมปัจจุบันมีการเปลี่ยนแปลงรวดเร็ว ส่งผลต่อค่านิยมและพฤติกรรมของเยาวชน โดยเฉพาะเรื่องเพศวัยรุ่นได้รับอิทธิพลจากกลุ่มเพื่อน สื่อและเทคโนโลยี โดยสามารถเข้าถึงข้อมูลเกี่ยวกับเรื่องเพศผ่านสื่อดิจิทัลและสื่อสังคมออนไลน์ได้ง่าย ทั้งจากแหล่งข้อมูลที่ถูกต้องและคลาดเคลื่อน ซึ่งอาจส่งผลต่อการรับรู้และการตัดสินใจทางเพศทำให้เกิดพฤติกรรมเสี่ยงทางเพศ เช่น การมีเพศสัมพันธ์โดยไม่ป้องกันและการดื่มแอลกอฮอล์ ซึ่งนำไปสู่โรคติดต่อทางเพศสัมพันธ์ (STIs) และการตั้งครรภ์ไม่พึงประสงค์ในประเทศไทยวัยรุ่นมีเพศสัมพันธ์ครั้งแรกอายุเฉลี่ยที่ 16.5 ปี โดยมีเพียงร้อยละ 43 ที่ใช้ถุงยางอนามัยเป็นประจำ

(Bureau of Reproductive Health, Department of Health, Ministry of Public Health, 2024) มีรายงาน ว่า นักเรียนอาชีวศึกษามีเพศสัมพันธ์มากกว่านักเรียนสายสามัญ ร้อยละ 40.4 (National Monitoring and Evaluation Unit Bureau of AIDS, TB and STIs, 2018; Department of Disease Control, Ministry of Public Health, 2024) และการใช้ถุงยางอนามัยในนักเรียนชายและหญิงระดับ ปวช. 2 อยู่ที่ร้อยละ 69.5 และ 74.6 ซึ่งสูงกว่าระดับมัธยมศึกษา ดังนั้น วัยรุ่นอาชีวศึกษาจึงเป็นกลุ่มที่มีความเสี่ยงสูงและจำเป็นต้องได้รับการแทรกแซงอย่างเร่งด่วน นอกจากนี้ พฤติกรรมเสี่ยงทางเพศที่พบ ได้แก่ การคุมกำเนิดอย่างไม่สม่ำเสมอ การเข้าใจผิดเกี่ยวกับการ

ป้องกันการตั้งครรภ์และโรคติดต่อทางเพศสัมพันธ์ (Bureau of Reproductive Health, Department of Health, Ministry of Public Health, 2023; Dengmasa et al., 2019)

ความรู้ด้านสุขภาพทางเพศ (Sexual Health Literacy: SHL) Martin (2017) หมายถึง ความรู้ ทักษะ และทักษะของบุคคลในการเข้าถึง ทำความเข้าใจ ประเมิน และประยุกต์ใช้ข้อมูลด้านสุขภาพทางเพศในบริบททางสังคม ทางเพศ ออนไลน์และการดูแลสุขภาพที่นำไปสู่การป้องกันสุขภาพทางเพศและความเป็นอยู่ที่ดี และเป็นสิ่งที่เปลี่ยนแปลงตลอดเวลาขึ้นอยู่กับปัจจัยส่วนบุคคล ระบบ การดูแลสุขภาพ บริบท และปัจจัยทางสังคม ความรู้ด้านสุขภาพมีความสัมพันธ์กับผลลัพธ์สุขภาพ Manganello (2008) ส่งเสริมให้เกิดพฤติกรรมทางเพศที่เหมาะสม ซึ่งช่วยเสริมสร้างความรู้และทักษะที่จำเป็นในการป้องกันโรคติดต่อทางเพศสัมพันธ์ การเลือกใช้วิธีคุมกำเนิดที่เหมาะสม โดยองค์ประกอบของความรอบรู้สุขภาพทางเพศ ได้แก่ (1) บุคคล คือ ความรู้ ทักษะ และแรงจูงใจของแต่ละบุคคลในการเข้าถึง ประเมิน และประยุกต์ใช้ข้อมูลด้านสุขภาพทางเพศ (2) แหล่งข้อมูล คือ ช่องทางในการเข้าถึงข้อมูลด้านสุขภาพทางเพศ เช่น โรงเรียน เพื่อน ครอบครัว อินเทอร์เน็ต บริการด้านสุขภาพ และ (3) บริบท คือ ปัจจัยแวดล้อมทางสังคม วัฒนธรรมและเศรษฐกิจที่ส่งผลต่อความรู้สุขภาพทางเพศ (Martin, 2017) ความรอบรู้สุขภาพทางเพศส่งผลต่อการลดพฤติกรรมเสี่ยงทางเพศ โดยช่วยให้บุคคลสามารถดูแลสุขภาพทางเพศได้ถูกต้อง ผ่านการใช้ข้อมูลด้านสุขภาพอย่างเหมาะสม Panyapin et al. (2023) ศึกษาผลของโปรแกรมโมบายแอปพลิเคชันในการส่งเสริมความรู้ด้านสุขภาพทางเพศ พบว่า ระดับความรู้ การตัดสินใจเลือกปฏิบัติ และพฤติกรรมในการป้องกันการตั้งครรภ์ไม่พึงประสงค์ในวัยรุ่นหญิงของกลุ่มทดลองสูงกว่าก่อนได้รับโปรแกรม และสูงกว่าในกลุ่มควบคุม และ Thongkorn and Chaimongkol (2023) ศึกษาผลของโปรแกรมการป้องกันการตั้งครรภ์โดยใช้โรงเรียนเป็นฐานต่อความรู้ด้านสุขภาพทางเพศ พฤติกรรมในการป้องกันการตั้งครรภ์และพฤติกรรมเสี่ยงทางเพศในวัยรุ่นหญิงและผู้ชาย พบว่า

คะแนนความรอบรู้ด้านสุขภาพทางเพศและพฤติกรรมในการป้องกันการตั้งครรภ์ทั้งระยะหลังการทดลองและระยะติดตามผลสูงกว่าก่อนการทดลอง ($p < .05$) และคะแนนพฤติกรรมเสี่ยงทางเพศทั้งในระยะหลังการทดลองและระยะติดตามผลต่ำกว่าระยะก่อนการทดลอง ($p < .05$)

จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่า โปรแกรมส่งเสริมความรู้ด้านสุขภาพทางเพศช่วยลดพฤติกรรมเสี่ยงทางเพศและการตั้งครรภ์ไม่พึงประสงค์ในวัยรุ่น อย่างไรก็ตามงานวิจัยส่วนใหญ่ยังมุ่งเน้นกลุ่มวัยรุ่นหญิงหรือวัยรุ่นทั่วไป ซึ่งอาจไม่สะท้อนบริบทและลักษณะเฉพาะของวัยรุ่นอาชีวศึกษา นอกจากนี้โปรแกรมส่วนใหญ่ยังใช้รูปแบบหรือเทคโนโลยีการเรียนรู้ที่ไม่สอดคล้องกับรูปแบบการใช้ชีวิตของวัยรุ่นในปัจจุบัน เช่น การให้ความรู้ในชั้นเรียนหรือสื่อที่ไม่เอื้อต่อการเรียนรู้ผ่านสมาร์ทโฟน ขณะที่วัยรุ่นนิยมเข้าถึงข้อมูลผ่านแอปพลิเคชันสื่อสังคมออนไลน์ ดังนั้น การศึกษารุ่นนี้จึงมุ่งพัฒนาโปรแกรมส่งเสริมความรู้สุขภาพทางเพศ โดยใช้แนวคิดความรู้สุขภาพทางเพศทั้ง 4 องค์ประกอบรวมกับการทบทวนวรรณกรรม และประยุกต์ใช้ LINE Official Application เป็นสื่อการเรียนรู้เพื่อศึกษาความเป็นไปได้และผลของโปรแกรมในการส่งเสริมพฤติกรรมป้องกันความเสี่ยงทางเพศและการตั้งครรภ์ในวัยรุ่นอาชีวศึกษา

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อพัฒนาโปรแกรมส่งเสริมความรู้สุขภาพทางเพศในวัยรุ่นอาชีวศึกษา

2. เพื่อประเมินโปรแกรมส่งเสริมความรู้สุขภาพทางเพศในวัยรุ่นอาชีวศึกษา โดยศึกษาความเป็นไปได้และอัตราการเข้าร่วมโปรแกรมของกลุ่มตัวอย่าง รวมทั้งเปรียบเทียบพฤติกรรมป้องกันความเสี่ยงทางเพศและการตั้งครรภ์ในวัยรุ่นอาชีวศึกษา ระยะก่อน-หลังการให้โปรแกรมและติดตามผล

กรอบแนวคิดในการวิจัย

ผู้วิจัยใช้แนวคิดความรอบรู้สุขภาพทางเพศ ของ Martin (2017) ร่วมกับการทบทวนวรรณกรรม องค์ประกอบของความรอบรู้สุขภาพทางเพศ ได้แก่

- การเข้าถึงข้อมูล: ความสามารถในการค้นหาและเข้าถึงข้อมูลด้านสุขภาพทางเพศที่ต้องการได้อย่างมีประสิทธิภาพ
- การเข้าใจข้อมูล: ความสามารถในการเข้าใจความหมายของข้อมูลด้านสุขภาพทางเพศที่ได้รับ
- การประเมินข้อมูล: ความสามารถในการวิเคราะห์และประเมินความน่าเชื่อถือของข้อมูลด้านสุขภาพทางเพศที่ได้รับ
- การประยุกต์ใช้ข้อมูล: ความสามารถในการนำความรู้และข้อมูลที่ได้รับไปใช้ในการตัดสินใจเกี่ยวกับพฤติกรรมทางเพศของตนเอง และการสื่อสารเรื่องสุขภาพทางเพศกับผู้อื่น

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นแบบกึ่งทดลองแบบกลุ่มเดียววัดซ้ำ (a quasi-experimental single-group repeated-measures research) โดยวัดผลก่อน-หลังการให้โปรแกรมและระยะติดตามผล

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรเป็นนักเรียนอาชีวศึกษาหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) ชั้นปีที่ 2 ที่ศึกษาอยู่ในสถานศึกษาอาชีวศึกษาของรัฐบาล

กลุ่มตัวอย่างคัดเลือกจากประชากรแบบสะดวก (a convenience sampling) โดยกำหนดคุณสมบัติ ดังนี้ (1) นักเรียนเพศชายและเพศหญิง (2) มีแฟน/คู่รักต่างเพศ ได้จากการสอบถามนักเรียน (3) อายุระหว่าง 15-18 ปี

(4) มีภาวะสุขภาพโดยทั่วไปเป็นปกติ ไม่มีโรคประจำตัวที่ร้ายแรงหรือการเจ็บป่วย (5) มีโทรศัพท์สมาร์ทโฟน และสามารถเข้าถึงอินเทอร์เน็ตได้ (6) ยินยอมให้เข้าร่วมกิจกรรมผ่าน LINE Official Account (7) สนใจในการเข้าร่วมโครงการวิจัย และ (8) ผู้ปกครองยินยอมให้เข้าร่วมในการวิจัย ขนาดกลุ่มตัวอย่างคำนวณโดยใช้ G*power program (Faul et al., 2007) โดยกำหนดค่า $\alpha=.05$ $power=.95$ และขนาดอิทธิพล การศึกษาความเป็นไปได้ มีค่าขนาดอิทธิพล (effect size=.56) จากงานวิจัยที่ผ่านมาของ Somjaipeng (2022) ได้ขนาดกลุ่มตัวอย่างอย่างน้อย 10 ราย ได้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 12 คน แต่จากการศึกษา 1 คน คงเหลือ 11 คน อัตราการเข้าร่วมโครงการของกลุ่มตัวอย่างร้อยละ 91.7 ($11/12 \times 100$)

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วยโปรแกรมส่งเสริมความรอบรู้สุขภาพทางเพศ และแบบสอบถาม ดังนี้

1. โปรแกรมส่งเสริมความรอบรู้สุขภาพทางเพศ ผู้วิจัยพัฒนาโปรแกรมนี้โดยใช้แนวคิดความรอบรู้สุขภาพทางเพศของ Martin (2017) ร่วมกับการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง ประกอบด้วย (1) การเข้าถึงข้อมูล (2) การเข้าใจข้อมูล (3) การประเมินข้อมูล และ (4) การประยุกต์ใช้ข้อมูล โปรแกรมส่งเสริมความรอบรู้สุขภาพทางเพศได้รับการตรวจสอบความถูกต้องและความตรงตามเนื้อหาโดยผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่าน ได้แก่ อาจารย์ทางการแพทย์เด็ก 2 ท่าน และกุมารแพทย์เชี่ยวชาญด้านสุขภาพวัยรุ่นจำนวน 1 ท่าน จากนั้นนำไปปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิ โดยทั้ง 4 กิจกรรม มีแอปพลิเคชัน Line Official เป็นสื่อการสอน รายละเอียดดังตาราง 1

ตาราง 1

โปรแกรมส่งเสริมความรู้สุขภาพทางเพศ

ลำดับ	วัตถุประสงค์	ขอบเขตเนื้อหา
กิจกรรมที่ 1 การเข้าถึงข้อมูล แนะนำ การเลือกแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือ และสถิติ การสืบค้นข้อมูลทางอินเทอร์เน็ตเกี่ยวกับพฤติกรรมป้องกัน ความเสี่ยงทางเพศและการตั้งครรภ์ และวิเคราะห์ โจทย์สถานการณ์เพื่อทักษะการสืบค้นข้อมูล	สามารถสืบค้นข้อมูลทางอินเทอร์เน็ตเกี่ยวกับพฤติกรรมป้องกันความเสี่ยงทางเพศและการตั้งครรภ์ โดยใช้คำค้น (keywords) ที่เหมาะสม และเลือกข้อมูลจากแหล่งที่มีความน่าเชื่อถือได้	1. แนวทางการเลือกแหล่งข้อมูลเกี่ยวกับสุขภาพทางเพศที่น่าเชื่อถือ 1.1 เว็บไซต์ของกรมอนามัย และกรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข 1.2 เว็บไซต์ของโรงพยาบาลและคลินิก 1.3 เพจเฟซบุ๊ก Safe Sex Story 1.4 LINE Official Standbyyou และ @teen_club 1.5 สายด่วน 1663 2. สถิติการสืบค้นใช้ Google หรือเว็บไซต์ที่แนะนำ เลือกตัวอย่างคำค้น (keywords) 3. วิเคราะห์สถานการณ์ ชื่อเรื่อง “ไม่ดีกว่า” และค้นหาข้อมูลเกี่ยวกับวิธีการปฏิเสธจากแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือและอภิปรายในกลุ่ม
กิจกรรมที่ 2 การเข้าใจข้อมูล ให้ความรู้เกี่ยวกับพฤติกรรมป้องกันความเสี่ยงทางเพศและการตั้งครรภ์ ทักษะการปฏิเสธ วิธีการป้องกันการตั้งครรภ์ และวิเคราะห์โจทย์สถานการณ์เพื่อทักษะการเข้าใจข้อมูล	สามารถเข้าใจพฤติกรรมป้องกันความเสี่ยงทางเพศและการตั้งครรภ์ โดยเลือกใช้วิธีปฏิเสธที่เหมาะสมจากข้อมูลที่สืบค้นได้และอธิบายเหตุผลของการเลือกวิธีปฏิเสธ	1. พฤติกรรมป้องกันความเสี่ยงทางเพศและการตั้งครรภ์ 1.1 ความหมาย 1.2 ตัวอย่างพฤติกรรมป้องกันความเสี่ยงทางเพศและการตั้งครรภ์ 2. ทักษะการปฏิเสธและวิธีการป้องกันการตั้งครรภ์ 3. วิเคราะห์สถานการณ์ ชื่อเรื่อง “ไม่ดีกว่า” สรุปวิธีการปฏิเสธที่เหมาะสมพร้อมอธิบายเหตุผลและนำเสนอ



ตาราง 1 (ต่อ)

ลำดับ	วัตถุประสงค์	ขอบเขตเนื้อหา
กิจกรรมที่ 3 การประเมินข้อมูล วิเคราะห์ และประเมินความน่าเชื่อถือของข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมป้องกันความเสี่ยงทางเพศและการตั้งครรรภ์ ด้วยวิธีการป้องกันการตั้งครรรภ์ จากเว็บไซต์ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข และเว็บไซต์สุขภาพทั่วไป	สามารถประเมินข้อมูล พฤติกรรมป้องกันความเสี่ยงทางเพศและการตั้งครรรภ์ โดยจำแนกแหล่งข้อมูล สุขภาพที่น่าเชื่อถือและไม่น่าเชื่อถือได้ตามเกณฑ์ที่กำหนด	1. ตัวอย่างเว็บไซต์เพื่อการวิเคราะห์ 1.1 เว็บไซต์กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข 1.2 เว็บไซต์สุขภาพทั่วไป 2. เกณฑ์การประเมินข้อมูล 2.1 ความน่าเชื่อถือของผู้เผยแพร่ข้อมูล เช่น เป็นหน่วยงานทางการ/บุคคลทั่วไป/ไม่ระบุแหล่งที่มา 2.2 แหล่งอ้างอิงและหลักฐานที่สนับสนุนข้อมูล เช่น มีหรือไม่มีการอ้างอิงหนังสือ งานวิจัย หรือแหล่งข้อมูลที่ตรวจสอบได้ 2.3 ความเป็นปัจจุบันของข้อมูล เช่น ระบุวันที่เขียนหรืออัปเดตหรือไม่ มีการใช้ข้อมูลที่ล้าสมัยหรือไม่ 3. การนำเสนอผลการวิเคราะห์และอภิปรายร่วมกัน สรุปแหล่งข้อมูลใดน่าเชื่อถือด้วยข้อมูลสนับสนุน
กิจกรรมที่ 4 การประยุกต์ใช้ข้อมูล วิเคราะห์สถานการณ์จากคลิปวิดีโอ เรื่อง “การตัดสินใจและการแก้ไขปัญหา/การตระหนักในการมีเพศสัมพันธ์ที่รับผิดชอบ” เป็นสื่อการเรียนรู้เชิงสถานการณ์เกี่ยวกับการตัดสินใจและผลกระทบของการมีเพศสัมพันธ์ที่ไม่ปลอดภัย และตอบคำถามรายบุคคลผ่าน Google Form เกี่ยวกับการมีพฤติกรรมป้องกันความเสี่ยงทางเพศและการตั้งครรรภ์	สามารถประยุกต์ใช้ข้อมูล โดยเสนอแนวทางการตัดสินใจ และวิธีการป้องกันความเสี่ยงทางเพศที่เหมาะสมได้	การวิเคราะห์สถานการณ์จากคลิปวิดีโอ เรื่อง “การตัดสินใจและการแก้ไขปัญหา/การตระหนักในการมีเพศสัมพันธ์ที่รับผิดชอบ” เป็นสื่อการเรียนรู้เชิงสถานการณ์เกี่ยวกับการตัดสินใจและผลกระทบของการมีเพศสัมพันธ์ที่ไม่ปลอดภัย และตอบคำถามรายบุคคลผ่าน Google Form เกี่ยวกับการมีพฤติกรรมป้องกันความเสี่ยงทางเพศและการตั้งครรรภ์

2. แบบสอบถาม

2.1 แบบสอบถามข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง ประกอบด้วย เพศ อายุ เกรดเฉลี่ยปีการศึกษาที่ผ่านมา สถานภาพสมรสของพ่อแม่ รายได้ครอบครัวต่อเดือน จำนวนสมาชิกในครอบครัว จำนวนพี่น้อง และลำดับที่เกิด

2.2 แบบสอบถามพฤติกรรมป้องกันความเสี่ยงทางเพศและการตั้งครรรภ์ เป็นแบบสอบถามที่ผู้วิจัยรวมเนื้อหาจากแบบสอบถามพฤติกรรมป้องกันความเสี่ยงทางเพศของ Rawajai (2011) และแบบสอบถามพฤติกรรมป้องกันการตั้งครรรภ์ของกองสุขศึกษา กรมสนับสนุนบริการสุขภาพ Health Education Division, Department of Health Service Support (2014) เป็นชุดเดียว มีข้อความทั้งหมดจำนวน 36 ข้อ มีลักษณะการให้คะแนนแบบ

1-6 Rating Scale โดยให้คะแนนตามลำดับ ดังนี้ ถ้าเป็นข้อความทางบวก “จริงที่สุด” เท่ากับ 6 คะแนนและลงมาตามลำดับจนถึง “ไม่จริงเลย” เท่ากับ 1 คะแนน คะแนนรวมทั้งหมดอยู่ระหว่าง 36-216 คะแนน คะแนนยิ่งมากหมายถึง มีพฤติกรรมป้องกันความเสี่ยงทางเพศและการตั้งครรรภ์มาก สำหรับดัชนีความสอดคล้องของเนื้อหา (IOC) แบบสอบถามพฤติกรรมป้องกันความเสี่ยงทางเพศ เท่ากับ 0.4-1.0 และแบบสอบถามพฤติกรรมป้องกันการตั้งครรรภ์ เท่ากับ 0.21-0.90 และค่าความเชื่อมั่นสัมประสิทธิ์แอลฟาครอนบาคทั้งฉบับได้เท่ากับ 0.80 ในส่วนของพฤติกรรมป้องกันความเสี่ยงทางเพศได้ค่าความเชื่อมั่นสัมประสิทธิ์แอลฟาครอนบาคเท่ากับ 0.85 และพฤติกรรมป้องกันการตั้งครรรภ์ได้ค่าความเชื่อมั่นสัมประสิทธิ์แอลฟาครอนบาคเท่ากับ 0.88

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ขั้นเตรียมการ

1. ภายหลังที่เค้าโครงวิทยานิพนธ์ได้รับการรับรองจริยธรรม จากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ระดับบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยบูรพา ผู้วิจัยนำหนังสือจากบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา ถึงผู้อำนวยการสถานศึกษาอาชีวศึกษาที่เป็นสถานที่เก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อขออนุญาตดำเนินการทดลอง

2. หลังจากได้รับอนุญาตจากผู้อำนวยการ ผู้วิจัยเข้าพบครูประจำชั้นและครูแนะแนวเพื่อชี้แจงวัตถุประสงค์การวิจัย การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างขั้นตอนการดำเนินการทดลอง และให้เอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมโครงการวิจัยและใบลงนามยินยอมใส่ไว้ในซองเอกสาร ให้นำไปให้แก่ผู้ปกครองอ่านรายละเอียดและลงนามยินยอมให้เข้าร่วมการวิจัย พร้อมกับกลุ่มตัวอย่างลงนามยินยอม และนำกลับมาคืนไว้ที่ครู

ขั้นตอนการดำเนินการทดลอง

1. เมื่อนักเรียนและผู้ปกครองลงนามยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัยแล้ว ผู้วิจัยจะทำการเก็บข้อมูลโดยขอให้นักเรียนกลุ่มตัวอย่างทำแบบสอบถาม 2 ส่วน ได้แก่ (1) แบบสอบถามข้อมูลส่วนบุคคล (2) แบบสอบถามพฤติกรรมป้องกันความเสี่ยงทางเพศและการตั้งครรภ์ โดยผู้วิจัยจะเตรียม QR Code ไว้ให้นักเรียนกลุ่มตัวอย่างสแกนและตอบแบบสอบถามผ่าน Google Form การเก็บข้อมูลดังกล่าวช่วยรักษาความเป็นส่วนตัวและข้อมูลที่เป็นความลับ และก่อนตอบแบบสอบถามผู้วิจัยจะชี้แจงวัตถุประสงค์ของการวิจัยรายละเอียดการวิจัยและวิธีการตอบแบบสอบถาม และแนะนำวิธีการใช้งานแอปพลิเคชัน Line โดยจัดกิจกรรมในห้องเรียนของวิทยาลัย ผู้วิจัยประสานงานกับครูประจำชั้นเพื่อนัดหมายกลุ่มตัวอย่างเข้าร่วมกิจกรรมทุกวันพุธ เวลา 09.00–12.00 น. ดำเนินกิจกรรม 2 สัปดาห์ จำนวน 4 กิจกรรม ๆ ละ 45-50 นาที

สัปดาห์ที่ 1 (2 กิจกรรม)

1.1 การเข้าถึงข้อมูล (1) อธิบายวัตถุประสงค์ของกิจกรรม (2) แนะนำการเลือกแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือ

เช่น มีชื่อหน่วยงานหรือผู้จัดทำชัดเจน มีวันที่เผยแพร่หรืออัปเดตล่าสุด แหล่งอ้างอิงหรือหลักฐานที่ตรวจสอบได้ และสถิติการสืบค้นข้อมูลทางอินเทอร์เน็ตเกี่ยวกับพฤติกรรมป้องกันความเสี่ยงทางเพศและการตั้งครรภ์ ตัวอย่างคำค้น (keywords) เช่น “การปฏิเสธเพศสัมพันธ์” “ทักษะการปฏิเสธ” “วิธีการป้องกันการตั้งครรภ์” (3) ฝึกทักษะการสืบค้นข้อมูล โดยแบ่งกลุ่มย่อย กลุ่มละ 3-4 คน วิเคราะห์โจทย์สถานการณ์ที่ 1 ชื่อเรื่อง “ไม่ดีกว่า” หลังจากนั้นสืบค้นข้อมูล วิธีการปฏิเสธ และอภิปรายในกลุ่ม การใช้คำค้น (keywords) การตรวจสอบข้อมูลมีแหล่งที่มาชัดเจน มีความน่าเชื่อถือและนำเสนอ และ (4) สรุปและปิดกิจกรรม

1.2 การเข้าใจข้อมูล (1) อธิบายวัตถุประสงค์ของกิจกรรม (2) ให้ความรู้เกี่ยวกับพฤติกรรมป้องกันความเสี่ยงทางเพศและการตั้งครรภ์ (3) ให้ความรู้ ทักษะการปฏิเสธ และวิธีการป้องกันการตั้งครรภ์ ได้แก่ ยาเม็ดคุมกำเนิด ยาเม็ดคุมกำเนิดแบบฉุกเฉิน ถุงยางอนามัย และยาฝังคุมกำเนิด (4) ฝึกทักษะการเข้าใจข้อมูล โดยแบ่งกลุ่มย่อย กลุ่มละ 3-4 คน ศึกษาจากโจทย์สถานการณ์เดิม ชื่อเรื่อง “ไม่ดีกว่า” หลังจากนั้น (4.1) วิเคราะห์สถานการณ์ในประเด็น “ความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้น” และ “สิ่งที่ตัวละครควรทำ” (4.2) สืบค้นข้อมูลเพื่อทำความเข้าใจความหมาย แนวทาง และผลลัพธ์ของการปฏิเสธในสถานการณ์ดังกล่าว เปรียบเทียบความเหมาะสมของแต่ละทางเลือก และอภิปรายร่วมกัน (5) สรุปและปิดกิจกรรม

สัปดาห์ที่ 2 (2 กิจกรรม)

2.1 การประเมินข้อมูล (1) อธิบายวัตถุประสงค์ของกิจกรรม (2) วิเคราะห์และประเมินความน่าเชื่อถือของข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมป้องกันความเสี่ยงทางเพศและการตั้งครรภ์ ด้วยวิธีการป้องกันการตั้งครรภ์จากเว็บไซต์กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข และเว็บไซต์สุขภาพทั่วไป โดยแบ่งกลุ่มย่อย กลุ่มละ 3-4 คน ใช้เกณฑ์ ดังนี้ (2.1) ความน่าเชื่อถือของผู้เผยแพร่ข้อมูล (2.2) แหล่งอ้างอิงและหลักฐานที่สนับสนุนข้อมูล เช่น เว็บไซต์ทางการ (2.3) ความเป็นปัจจุบันของข้อมูล (3) นำเสนอผลการวิเคราะห์และอภิปรายร่วมกันว่าแหล่งข้อมูลใดน่าเชื่อถือกว่ากันและเพราะเหตุใด (4) สรุปและปิดกิจกรรม

2.2 การประยุกต์ใช้ข้อมูล (1) อธิบายวัตถุประสงค์ของกิจกรรม (2) วิเคราะห์สถานการณ์จากคลิปวิดีโอ เรื่อง

“การตัดสินใจและการแก้ไขปัญหา/การตระหนักในการมีเพศสัมพันธ์ที่รับผิดชอบ” โดยให้ทุกคนตอบคำถามใส่กระดาษ post it คำถามดังนี้ “ถ้าคุณเป็นตัวละครในสถานการณ์นี้ จะตัดสินใจอย่างไรให้ปลอดภัยและเหมาะสม” (3) สรุปและปิดกิจกรรม

2. สิ้นสุดโปรแกรมในสัปดาห์ที่ 2 ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลโดยให้นักเรียนกลุ่มตัวอย่างทำแบบสอบถามพฤติกรรมป้องกันความเสี่ยงทางเพศและการตั้งครรรค์ให้สแกน QR Code และตอบใน Google Form โดยมีนักศึกษาพยาบาลเป็นผู้ช่วยเก็บข้อมูล จากนั้นอีก 4 สัปดาห์ต่อมาผู้วิจัยนัดอีกครั้ง เพื่อให้ทำแบบสอบถามพฤติกรรมป้องกันความเสี่ยงทางเพศและการตั้งครรรค์ในระยะติดตามผล

จริยธรรมวิจัย

งานวิจัยได้ผ่านการรับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ จากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา คณะพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ตามหนังสือรับรองเลขที่ IRB3-077/2568 รหัสโครงการ G-HS035/2568(C2) วันที่รับรอง 1 สิงหาคม 2568 และรหัสการขึ้นทะเบียนการทดลองทางคลินิกของประเทศไทย (Thai Clinical Trials Registration) TCTR20250730001

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสถิติสำเร็จรูป SPSS version 26.0 โดยกำหนดค่าความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < .05$

1. ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่างและตัวแปรที่ศึกษา วิเคราะห์ด้วยสถิติพรรณนา (descriptive statistics) ได้แก่ ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และคะแนนต่ำสุด-สูงสุด

2. เปรียบเทียบคะแนนพฤติกรรมป้องกันความเสี่ยงทางเพศและการตั้งครรรค์ ในระยะก่อนการทดลอง หลังการทดลอง และระยะติดตามผล โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ (one-way repeated measures ANOVA) และวิเคราะห์ความแตกต่างรายคู่ (pairwise comparisons) ด้วย Bonferroni post-hoc

ผลการวิจัย

ในการศึกษานี้มีผู้ที่มีคุณสมบัติตามเกณฑ์และสนใจสมัครเข้าร่วมในโครงการจำนวน 12 คน อย่างไรก็ตามในสัปดาห์ที่ 2 มีกลุ่มตัวอย่างออกจากการวิจัย 1 คน คงเหลือกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 11 คนที่เข้าร่วมโปรแกรมครบถ้วนทุกกิจกรรม คิดเป็นอัตราการเข้าร่วมโปรแกรม $(11/12) * 100 =$ ร้อยละ 91.7

กลุ่มตัวอย่างในการวิเคราะห์ข้อมูลจำนวน 11 คนเป็นเพศชายทั้งหมด (ร้อยละ 100) ส่วนมากมีอายุ 17 ปี (ร้อยละ 54.4) เกรดเฉลี่ยปีการศึกษาที่ผ่านมาอยู่ในช่วง 3.51–4.00 (ร้อยละ 63.6) โดยสถานภาพสมรสของบิดามารดาส่วนใหญ่เป็นคู่ (ร้อยละ 54.5) รายได้ครอบครัวต่อเดือนเฉลี่ยอยู่ในช่วง 20,000–29,999 บาท/เดือน จำนวนสมาชิกในครอบครัวส่วนใหญ่มี 5–6 คน (ร้อยละ 54.6) จำนวนพี่น้อง 2 คน (ร้อยละ 45.5) และลำดับที่เกิดอยู่ที่ลำดับที่ 2 (ร้อยละ 54.5) รายละเอียดแสดงในตาราง 2

คะแนนเฉลี่ยการทดลองและพฤติกรรมป้องกันความเสี่ยงทางเพศและการตั้งครรรค์กลุ่มตัวอย่างในระยะก่อนการทดลองเท่ากับ 172.73 ($SD=14.49$) ในระยะหลังการทดลองและติดตามผลมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 202.18 ($SD=7.60$) และ 206.36 ($SD=6.30$) ตามลำดับ รายละเอียดแสดงในตาราง 3

การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยพฤติกรรมป้องกันความเสี่ยงทางเพศและการตั้งครรรค์ในระยะก่อนการทดลอง หลังทดลอง และระยะติดตามผล โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ (one-way repeated measures ANOVA) พบว่า กลุ่มตัวอย่างมีคะแนนเฉลี่ยพฤติกรรมป้องกันความเสี่ยงทางเพศและการตั้งครรรค์อย่างน้อย 1 คู่ของการวัดซ้ำที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($F(1.097\ 10.957) p < .001\ \eta^2 = .88$) (ตาราง 4) และวิเคราะห์ความแตกต่างรายคู่ด้วย Bonferroni post-hoc pairwise comparison พบว่า คะแนนเฉลี่ยพฤติกรรมป้องกันความเสี่ยงทางเพศและการตั้งครรรค์ในระยะติดตามผล (T3) สูงกว่าในระยะหลัง (T2) และก่อนการทดลอง (T1) ($M_{diff}=4.18\ p < .05$ และ $M_{diff}=33.64\ p < .001$ ตามลำดับ) และคะแนนเฉลี่ยในระยะหลังการทดลอง (T2) สูงกว่าก่อนการทดลอง (T1) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($M_{diff}=29.46\ p < .001$) (ตาราง 5)

ตาราง 2

ข้อมูลส่วนบุคคลของกลุ่มตัวอย่าง (n=11)

ข้อมูล	จำนวน (คน)	ร้อยละ
เพศ		
ชาย	11	100
อายุ		
16 ปี	5	45.5
17 ปี	6	54.4
เกรดเฉลี่ย		
2.51-3.00	2	18.2
3.01-3.50	2	18.2
3.51-4.00	7	63.6
สถานภาพสมรสของพ่อแม่		
โสด	1	9.1
คู่	6	54.5
หย่าร้าง	2	18.2
หม้าย	1	9.1
แยกกันอยู่	1	9.1
รายได้ครอบครัวต่อเดือน		
20,000-29,999	7	63.6
30,000-39,999	3	27.3
40,000-50,000	1	9.1
จำนวนสมาชิกในครอบครัว		
4	2	18.2
5	3	27.3
6	3	27.3
7	2	18.2
8	1	9.1
จำนวนพี่น้อง		
1	4	36.4
2	5	45.5
3	2	18.2
ลำดับที่เกิด		
1	4	36.4
2	6	54.5
3	1	9.1

ตาราง 3

คะแนนเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน คะแนนต่ำสุดและสูงสุดของพฤติกรรมป้องกันความเสี่ยงทางเพศและการตั้งครรรภ์ ก่อนการทดลอง หลังการทดลอง และระยะติดตามผล (n=11)

พฤติกรรมป้องกันความเสี่ยงทางเพศและการตั้งครรรภ์	Mean	SD	Min-Max
ก่อนการทดลอง (T1)	172.73	14.49	151-195
หลังการทดลอง (T2)	202.18	7.60	191-215
ระยะติดตามผล (T3)	206.36	6.30	194-215

ตาราง 4

การเปรียบเทียบการวัดซ้ำของคะแนนพฤติกรรมป้องกันความเสี่ยงทางเพศและการตั้งครรรภ์ของกลุ่มตัวอย่าง (n=11)

ตัวแปร	ความแปรปรวน	SS	df	MS	F	P	Partial η^2
พฤติกรรมป้องกันความเสี่ยงทางเพศและการตั้งครรรภ์	ภายในกลุ่ม	7393.70	1.097	6736.92	72.66	<.001	.88
	error	1017.64	10.957	92.72			

ตาราง 5

เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยรายคู่ของคะแนนพฤติกรรมป้องกันความเสี่ยงทางเพศและการตั้งครรรภ์ของกลุ่มตัวอย่างโดยวิธี Bonferroni post-hoc pairwise comparison (n=11)

พฤติกรรมป้องกันความเสี่ยงทางเพศและการตั้งครรรภ์	Mean difference	SE	p-value
ระยะติดตามผล (T3) vs. หลังการทดลอง (T2)	4.18	1.01	.006
ระยะติดตามผล (T3) vs. ก่อนการทดลอง (T)	33.64	3.84	< .001
หลังการทดลอง (T2) vs. ก่อนการทดลอง (T)	29.46	3.46	< .001

การอภิปรายผล

กลุ่มตัวอย่างมีการเข้าร่วมโปรแกรมทั้ง 4 กิจกรรมได้ตามเป้าหมายที่กำหนด (ร้อยละ 91.7) กลุ่มตัวอย่าง 1 คนที่ออกจากการทดลองเนื่องจากติดสอบซ่อมในสัปดาห์ที่สองของโปรแกรม โดยภาพรวมวัยรุ่นอาชีวศึกษาที่เป็นกลุ่มตัวอย่างมีความสุขและสนุกกับการเข้าร่วมโปรแกรมให้ความร่วมมือเป็นอย่างดีทั้งในการทำกิจกรรมทุกครั้งและการตอบแบบวัดทั้งสามครั้ง อีกทั้งอาจเนื่องกลุ่มตัวอย่างได้รับทราบข้อมูลประโยชน์ของโปรแกรมส่งเสริมความรู้สุขภาพทางเพศในวัยรุ่นอาชีวศึกษาและสามารถเข้าถึงกิจกรรมได้ง่าย โปรแกรมถูกออกแบบให้เหมาะสมกับกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้วิธีการเรียนรู้แบบมีส่วนร่วมและใช้สื่อที่

ทันสมัย นอกจากนี้การให้ความรู้โดยใช้ LINE Official Account เป็นแบบที่ทันสมัยที่วัยรุ่นอาชีวศึกษานิยมใช้ในการติดต่อสื่อสาร กิจกรรมแต่ละครั้งไม่ใช้เวลานานเกินไป และทุกคนได้มีส่วนร่วมในการดำเนินการ ซึ่งภายหลังจากเสร็จสิ้นกิจกรรมแต่ละครั้ง วัยรุ่นกลุ่มตัวอย่างสามารถศึกษาด้วยตัวเองซ้ำอีกได้เมื่อต้องการหรือนำไปถ่ายทอดต่อให้เพื่อนคนอื่นได้

ผลการวิจัยที่พบว่า ภายหลังจากได้รับโปรแกรมทั้งระยะหลังการทดลองและติดตามผล วัยรุ่นอาชีวศึกษามีคะแนนพฤติกรรมป้องกันความเสี่ยงทางเพศและการตั้งครรรภ์สูงกว่าก่อนการได้รับโปรแกรม แสดงให้เห็นว่าโปรแกรมส่งเสริมความรู้สุขภาพทางเพศมีประสิทธิภาพ

และสามารถนำไปใช้กับวัยรุ่นอาชีวศึกษากลุ่มตัวอย่างที่มีขนาดใหญ่ขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Panyapin et al. (2023) ที่ใช้โมบายแอปพลิเคชันในการส่งเสริมความรู้ด้านสุขภาพทางเพศ พบว่า แอปพลิเคชันสามารถเพิ่มความรู้ทัศนคติ และพฤติกรรมการป้องกันการตั้งครรภ์ไม่พึงประสงค์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ การใช้เทคโนโลยีจึงเป็นสิ่งสำคัญในการส่งเสริมพฤติกรรมสุขภาพทางเพศในวัยรุ่น งานวิจัยดังกล่าวมุ่งเน้นผลลัพธ์ด้านความรู้ ทัศนคติเป็นหลัก และพฤติกรรมการป้องกันการตั้งครรภ์ไม่พึงประสงค์ ขณะที่การศึกษาครั้งนี้เน้นการพัฒนาทักษะเชิงปฏิบัติและการติดตามผลด้านพฤติกรรม ซึ่งอาจเป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยให้พฤติกรรมป้องกันการเสี่ยงทางเพศและการตั้งครรภ์คงอยู่ในระยะติดตามผล และผลการศึกษานี้ยังพบว่า เมื่อเปรียบเทียบกับคะแนนเฉลี่ยระยะก่อนทดลองมีคะแนนเฉลี่ยต่ำกว่าระยะหลังทดลองและระยะติดตามผลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .001$) ระยะหลังทดลองมีคะแนนเฉลี่ยต่ำกว่าระยะติดตามผล ($p = .006$) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Thongkorn and Chaimongkol (2023) ที่ศึกษาผลของโปรแกรมป้องกันการตั้งครรภ์โดยใช้โรงเรียนเป็นฐาน พบว่า คะแนนความรู้ด้านสุขภาพทางเพศและพฤติกรรมการป้องกันการตั้งครรภ์ทั้งระยะหลังการทดลองและระยะติดตามผลสูงกว่าก่อนการทดลอง ($p < .05$) และคะแนนพฤติกรรมเสี่ยงทางเพศทั้งในระยะหลังการทดลองและระยะติดตามผลต่ำกว่าระยะก่อนการทดลอง ($p < .05$) แสดงให้เห็นว่าหลังเข้าร่วมโปรแกรม พฤติกรรมป้องกันการเสี่ยงทางเพศและการตั้งครรภ์ของกลุ่มตัวอย่างเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องและคงอยู่ในระยะติดตามผล

สรุปผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ วัยรุ่นอาชีวศึกษาที่เข้าร่วมโปรแกรมส่งเสริมความรู้สุขภาพทางเพศมีพฤติกรรมป้องกันการเสี่ยงทางเพศและการตั้งครรภ์เพิ่มขึ้นภายหลังการได้รับโปรแกรมและในระยะติดตามผล เมื่อเปรียบเทียบกับก่อนการได้รับโปรแกรม โดยกลุ่มตัวอย่างสามารถเข้าร่วมกิจกรรมได้ตามแผนที่กำหนดและให้ความร่วมมือในการดำเนิน

กิจกรรมเป็นอย่างดี ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่า โปรแกรมส่งเสริมความรู้สุขภาพทางเพศมีความเป็นไปได้ในการนำไปใช้ในบริบทของสถานศึกษาอาชีวศึกษา เพื่อส่งเสริมพฤติกรรมป้องกันการเสี่ยงทางเพศและการตั้งครรภ์ในวัยรุ่น

ข้อจำกัดของงานวิจัย

1. การศึกษาวิจัยครั้งนี้ทำการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบสะดวกตามคุณสมบัติที่กำหนด ทำให้มีข้อจำกัดในการอ้างอิงผลการวิจัยไปยังประชากรวัยรุ่นทั้งหมด
2. กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเล็กถึงแม้ว่าใช้การคำนวณโดย G*power และได้ค่าอำนาจการวิเคราะห์ร้อยละ 95 และการออกแบบการวิจัยแบบกลุ่มเดียวไม่มีกลุ่มเปรียบเทียบ อาจส่งผลให้การอธิบายถึงประสิทธิผลของโปรแกรมยังไม่สามารถสรุปได้ชัดเจน
3. กลุ่มตัวอย่างเป็นเพศชายทั้งหมด ดังนั้นผลการวิจัยจึงอาจไม่สามารถสรุปอ้างอิงไปยังวัยรุ่นอาชีวศึกษาเพศหญิงได้โดยตรง

ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้ประโยชน์

ด้านการวิจัยทางการพยาบาล

1. พยาบาลนักวิจัยที่รับผิดชอบดูแลสุขภาพเด็กและวัยรุ่นสามารถนำผลการวิจัยนี้ไปใช้เป็นแนวทางในการศึกษาต่อยอด เช่น การประเมินประสิทธิผลของโปรแกรมในกลุ่มวัยรุ่นที่มีบริบทแตกต่างกัน เพื่อพัฒนาโปรแกรมให้เหมาะสมกับกลุ่มเป้าหมายที่หลากหลายและเพิ่มประสิทธิภาพในการป้องกันพฤติกรรมเสี่ยงทางเพศและการตั้งครรภ์
2. อาจารย์พยาบาลในสาขาการพยาบาลเด็กและวัยรุ่นสามารถนำโปรแกรมส่งเสริมความรู้สุขภาพทางเพศไปปรับใช้ในโรงเรียนระดับมัธยมศึกษา โดยบูรณาการในกิจกรรมเสริมหลักสูตรหรือชั่วโมงแนะแนว เพื่อให้นักเรียนมีความรู้และทักษะในการป้องกันพฤติกรรมเสี่ยงทางเพศและการตั้งครรภ์



References

- Bureau of Reproductive Health, Department of Health, Ministry of Public Health. (2024). *Teenage pregnancy surveillance in Thailand 2024* [In Thai]. <https://rh.anamai.moph.go.th/th/surveillance-report/5046#wow-book/>.
- Bureau of Reproductive Health, Department of Health, Ministry of Public Health. (2023). *Adolescent and youth reproductive health situation in 2023* [in Thai]. <https://rh.anamai.moph.go.th/th/cms-of-1/219653>
- Dengmasa, S., Chaimay, B., & Worade, S. (2019). Sexual risk behaviors among vocational students in a district of the south central region province [In Thai]. *Academic Journal of Community Public Health*, 5(1), 1–15. <https://he02.tci-thaijo.org/index.php/ajcph/article/view/243174/167907>
- Department of Disease Control, Ministry of Public Health. (2024). *Annual report 2024 of division of AIDS and STIs* [In Thai]. <https://ddc.moph.go.th/uploads/publish/1705520250508101951.pdf>
- Faul, F., Erdfelder, E., Lang, A.-G., & Buchner, A. (2007). G*Power 3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behavior Research Methods*, 39, 175–191. <https://doi.org/10.3758/BF03193146>
- Health Education Division, Department of Health Service Support & Srinakharinwirot University. (2014). Unwanted pregnancy prevention behavior [In Thai]. <https://hed.go.th/wp-content/uploads/2024/06/คู่มือประเมินความรอบรู้ด้านสุขภาพเพื่อป้องกันการตั้งครรภ์ก่อนวัยอันควร.pdf>
- Manganello, J. A. (2008). Health literacy and adolescents: A framework and agenda for future research. *Health Education Research*, 23(5), 841–845. <https://doi.org/10.1093/her/cym069>
- Martin, S. P. (2017). *Young people's sexual health literacy: Seeking, understanding, and evaluating online sexual health information* [Doctoral dissertation, University of Glasgow]. <https://theses.gla.ac.uk/8528/7/2017MartinPhD.pdf>
- National Monitoring and Evaluation Unit, Bureau of AIDS, TB and STIs. (2018). *Thailand country snapshot 2018* [In Thai]. <https://www.aidsdatahub.org/sites/default/files/resource/thailand-country-snapshot-2018.pdf>
- Panyapin, J., Jansiri, S., Trakooltorwong, P., & Aunsri, N. (2023). Effect of a mobile application to promote sexual health literacy on knowledge, attitudes, decision-making, and unwanted pregnancy prevention behavior among female adolescents [In Thai]. *Nursing Journal CMU*, 50(4), 1–16. <https://he02.tci-thaijo.org/index.php/cmunursing/article/view/264168/182052>

- Rawajai, N. (2011). *Factors influencing sexual risk preventive behaviors of students in the vocational education commission, Bangkok Metropolitan area* [In Thai] [Master's thesis, Srinakharinwirot University]. [http://thesis.swu.ac.th/swuthesis/Hea_Ed\(M.S.\)/Nathaphop_R.pdf](http://thesis.swu.ac.th/swuthesis/Hea_Ed(M.S.)/Nathaphop_R.pdf)
- Somjaipeng, W. (2022). The relationship between sexual health literacy and sexual behaviors of teenage in a district of Suphanburi Province [In Thai]. *Journal of Prachomklao College of Nursing, Phetchaburi Province*, 5(2), 101–116. <https://he01.tci-thaijo.org/index.php/pck/article/view/256674>
- Thongkorn, A., & Chaimongkol, N. (2023). Effectiveness of a school-based pregnancy prevention intervention for female teenagers and their boyfriends: A randomized controlled trial. *Journal of Adolescent Health*, 73(2), 237–243. <https://doi.org/10.1016/j.jadohealth.2023.03.002>



การปรับปรุงประสิทธิภาพการตรวจจับใบหน้าภายใต้สภาวะแสงต่าง ๆ ด้วย YOLO และ Haar Cascade ร่วมกับ Canny Edge Detection

Enhancing Face Detection Performance under Various Illumination Conditions using YOLO and Haar Cascade with Canny Edge Detection

พิศณุ คุมีชัย¹ นภเดช อัดตเจริญวงศ์^{1*} จิตติ สัมภัตตะกุล¹ ธีรภัทร สาระวัน¹ กฤตณัย สิงห์เพือก¹
ศรัณย์ภัทร มะลิพรม¹ วิชชากร ชัยอรรวรรณ¹ และสืบพงษ์ วัฒนพฤกษาชาติ¹

Pisanu Kumeechai¹ Napadach Attachareanwong^{1*} Jitti Sampattakul¹ Teeraphat Sarawan¹
Krittanaai Singphueak¹ Saranphat Maliphrom¹ Witchakorn Chaorawan¹
and Sueppong Wattanaprukchat¹

¹กองวิชาวิศวกรรมศาสตร์ ฝ้ายศึกษา โรงเรียนนายเรือ

¹Department of Engineering, Education Branch, Royal Thai Naval Academy

*Corresponding author: napadach.att@hotmail.com

Received: October 30, 2025

Revised: December 19, 2025

Accepted: December 27, 2025

บทคัดย่อ

ปัญหาหลักของการตรวจจับใบหน้า คือ ความไม่เสถียรของประสิทธิภาพภายใต้สภาวะแสงที่แปรผัน โดยเฉพาะในสภาพแสงน้อย งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ ปรับปรุงและเปรียบเทียบประสิทธิภาพ การตรวจจับใบหน้าภายใต้สภาวะแสงที่แตกต่าง (แสงมาก ปานกลาง และน้อย) โดยใช้การผสมผสานเทคนิค YOLO Haar Cascade และ Canny Edge Detection ซึ่ง Canny ถูกใช้เป็น Pre-processing เพื่อเน้นโครงร่างของใบหน้าและลดผลกระทบจากแสงก่อนเข้าโมเดล การประเมินผลใช้เมตริกมาตรฐาน (accuracy precision และ recall) จากชุดข้อมูล 1,500 ภาพ ผลการทดลองพบว่า วิธี YOLO ร่วมกับ Canny Edge Detection (YOLO+Canny) ให้ผลลัพธ์ที่เหนือกว่าทุกวิธี โดยมี Accuracy เฉลี่ยสูงสุด (92.0%) ในสภาวะแสงปานกลาง และยังคงประสิทธิภาพสูงในแสงมาก (91.0%) และแสงน้อย (87.2%) นอกจากนี้ YOLO+Canny ยังใช้เวลาประมวลผลต่ำที่สุด (<0.2 วินาทีต่อภาพ) สรุปได้ว่า การผสมผสาน YOLO และ Canny มีความทนทาน รวดเร็ว และแม่นยำสูงในการตรวจจับใบหน้าภายใต้สภาวะแสงที่แตกต่าง ซึ่งมีความสำคัญสูงในการประยุกต์ใช้ในงานจริง

คำสำคัญ: การตรวจจับใบหน้า YOLO Haar Cascade Canny Edge Detection สภาวะแสงแปรผัน

Abstract

The primary challenge in face detection is performance instability under varying illumination conditions, particularly in low-light environments. This research aims to enhance face detection accuracy under high, medium, and low lighting conditions by integrating YOLO, Haar Cascade, and Canny Edge Detection. Canny Edge Detection is employed as a pre-processing step to emphasize facial contours and mitigate illumination effects prior to model input. Performance evaluation was conducted using standard metrics, including Accuracy, Precision, and Recall, on a dataset of 1,500 images. Experimental results indicate that the integration of YOLO with Canny Edge Detection (YOLO + Canny) significantly outperformed the other methods, achieving the highest average Accuracy of (92.0%) under medium lighting conditions, while maintaining high performance under high light (91.0%) and low light (87.2%). Furthermore, the YOLO + Canny approach demonstrated the lowest processing time, at less than 0.2 seconds per image. In conclusion, the integration of YOLO and Canny Edge Detection provides high robustness, speed, and accuracy for face detection across varying illumination conditions, demonstrating strong potential for real-world applications.

Keywords: face detection, YOLO, Haar Cascade, Canny Edge Detection, varying illumination conditions



บทนำ

การตรวจจับใบหน้า (face detection) เป็นหนึ่งในหัวข้อที่มีความสำคัญและได้รับความสนใจอย่างต่อเนื่องในสาขาการประมวลผลภาพดิจิทัลและการเรียนรู้ของเครื่อง เนื่องจากการนำไปประยุกต์ใช้อย่างแพร่หลาย ไม่ว่าจะเป็นในงานด้านความปลอดภัย การเฝ้าระวัง การยืนยันตัวบุคคล หรือการพัฒนาาระบบปฏิสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์และคอมพิวเตอร์ อย่างไรก็ตาม ความแม่นยำและความเสถียรของอัลกอริทึมตรวจจับใบหน้าที่ยังคงได้รับผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญจากปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะความแตกต่างของสภาวะแสง เช่น แสงมาก แสงปานกลาง และแสงน้อย ซึ่งอาจนำไปสู่ความคลาดเคลื่อน (false detection) การตรวจจับพลาด (miss) หรือความเชื่อมั่นต่ำของผลลัพธ์

งานวิจัยรุ่นแรก เช่น Haar Cascade Classifier ที่พัฒนาโดย Viola and Jones (2001) แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพในการตรวจจับใบหน้าที่รวดเร็วและแม่นยำภายใต้สภาพแวดล้อมที่ควบคุมได้ แต่กลับมีข้อจำกัดเมื่อสภาวะแสงเปลี่ยนแปลงหรือมีความซับซ้อนมากขึ้น (Zhang & Zhang, 2010) ขณะที่การพัฒนาของโมเดลเชิงลึก (deep learning) เช่น YOLO: You Only Look Once สามารถตรวจจับวัตถุได้แบบเรียลไทม์และมีความทนทานต่อสภาพแวดล้อม

ที่ไม่แน่นอนมากกว่า (Redmon et al., 2016; Bochkovskiy et al., 2020)

เทคนิคการปรับปรุงคุณภาพภาพเชิงดั้งเดิมที่ใช้การปรับค่าความเข้ม (intensity-based) เช่น Histogram Equalization: HE และ Gamma Correction ถูกนำมาใช้บ่อยครั้งเพื่อจัดการกับภาพที่มีแสงไม่สม่ำเสมอ อย่างไรก็ตาม วิธีการเหล่านี้มีข้อจำกัดที่สำคัญ คือ มักจะนำไปสู่การขยายสัญญาณรบกวน (noise amplification) และการสร้างสิ่งแปลกปลอมเชิงภาพ (visual artifacts) ในทางตรงกันข้าม Canny Edge Detection ถูกเลือกใช้ในงานวิจัยนี้เนื่องจากสามารถ ลดสัญญาณรบกวนด้วย Gaussian Filter ก่อนการหาขอบ และให้ข้อมูลโครงสร้างที่บริสุทธิ์และแม่นยำสูง (high precision edges) ซึ่งเหมาะสมกว่าในการเป็นข้อมูลป้อนเข้าเสริมสำหรับโมเดลการเรียนรู้เชิงลึก นอกจากนี้ยังมีความพยายามปรับปรุง preprocessing เพื่อเพิ่มความเสถียรของโมเดล เช่น การใช้ Canny Edge Detection ซึ่งเป็นเทคนิคที่ทนทานต่อ noise และสามารถเน้นขอบเขตของวัตถุได้ดีกว่า Sobel หรือ Prewitt (Canny, 1986; Maini & Aggarwal, 2009) โดยการประมวลผลลักษณะขอบที่คมชัดช่วยให้การตรวจจับในขั้นตอนถัดไปมีประสิทธิภาพสูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับ

แนวคิดที่ว่า preprocessing มีผลต่อความแม่นยำของระบบตรวจจับวัตถุ (Zareiforush et al., 2016)

ในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมา มีงานวิจัยใหม่ ๆ ที่เสนอการพัฒนาโมเดลและเทคนิคเสริมเพื่อแก้ปัญหาสถานะแสงและการประมวลผลแบบ real-time ตัวอย่างเช่น Yisihak and Li (2024) ได้นำเสนอการบูรณาการ YOLOv8 เข้ากับโมเดล AI เพื่อตรวจจับใบหน้าอย่างมีประสิทธิภาพในระบบประยุกต์จริง Mittal (2024) ได้ทำการสำรวจโมเดลตรวจจับเชิงลึกแบบ lightweight ที่เหมาะสมกับ edge devices เพื่อให้รองรับการทำงานบนอุปกรณ์ที่มีข้อจำกัดด้านทรัพยากร และ Sun et al. (2022) ได้ทบทวนเทคนิค edge detection ทั้งแบบดั้งเดิมและที่ใช้ deep learning ซึ่งสามารถเชื่อมโยงกับ pipeline การตรวจจับใบหน้าได้โดยตรง

สำหรับการจัดการกับปัญหาสถานะแสงน้อย มีงานวิจัยที่ชี้ให้เห็นการพัฒนาโมเดลใหม่ที่ยืดหยุ่นมาเพื่อแก้ปัญหานี้โดยเฉพาะ เช่น Dark-YOLO ซึ่งบูรณาการกลไก attention หลายรูปแบบเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการตรวจจับในภาพที่มีแสงน้อย (Liu et al., 2025) รวมถึงงานของ Hong et al. (2024) ที่เสนอการสร้างคุณลักษณะ (feature) ที่ไม่แปรผันตามความสว่าง (illumination-invariant) เพื่อเพิ่มความแม่นยำในการตรวจจับวัตถุในสภาพแสงต่ำ ทั้งหมดนี้สะท้อนถึงแนวโน้มงานวิจัยที่ให้ความสำคัญกับการออกแบบโมเดลที่สามารถทนต่อการเปลี่ยนแปลงของสถานะแสง

นอกจากโมเดลที่กล่าวถึงข้างต้นแล้ว ในกลุ่มงานวิจัยที่เน้นความแม่นยำสูงและความทนทานต่อท่าทาง (pose) และขนาดที่หลากหลายของใบหน้า ก็มีการใช้สถาปัตยกรรมที่ซับซ้อนขึ้น เช่น MTCNN: Multi-Task Cascaded Convolutional Networks ซึ่งเป็นวิธีการแบบหลายขั้นตอนที่ใช้ Convolutional Neural Networks: CNNs สามส่วนเรียงต่อกันเพื่อหาตำแหน่งใบหน้าอย่างละเอียด (Zhang et al., 2016) วิธีนี้แสดงให้เห็นถึงความแม่นยำที่ยอดเยียมในการตรวจจับใบหน้าที่มีความท้าทายสูง แม้ว่าการวิจัยนี้จะมุ่งเน้นการเปรียบเทียบระหว่างการเชิงดั้งเดิม (Haar Cascade) และโมเดลเชิงลึกแบบ single-shot (YOLO) ที่มีการเสริม preprocessing แต่การรับรู้ถึงความก้าวหน้าของ MTCNN ก็เป็นสิ่งสำคัญในการวางตำแหน่งงานวิจัยในบริบทที่กว้างขึ้น

สรุปได้ว่า ปัญหาหลักของการตรวจจับใบหน้ายังคงอยู่ที่ความไม่เสถียรของอัลกอริทึมเมื่อเผชิญกับสถานะแสงที่เปลี่ยนแปลง โดยเฉพาะในสถานะแสงน้อยที่ Haar

Cascade แสดงข้อจำกัดชัดเจน ในขณะที่ YOLO และโมเดล deep learning ที่มีการเสริม preprocessing หรือกลไก attention/invariant feature สามารถรับมือได้ดีกว่า ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นไปที่การศึกษาและเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการตรวจจับใบหน้าภายใต้สถานะแสงมาก แสงปานกลาง และแสงน้อย โดยใช้การผสาน YOLO ร่วมกับ Canny Edge Detection และ Haar Cascade Classifier เพื่อประเมินแนวทางที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการประยุกต์ใช้งานจริง

เหตุผลทางทฤษฎีในการผสาน Canny Edge Detection เข้ากับ YOLO เนื่องจาก Canny เป็นเทคนิคที่สามารถดึงข้อมูลโครงสร้าง (structural information) ที่มีความคงทนต่อแสง (illumination invariance) ได้อย่างมีประสิทธิภาพและรวดเร็ว แม้ว่าสถาปัตยกรรม CNN ของ YOLO จะสามารถสกัดคุณลักษณะเด่นได้ด้วยตนเอง แต่การป้อนข้อมูลภาพที่ถูกเน้นเฉพาะขอบเขตของใบหน้าเข้าไปยังโมเดล CNN จะช่วยลดความแปรปรวนของข้อมูล (variance) ที่เกิดจากแสงเงาที่รุนแรง และช่วยให้โมเดลสามารถโฟกัสไปที่รูปร่าง (contours) ของใบหน้าโดยตรง ซึ่งเป็นการเพิ่มคุณภาพของคุณลักษณะป้อนเข้า และอาจนำไปสู่การอนุมานผลที่แม่นยำยิ่งขึ้นและมีประสิทธิภาพในการประมวลผลสูงขึ้น แนวคิดนี้สอดคล้องกับงานวิจัยที่ชี้ให้เห็นว่า preprocessing ที่เหมาะสมสามารถเพิ่มความแม่นยำของระบบตรวจจับวัตถุได้ ดังนั้นการผสานเทคนิคนี้จึงเป็นแนวทางที่น่าสนใจในการปรับปรุงความเสถียรของ YOLO ต่อสถานะแสงแปรผันในเชิงปฏิบัติการ

วัตถุประสงค์การวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์หลัก ดังต่อไปนี้

1. เพื่อพัฒนาและปรับปรุง กระบวนการตรวจจับใบหน้าโดยการผสานเทคนิค Canny Edge Detection เข้ากับวิธีการตรวจจับด้วย YOLO: You Only Look Once และ Haar Cascade Classifier

2. เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบประสิทธิภาพ ของการตรวจจับใบหน้าด้วยวิธีการพื้นฐานและวิธีการผสาน (YOLO Haar Cascade และการผสานกับ Canny Edge Detection) ภายใต้สถานะแสงที่แตกต่างกัน (แสงมาก แสงปานกลาง และแสงน้อย)

3. เพื่อประเมินผลและระบุ วิธีการที่มีประสิทธิภาพสูงสุดในการจัดการกับความแปรผันของสภาวะแสง โดยใช้เมตริกมาตรฐาน ได้แก่ Accuracy Precision Recall และ F1-Score

4. เพื่อยืนยันความเป็นไปได้ ของการนำวิธีการที่ให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดไปประยุกต์ใช้ในสภาพแวดล้อมจริงที่มีความท้าทายด้านแสงและความแปรผันของสภาพแวดล้อม

วิธีดำเนินการวิจัย

เพื่อให้ได้มาซึ่งผลการทดลองที่มีความถูกต้องและสามารถสะท้อนถึงประสิทธิภาพของการตรวจจับใบหน้าในสภาวะแสงที่แตกต่างกัน งานวิจัยนี้ได้ออกแบบกระบวนการดำเนินการอย่างเป็นระบบ ดังนี้

สถาปัตยกรรมและแนวคิดการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้รับการออกแบบโดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อปรับปรุงและเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการตรวจจับใบหน้าภายใต้สภาวะแสงที่แตกต่างกัน ได้แก่ แสงมาก (bright light) แสงปานกลาง (normal light) และแสงน้อย (low light) ซึ่งเป็นปัจจัยที่ส่งผลโดยตรงต่อความแม่นยำของอัลกอริทึมการประมวลผลภาพ (Zhou et al., 2017) เพื่อบรรลุเป้าหมายดังกล่าว จึงได้มีการผสมผสานเทคนิคการตรวจจับใบหน้าที่หลากหลาย ได้แก่ YOLO: You Only Look Once ซึ่งเป็นวิธีการตรวจจับวัตถุแบบเรียลไทม์ที่มีความแม่นยำสูง (Redmon et al., 2016) Haar Cascade Classifier ที่อาศัยการเรียนรู้เชิงลำดับชั้นของพีเจอร์ Haar-like (Viola & Jones, 2001) และ Canny Edge Detection ที่มีความสามารถโดดเด่นในการดึงคุณลักษณะขอบภาพเพื่อเน้นโครงสร้างของวัตถุ (Canny, 1986)

เทคนิคการปรับปรุงคุณภาพภาพสำหรับสภาวะแสงต่าง ๆ (image enhancement techniques for various illumination) ปัญหาการตรวจจับใบหน้าภายใต้สภาวะแสงที่ไม่เหมาะสมได้นำไปสู่การพัฒนาเทคนิคการปรับปรุงคุณภาพภาพหลายรูปแบบ ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็นกลุ่มหลัก ๆ ได้ดังนี้ วิธีการปรับปรุงค่าความเข้ม (intensity-based) ตัวอย่างวิธีการ Histogram Equalization: HE และ CLAHE หลักการทำงาน ปรับปรุงการกระจายตัว

ของค่าความเข้มของพิกเซล เพื่อเพิ่มความเปรียบต่างในภาพ ข้อดีและข้อจำกัดช่วยเพิ่มความเปรียบต่างได้ดี แต่เสี่ยงต่อการเกิดสัญญาณรบกวน (noise) หรือการเพิ่มความสว่างมากเกินไปในพื้นที่ที่ไม่ต้องการ วิธีการอ้างอิงทฤษฎีการสะท้อนแสง (retinex-based) ตัวอย่างวิธีการ MSR และ SSR หลักการทำงาน แยกองค์ประกอบของการส่องสว่าง (illumination) ออกจากองค์ประกอบการสะท้อนแสง (reflectance) ข้อดีและข้อจำกัดให้ผลลัพธ์ที่คงทนต่อการเปลี่ยนแปลงของแสงได้ดี แต่มีขั้นตอนการคำนวณที่ซับซ้อนและใช้เวลาในการประมวลผลสูงกว่า และวิธีการเน้นโครงสร้าง (structure-based) ตัวอย่างวิธีการ Canny Edge Detection หลักการทำงานแปลงภาพให้เป็นข้อมูลขอบภาพ ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่ค่อนข้างคงทนต่อการเปลี่ยนแปลงของแสง ข้อดีและข้อจำกัดโครงสร้างที่ได้มีความชัดเจนและแม่นยำสูง (high precision edges) ช่วยให้โมเดลตรวจจับใบหน้าได้แม่นยำขึ้นที่รูปร่างของวัตถุโดยตรง

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

สภาพแวดล้อมและเครื่องมือที่ใช้ในการทดลองงานวิจัยนี้ดำเนินการและทดสอบบนสภาพแวดล้อมการประมวลผล Python 3.12 โดยใช้เฟรมเวิร์กและไลบรารีหลัก ดังนี้

การประมวลผลภาพและการใช้ Haar Cascade ใช้ไลบรารี OpenCV (cv2) เวอร์ชัน 4.9.0.80 การจัดการโมเดลและการฝึกฝน YOLO ใช้เฟรมเวิร์ก PyTorch เวอร์ชัน 2.2.2 และชุดเครื่องมือ YOLOv8x

สภาพแวดล้อมฮาร์ดแวร์ (hardware environment) การฝึกฝนโมเดลและการทดสอบประสิทธิภาพดำเนินการบนคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล โดยใช้หน่วยประมวลผลกลาง (CPU) แบบ AMD Ryzen 7 4800H with Radeon Graphics และการ์ดประมวลผลกราฟิก (GPU) แบบ NVIDIA GeForce (ตามรุ่นที่ติดตั้งในเครื่อง) โดยไม่มีการใช้บริการ Cloud-based Training ในกระบวนการฝึกฝนโมเดลทั้งหมด

ภาพ 1 แสดงแผนผังขั้นตอนการทำงานโดยรวมของระบบที่ใช้ในการวิจัย ซึ่งเริ่มต้นจากการรับภาพสแตนด์บายและผ่านกระบวนการปรับปรุงภาพด้วย Canny Edge Detection ก่อนจะนำไปป้อนเข้าสู่โมเดลตรวจจับทั้งสองเพื่อทำการประเมินและเปรียบเทียบผลลัพธ์



ภาพ 1 แผนผังแสดงขั้นตอนการทำงานของระบบตรวจจับใบหน้าภายใต้สภาวะแสงต่าง ๆ

โดยสถาปัตยกรรมของงานวิจัยนี้จึงประกอบด้วยกระบวนการหลัก 4 ขั้นตอน ดังนี้

1. การรวบรวมและเตรียมข้อมูลภาพ

การประเมินผลการทดลองได้ดำเนินการบนชุดข้อมูลภาพใบหน้าจำนวน 1,500 ภาพ ภายใต้สภาวะแสง 3 ระดับ ได้แก่ แสงมาก (high light) 500 ภาพ แสงปานกลาง (medium light) 500 ภาพ และแสงน้อย (low light) 500 ภาพ ข้อมูลภาพที่ใช้ในการทดลองถูกคัดเลือกและปรับสมดุลจำนวนภาพในแต่ละกลุ่มอย่างรอบคอบ เพื่อ

ให้ครอบคลุมและเป็นตัวแทนของสภาวะแสงที่ต่างกันอย่างหนึ่ง ซึ่งเป็นการหลีกเลี่ยงปัญหาความเอนเอียง (bias) ของแบบจำลอง ตามแนวทางที่แนะนำโดย Krizhevsky et al. (2017)

เกณฑ์การแบ่งสภาวะแสงใช้ค่าเฉลี่ยความสว่างของพิกเซล (average pixel intensity level) เป็นเกณฑ์หลักในการจำแนก โดยอิงตามหลักการของการวิเคราะห์การแจกแจงความสว่างเพื่อประเมินระดับแสงในภาพ (Pizer et al., 1987; Jobson et al., 1997) ภาพถูกแปลงเป็นภาพระดับสีเทาเพื่อคำนวณค่าความเข้มของพิกเซลเฉลี่ยในช่วง 0-255 ซึ่งนิยามเชิงปริมาณจากการปรับจูนกับชุดข้อมูล (tuning) ได้ดังนี้ แสงน้อย (low light) มีค่าเฉลี่ยความสว่างอยู่ในช่วง 50-100 แสงปานกลาง (medium light) มีค่าเฉลี่ยความสว่างอยู่ในช่วง 100-180 แสงมาก (high light) มีค่าเฉลี่ยความสว่าง มากกว่า 180

เพื่อให้สามารถทดสอบความทนทานของอัลกอริทึมได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยในแต่ละสภาวะแสงได้ออกแบบสัดส่วนของภาพให้มีความสมดุลระหว่าง ภาพที่มีใบหน้า (positive samples) และภาพที่ไม่มีใบหน้า (negative samples) เพื่อให้สามารถคำนวณค่าประสิทธิภาพมาตรฐาน ได้แก่ Accuracy Precision Recall และ F1-Score ได้อย่างเหมาะสม โดยกำหนดให้สัดส่วนอยู่ที่ 60:40 (ใบหน้า: ไม่มีใบหน้า) อันสอดคล้องกับแนวทางของงานวิจัยด้านการตรวจจับใบหน้าที่นิยมใช้ dataset ที่มีใบหน้าที่มากกว่าเล็กน้อยเพื่อสะท้อนสภาพการใช้งานจริง (Redmon et al., 2016; Li & Deng, 2020; Yisihak & Li, 2024)

ในเชิงปริมาณแต่ละกลุ่มย่อยจึงประกอบด้วย 300 ภาพที่มีใบหน้า และ 200 ภาพที่ไม่มีใบหน้า รวมทั้งสิ้น 900 ภาพที่มีใบหน้า (60%) และ 600 ภาพที่ไม่มีใบหน้า (40%) สำหรับทั้ง dataset ขนาด 1,500 ภาพ การมี negative samples ในสัดส่วนที่เพียงพอมีความสำคัญต่อการประเมินค่าความผิดพลาด (false positive) และ True Negative ซึ่งสะท้อนความเสถียรของโมเดลในสภาวะแวดล้อมที่มีสิ่งรบกวนหรือ background ที่ไม่ใช่ใบหน้า (Viola & Jones, 2001; Zhang & Zhang, 2010; Mittal, 2024) แม้ว่าจำนวนรวม 1,500 ภาพ อาจถือว่าอยู่ในระดับกลางเมื่อเทียบกับชุดข้อมูล benchmark ขนาดใหญ่ (เช่น wider face) แต่ชุดข้อมูลนี้ถูกออกแบบและ

คัดเลือกว่าจะมั่วตรงไหนเพื่อให้เกิดการกระจายที่สมดุล และเป็นตัวแทนของสภาวะแสงที่ต่างกันถึง 3 ระดับ (500 ภาพต่อระดับแสง) โดยเฉพาะซึ่งเป็นสิ่งสำคัญในการทดสอบความทนทานของอัลกอริทึมต่อความแปรผันของแสง โดยเฉพาะ ซึ่งสอดคล้องกับวัตถุประสงค์หลักของงานวิจัยนี้ ระยะเวลาภาพและขนาด ภาพถูกถ่ายในระยะ ใกล้-กลาง (close-to-mid range) และถูกปรับขนาดมาตรฐานเป็น 640x640 พิกเซล สำหรับการป้อนเข้าโมเดล YOLO และ Haar Cascade เกณฑ์การแบ่งสภาวะแสง การแบ่งกลุ่มสภาวะแสงใช้เกณฑ์ค่าเฉลี่ยความสว่างของพิกเซลเป็นหลัก โดยภาพที่มีค่าเฉลี่ยความสว่างสูงจัดอยู่ในกลุ่ม High Light และภาพที่มีค่าเฉลี่ยต่ำจัดอยู่ในกลุ่ม Low Light

2. การปรับปรุงคุณภาพภาพด้วย Canny Edge Detection

ภาพต้นฉบับถูกแปลงเป็นภาพระดับสีเทา (grayscale) ก่อน จากนั้นจึงเข้าสู่กระบวนการตรวจจับขอบด้วย Canny Edge Detection เพื่อเน้นโครงสร้างที่สำคัญของใบหน้า โดยผลลัพธ์จากการตรวจจับขอบจะถูกนำมาใช้เป็นตัวช่วยเสริมผ่านการผสมกับภาพ grayscale เดิมในสัดส่วนที่เหมาะสม เพื่อเพิ่ม contrast บริเวณที่มีโครงสร้างชัดเจน โดยไม่แทนที่ข้อมูล grayscale ดั้งเดิม วิธีการนี้ช่วยลดผลกระทบจากแสงที่ไม่สม่ำเสมอ ทำให้ขอบเขตของวัตถุชัดเจนขึ้น และส่งผลให้ขั้นตอนการตรวจจับใบหน้าในลำดับถัดไปสามารถทำงานได้แม่นยำมากยิ่งขึ้น (Canny, 1986)

ในการปรับปรุงประสิทธิภาพของวิธีการตรวจจับใบหน้า โดยเฉพาะในสภาวะแสงที่ท้าทาย งานวิจัยนี้ได้ผสมผสานเทคนิค Canny Edge Detection เข้ากับขั้นตอนการประมวลผลล่วงหน้า (preprocessing) ดังนี้

- การแปลงภาพและตรวจจับขอบ ภาพต้นฉบับจะถูกแปลงเป็น ภาพระดับสีเทา (grayscale) ก่อน จากนั้นจึงเข้าสู่กระบวนการตรวจจับขอบด้วย Canny Edge Detection (Canny, 1986) เพื่อเน้นโครงสร้างที่สำคัญของใบหน้า

- การเสริมข้อมูล (data augmentation) ผลลัพธ์จากการตรวจจับขอบจะถูกนำมาใช้เป็น ตัวช่วยเสริม ผ่านการผสมผสานกับภาพ Grayscale เดิมในสัดส่วนที่เหมาะสม เพื่อเพิ่ม Contrast บริเวณที่มีโครงสร้างชัดเจน โดยไม่แทนที่

ข้อมูลความเข้มของพิกเซลเดิม (grayscale data)

- วิธีการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดผลกระทบจากแสงที่ไม่สม่ำเสมอ ทำให้ขอบเขตของวัตถุชัดเจนขึ้น ซึ่งส่งผลให้ขั้นตอนการตรวจจับใบหน้าในลำดับถัดไป (ทั้ง Haar Cascade และ YOLO) สามารถทำงานได้แม่นยำมากยิ่งขึ้น

กระบวนการตรวจจับใบหน้าด้วย Haar Cascade ได้มีการเพิ่มขั้นตอนการปรับปรุงคุณภาพภาพโดยใช้ Canny Edge Detection เพื่อลดผลกระทบจากสภาวะแสงที่ไม่สม่ำเสมอและเพิ่มความคมชัดของโครงร่างใบหน้า ภาพต้นฉบับถูกแปลงเป็น grayscale จากนั้นผ่านการตรวจจับขอบด้วย Canny เพื่อเน้นเส้นขอบของวัตถุ ผลลัพธ์ดังกล่าวถูกใช้สร้าง mask และนำมารวมกับภาพ grayscale เดิม เพื่อเพิ่ม contrast ในบริเวณที่มีความสำคัญ กระบวนการนี้ช่วยให้ Haar Cascade สามารถระบุขอบเขตของใบหน้าได้แม่นยำยิ่งขึ้น แม้ในกรณีที่สภาพแสงมีความแปรผันสูง ดังภาพ 2

จากภาพ 2 ประกอบด้วย (a) ภาพ grayscale (b) ผลลัพธ์การตรวจจับขอบด้วย Canny (c) ภาพที่ได้จากการเสริมขอบเขต (mask) โดยใช้ผลลัพธ์จาก Canny และ (d) ผลการตรวจจับใบหน้าที่ได้จาก Haar Cascade ซึ่ง bounding box ถูกแสดงด้วยสี่เหลี่ยม

ขั้นตอนการปรับปรุงคุณภาพภาพก่อนเข้าสู่กระบวนการตรวจจับใบหน้า ได้นำเสนอผลลัพธ์ในแต่ละขั้นตอน โดยเริ่มจากการแปลงภาพต้นฉบับเป็น grayscale จากนั้นทำการตรวจจับขอบด้วย Canny Edge Detection และนำผลลัพธ์มารวมกับภาพ grayscale เดิมเพื่อเพิ่ม contrast บริเวณโครงสร้างที่สำคัญ สุดท้ายภาพที่ผ่านการปรับปรุงจะถูกส่งเข้าสู่กระบวนการตรวจจับด้วย YOLO ซึ่งสามารถตรวจจับใบหน้าได้แม้ในสภาวะแสงที่มีความไม่สม่ำเสมอ ดังภาพ 3

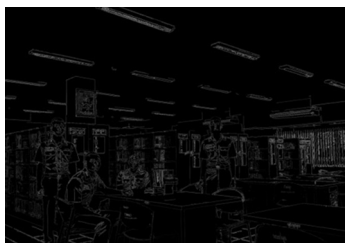
จากภาพ 3 แสดงกระบวนการตรวจจับใบหน้าด้วยวิธี YOLO ร่วมกับ Canny Edge Detection โดยประกอบด้วย (a) ภาพ grayscale, (b) ผลลัพธ์การตรวจจับขอบด้วย Canny, (c) ภาพที่ได้จากการรวม grayscale กับ edge mask เพื่อเพิ่ม contrast และ (d) ผลลัพธ์การตรวจจับใบหน้าด้วย YOLO แสดงในรูปของ bounding box สีเขียว



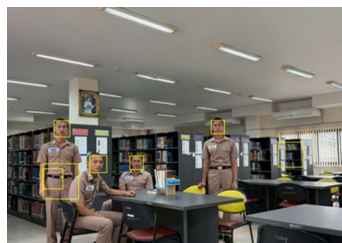
(a)



(b)



(c)

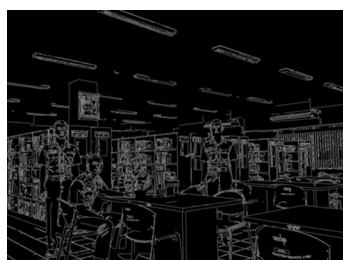


(d)

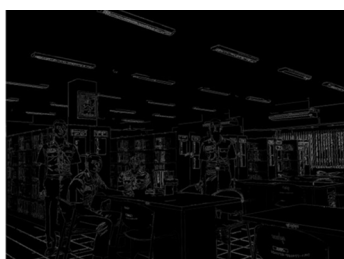
ภาพ 2 ขั้นตอนการประมวลผลภาพด้วย Canny Edge Detection และการตรวจจับใบหน้าด้วย Haar Cascade (a) ภาพ grayscale (b) ผลลัพธ์การตรวจจับขอบด้วย Canny (c) ภาพที่ได้จากการเสริมขอบเขต (mask) โดยใช้ผลลัพธ์จาก Canny และ (d) ผลการตรวจจับใบหน้าที่ได้จาก Haar Cascade



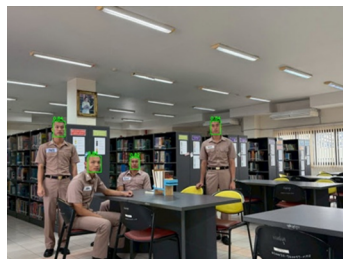
(a)



(b)



(c)



(d)

ภาพ 3 ขั้นตอนการประมวลผลภาพด้วย Canny Edge Detection และการตรวจจับใบหน้าด้วย YOLO (a) ภาพ grayscale (b) ผลลัพธ์การตรวจจับขอบด้วย Canny (c) ภาพที่ได้จากการรวม grayscale กับ edge mask เพื่อเพิ่ม contrast และ (d) ผลลัพธ์การตรวจจับใบหน้าด้วย YOLO

3. วิธีการตรวจจับใบหน้าหลัก (detection methods)

งานวิจัยนี้ได้เปรียบเทียบประสิทธิภาพของการตรวจจับใบหน้าจากสองวิธีการหลัก คือ Haar Cascade Classifier: Haar วิธีนี้ใช้การเรียนรู้ฟีเจอร์เชิงสถิติผ่าน

กระบวนการ AdaBoost ซึ่งมีจุดเด่นด้านความเร็วและมีประสิทธิภาพในการตรวจจับใบหน้าที่มีขนาดและมุมมองมาตรฐาน (Viola & Jones, 2001) และ YOLO: You Only Look Once วิธีนี้ใช้สถาปัตยกรรมการเรียนรู้เชิงลึก (deep learning) เพื่อระบุตำแหน่ง (bounding

box) ของใบหน้าได้อย่างรวดเร็วและแม่นยำยิ่งขึ้น โดยแสดงความทนทานต่อสภาวะแสงที่ไม่เหมาะสมหรือฉากที่มีความซับซ้อน (Redmon et al., 2016) โดยมีวิธีการดังนี้

การประมวลผลภาพเบื้องต้น (preprocessing with canny edge detection)

การประมวลผลภาพเบื้องต้นด้วย Canny Edge Detection

กระบวนการปรับปรุงภาพด้วย Canny Edge Detection ถูกนำมาใช้เพื่อเน้นโครงสร้างของใบหน้าและลดผลกระทบจากแสงที่ไม่สม่ำเสมอ โดยมีขั้นตอนการประมวลผลที่ชัดเจน ดังนี้ แปลงภาพจากภาพสีต้นฉบับจะถูกแปลงเป็นภาพระดับสีเทา (Grayscale Image, $I_{grayscale}$) เพื่อลดความซับซ้อนของข้อมูลและเตรียมพร้อมสำหรับการหาขอบภาพ การหาขอบ นำภาพ $I_{grayscale}$ ไปใช้ในการตรวจจับขอบด้วย Canny Edge Detection ซึ่งประกอบด้วย การใช้ Gaussian Filter เพื่อลดสัญญาณรบกวน การคำนวณ Gradient Magnitude และ Orientation การทำในส่วน Non-Maximum Suppression และการใช้ Thresholds แบบ Hysteresis เพื่อให้ได้ขอบภาพ (Edge Mask, $I_{edge\ mask}$) ที่บางและมีความแม่นยำสูง และการผสานภาพ ผลลัพธ์จากการตรวจจับขอบ ($I_{edge\ mask}$) จะถูกนำมาผสานกลับเข้ากับภาพระดับสีเทาเดิม ($I_{edge\ mask}$) เพื่อสร้างภาพป้อนเข้า (I_{input}) ที่ถูกเสริมด้วยข้อมูลโครงสร้างของใบหน้า สูตรการผสานภาพแบบถ่วงน้ำหนัก (weighted sum) คือ

$$I_{input} = \alpha I_{grayscale} + \beta I_{edge\ mask} \quad (1)$$

ในงานวิจัยนี้ กำหนดค่า $\alpha=0.7$ และ $\beta=0.3$ เพื่อให้ภาพสุดท้ายยังคงรักษาคุณสมบัติความเข้มของภาพเดิมไว้ในขณะที่เน้นขอบเขตสำคัญ ภาพที่นำไปใช้ในการฝึกฝน (train) และการทดสอบ (test) โมเดลตรวจจับ (ทั้ง Haar Cascade และ YOLO) จึงเป็นภาพระดับสีเทาที่ถูกเสริมด้วยข้อมูลขอบภาพ (enhanced grayscale image) จากขั้นตอนการผสานภาพ

ก่อนการตรวจจับใบหน้า ภาพทุกภาพในชุดข้อมูลถูกนำมาผ่านกระบวนการตรวจจับขอบ (edge detection) ด้วย Canny Edge Detection ซึ่งเป็นเทคนิคที่ได้รับความนิยมสูงเนื่องจากมีความสามารถในการระบุขอบเขตของวัตถุได้อย่างแม่นยำและทนต่อสัญญาณรบกวน (Canny, 1986) การประมวลผลนี้ช่วยเน้นโครงสร้างของใบหน้า เช่น

ขอบตา จมูก และกรอบหน้า ซึ่งมีความสำคัญต่อการเรียนรู้และการตรวจจับในขั้นตอนถัดไป นิยามทางคณิตศาสตร์ของ Canny Edge Detection สามารถอธิบายได้ดังสมการที่ (2)

$$E(x,y) = \begin{cases} 1 & \text{if } G(x,y) > T_{high} \\ 0 & \text{if } G(x,y) < T_{low} \\ \text{edge linked} & \text{if } T_{low} \leq T_{high} \end{cases} \quad (2)$$

โดยที่ $G(x,y)$ คือ ค่าความแรงของเกรเดียนต์ (gradient magnitude)

T_{high} , T_{low} คือ ค่าขอบเขตสำหรับการตัดสินใจจุดพิกเซลเป็นขอบหรือไม่

ในการทดลองนี้ ได้กำหนดค่า Thresholds ที่เหมาะสมจากการปรับจูน (tuning) สำหรับชุดข้อมูลนี้ โดยกำหนดให้ $T_{low}=50$ และ $T_{high}=150$ ซึ่งเป็นค่าที่ให้ขอบภาพที่มีความแม่นยำและช่วยลดสัญญาณรบกวนได้อย่างสมดุล

ค่า T_{low} และ T_{high} เหล่านี้มีความสำคัญในการควบคุมคุณภาพของขอบภาพที่ถูกส่งเข้าสู่โมเดลตรวจจับ โดย T_{high} ใช้เพื่อระบุขอบที่ชัดเจน และ T_{low} ใช้เพื่อเชื่อมต่อขอบที่ยังไม่สมบูรณ์ที่อยู่ใกล้เคียง

Canny Edge Detection ถูกเลือกใช้ในงานวิจัยนี้ เพื่อทำหน้าที่เป็นกระบวนการปรับปรุงภาพเบื้องต้น (preprocessing) ก่อนส่งภาพเข้าสู่โมเดลตรวจจับ (Haar Cascade และ YOLO) แทนที่จะเลือกใช้เทคนิคการปรับปรุงความสว่างโดยตรง (เช่น HE หรือ retinex) เนื่องจากมีข้อได้เปรียบที่สำคัญดังต่อไปนี้ ความคงทนต่อแสง (illumination invariance) ข้อมูลขอบภาพ (edge features) เป็นคุณสมบัติที่ทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาวะแสงได้ดีกว่าค่าความเข้มของพิกเซลโดยรวม (intensity values) การใช้ Canny ช่วยลดความแปรปรวนที่เกิดจากแสงเงาที่รุนแรงหรือแสงจ้า (saturation) ทำให้สามารถระบุขอบเขตของใบหน้าได้อย่างเสถียยิ่งขึ้น ความแม่นยำและลดสัญญาณรบกวน (high precision and noise reduction) Canny Edge Detection มีการใช้ตัวกรองแบบ Gaussian Filter ในขั้นตอนแรก ซึ่งช่วยลดสัญญาณรบกวน (noise) ก่อนการหาขอบและมีขั้นตอน Non-Maximum Suppression ทำให้ได้ขอบภาพที่บางและแม่นยำสูง (single-pixel edge) ส่งผลให้โครงสร้างของใบหน้ามีความคมชัดและแยกแยะได้ง่ายขึ้นเมื่อนำไป

ผลงานกับภาพ Grayscale เดิม และประสิทธิภาพการทำงาน (computational efficiency) เมื่อเทียบกับวิธีการอ้างอิง Retinex ที่ต้องมีการคำนวณที่ซับซ้อน Canny เป็นวิธีที่มีขั้นตอนการคำนวณที่ตรงไปตรงมาและรวดเร็ว เหมาะสำหรับการนำไปประยุกต์ใช้ในระบบตรวจจับแบบเรียลไทม์ ซึ่งสอดคล้องกับข้อกำหนดด้านความเร็วของงานวิจัยนี้

วิธีการปรับปรุงภาพด้วย Canny Edge Detection มีความเหมาะสมและให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับเทคนิคอื่น ๆ ในบริบทของการตรวจจับใบหน้าภายใต้สภาวะแสงที่ไม่คงที่ ดังนี้ เหนือกว่าวิธีการปรับปรุงค่าความเข้ม (intensity-based methods) เช่น Histogram Equalization: HE และ CLAHE: Contrast-Limited Adaptive Histogram Equalization HE/CLAHE มุ่งเน้นการยืดช่วงค่าความเข้ม ซึ่งมักจะนำไปสู่การขยายสัญญาณรบกวน (noise amplification) ในบริเวณที่มีดีหรือก่อให้เกิด สิ่งแปลกปลอมเชิงภาพ (visual artifacts) ที่เป็นอุปสรรคต่อการเรียนรู้ของโมเดล Canny Edge Detection ใช้ Gaussian Filter เพื่อลดสัญญาณรบกวนก่อนการหาขอบ ทำให้โครงสร้างของใบหน้ามีความบริสุทธิ์ (pure structure) และแม่นยำสูง (high precision) ซึ่งเป็นข้อได้เปรียบที่มีคุณภาพสูงกว่าและเหนือกว่าวิธีการอ้างอิงทฤษฎีการสะท้อนแสง (Retinex-based Methods) Retinex-based Methods ให้ผลลัพธ์ที่ดีในเชิงคุณภาพของภาพแต่มีความซับซ้อนในการคำนวณสูง (high computational cost) และใช้เวลาในการประมวลผลที่นาน (higher latency) ซึ่งไม่สอดคล้องกับข้อกำหนดของงานวิจัยที่ต้องการประสิทธิภาพในการทำงานแบบเรียลไทม์ (real-time detection) Canny Edge Detection มีประสิทธิภาพการประมวลผลสูง (high computational efficiency) ในขณะเดียวกันก็ให้คุณสมบัติที่สำคัญที่สุดสำหรับการแก้ไขปัญหากลาง คือ ข้อมูลโครงสร้างที่คงทนต่อแสง (illumination-invariant structural information) การใช้ Canny Edge Detection เป็นการเลือกใช้กลยุทธ์ที่ให้ความสมดุลที่ดีที่สุด (optimal balance) ระหว่างความแม่นยำ (accuracy) ความทนทานต่อสภาวะแสง (robustness) และความเร็วในการประมวลผล (speed) เมื่อเทียบกับเทคนิคการปรับปรุงภาพอื่น ๆ ทำให้โมเดลตรวจจับใบหน้าสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพภายใต้เงื่อนไขแสงที่หลากหลาย

Canny Edge Detection ในงานวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อปรับปรุงคุณลักษณะเชิงโครงสร้าง (structural features) ของใบหน้า ก่อนที่จะนำเข้าสู่โมเดลตรวจจับ (YOLO และ

Haar Cascade) ซึ่งคาดว่าจะช่วยเพิ่มความแม่นยำของการตรวจจับโดยเฉพาะในสภาวะแสงที่มีความแตกต่างสูง

การตรวจจับใบหน้า (face detection methods)

เพื่อตอบโจทย์การประเมินประสิทธิภาพในสภาวะแสงที่แตกต่างกัน งานวิจัยนี้เลือกใช้สองวิธีการตรวจจับใบหน้าหลัก ได้แก่ Haar Cascade Classifier และ YOLO: You Only Look Once ซึ่งมีพื้นฐานทางทฤษฎีและแนวคิดที่แตกต่างกัน ดังนี้

เพื่อตอบโจทย์การประเมินประสิทธิภาพภายใต้สภาวะแสงที่แตกต่างกัน งานวิจัยนี้ได้เลือกใช้สองวิธีการตรวจจับใบหน้าหลัก ซึ่งมีพื้นฐานทางทฤษฎีและแนวคิดที่แตกต่างกัน ได้แก่ Haar Cascade Classifier และ YOLO: You Only Look Once ดังรายละเอียดต่อไปนี้

Haar Cascade Classifier

Haar Cascade Classifier พัฒนาขึ้นจาก Viola-Jones Algorithm (Viola & Jones, 2001) ซึ่งเป็นแนวคิดด้านการเรียนรู้ของเครื่องเชิงสถิติ (statistical machine learning) หลักการทำงานประกอบด้วย

- คุณลักษณะเด่น (features) ใช้วิธี Haar-like Features ในการคำนวณความแตกต่างของความเข้มพิกเซลในบริเวณต่าง ๆ ของภาพ เพื่อค้นหาคุณลักษณะของใบหน้า เช่น ขอบ ตา หรือจมูก

- การจัดจำแนก (classification) ใช้ AdaBoost Classifier ในการรวม Weak Classifiers จำนวนมากเข้าด้วยกัน เพื่อสร้างเป็น Cascade Structure (โครงสร้างแบบเรียงลำดับ) ซึ่งช่วยลดเวลาการประมวลผลโดยการคัดกรองพื้นที่ที่ไม่ใช่ใบหน้าออกอย่างรวดเร็ว

- ข้อดีและข้อจำกัด ข้อดีของวิธีนี้ คือ มีความเร็วในการตรวจจับสูง และเหมาะกับงาน Real-Time อย่างไรก็ตาม Haar Cascade มัก ไวต่อสภาวะแสงและคุณภาพของภาพ ซึ่งเป็นข้อจำกัดหลักที่ส่งผลต่อความแม่นยำของการตรวจจับ

สำหรับการทดลองด้วย Haar Cascade Classifier ได้ใช้ชุดคุณลักษณะใบหน้ามาตรฐานของ OpenCV (haarcascade_frontalface_default.xml) และกำหนดค่าพารามิเตอร์หลัก ดังนี้ scaleFactor=1.1 minNeighbors=5 และ minSize= 30, 30) ซึ่งเป็นค่าที่ให้ความสมดุลระหว่างความแม่นยำและความเร็วในการทำงานภายใต้สภาพแวดล้อมการทดลองนี้

YOLO (You Only Look Once)

YOLO เป็นโมเดลตรวจจับวัตถุเชิงลึก (deep learning-based object detection) ที่ได้รับการพัฒนาโดย Redmon et al. (2016) ซึ่งมีแนวคิดหลัก คือ การมองการตรวจจับวัตถุเป็นปัญหาการถดถอย (regression problem) โดยคาดการณ์ bounding box และ class probability ของวัตถุในครั้งเดียว (single forward pass) จึงมีความเร็วและความแม่นยำสูงกว่าวิธีการแบบดั้งเดิม ฟังก์ชันที่ใช้ในการทำนาย bounding box สามารถแสดงได้ดังสมการที่ (3)

$$b_x = \sigma(t_x) + c_x, b_y = \sigma(t_y) + c_y, b_w = p_w e^{t_w}, b_h = p_h e^{t_h} \quad (3)$$

โดยที่ b_x และ b_y คือ จุดกึ่งกลางของ bounding box
 b_w และ b_h คือ ความกว้างและความสูงของ bounding box

c_x และ c_y คือ ตำแหน่งของ grid cell

p_w และ p_h คือ ค่า prior anchor box

σ คือ sigmoid function

YOLO จึงสามารถเรียนรู้และตรวจจับใบหน้าได้ แม้ในสภาพแสงที่ซับซ้อนกว่าวิธีการดั้งเดิม ซึ่งเหมาะสมกับวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ที่ต้องการเปรียบเทียบความทนทานของโมเดลต่อความแตกต่างของสภาวะแสง

เพื่อให้เห็นความแตกต่างอย่างชัดเจนระหว่างสองเทคนิคที่ใช้ในการตรวจจับใบหน้า ซึ่งสามารถแสดงการเปรียบเทียบเชิงแนวคิดระหว่าง Haar Cascade Classifier และ YOLO (You Only Look Once) โดยเน้นจุดเด่นและข้อจำกัดที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้ดังตาราง 1

4. การประเมินผลการตรวจจับด้วยเมตริกมาตรฐาน

ผลการตรวจจับจากวิธีการทั้งหมดจะถูกนำมาวิเคราะห์โดยใช้ชุดของเมตริกมาตรฐานที่ได้รับการยอมรับในงานด้าน Computer Vision (Powers, 2011) เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพภายใต้สภาวะแสงที่แตกต่างกันอย่างเป็นระบบ เมตริกที่ใช้ในการประเมินประกอบด้วย

Accuracy (ความแม่นยำรวม)

Precision (ความเที่ยงตรง)

Recall (ความไว/ความสมบูรณ์)

F1-Score (ค่าเฉลี่ยแบบฮาร์โมนิกของ Precision และ Recall)

Processing Time (เวลาในการประมวลผล)

ซึ่งเป็นตัวชี้วัดที่สะท้อนทั้งความถูกต้องและความสามารถในการตรวจจับวัตถุอย่างครอบคลุม (Powers, 2011)

โดยนิยามและสูตรคำนวณแสดงดังสมการที่ (4) (5) (6) และ (7)

$$Accuracy = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN} \quad (4)$$

$$Precision = \frac{TP}{TP + FP} \quad (5)$$

$$Recall = \frac{TP}{TP + FN} \quad (6)$$

$$F1 = 2 \frac{Precision \cdot Recall}{Precision + Recall} \quad (7)$$

โดยที่ True Positive: TP คือ จำนวนครั้งที่ระบบตรวจจับใบหน้าได้ถูกต้อง (ตรวจเจอและเป็นใบหน้าจริง)

True Negative: TN คือ จำนวนครั้งที่ระบบตรวจไม่พบใบหน้า และในภาพนั้นไม่มีใบหน้าจริง

False Positive: FP คือ จำนวนครั้งที่ระบบตรวจจับผิดพลาด โดยตรวจว่าเป็นใบหน้าแต่จริง ๆ แล้วไม่มีใบหน้า

False Negative: FN คือ จำนวนครั้งที่ระบบตรวจไม่พบใบหน้า ทั้งที่ในภาพมีใบหน้าจริง

ความหมายของเมตริก

Accuracy แสดงสัดส่วนความถูกต้องโดยรวมของการตรวจจับ

Precision บ่งบอกความถูกต้องของการตรวจจับเมื่อระบบบอกว่ามีใบหน้า (ลด false detection)

Recall สะท้อนความสามารถของระบบในการตรวจจับใบหน้าที่มีอยู่จริงทั้งหมด (ลด missed detection)

F1-Score เป็นค่าเฉลี่ยเชิงฮาร์โมนิกระหว่าง Precision และ Recall ใช้เมื่อต้องการวัดประสิทธิภาพโดยรวมในกรณีที่ต้องการทั้งความถูกต้องและความครอบคลุม

จากภาพ 4 และ 5 แสดงตัวอย่างกรณี False Negative: FN ซึ่งเกิดขึ้นเมื่อโมเดลไม่สามารถตรวจจับวัตถุเป้าหมายได้ ทั้งที่วัตถุ (ใบหน้า) มีอยู่ในภาพจริง กรอบสีแดง แสดงถึงผลลัพธ์การตรวจจับ ขอบเขตของใบหน้าที่โมเดลตรวจจับได้ถูกต้อง และกรอบสีน้ำเงิน แสดงถึงตำแหน่งของใบหน้าจริง ที่โมเดล ตรวจไม่พบ (missed detection) ซึ่งเท่ากับค่า False Negative: FN ข้อผิดพลาด FN มักเกิดจากคุณภาพของภาพที่ต่ำ ความเปรียบต่าง (contrast) ระหว่างใบหน้าและพื้นหลังที่ไม่ชัดเจน หรือสัญญาณรบกวน (noise) ที่เกิดจากสภาวะแสงน้อย ซึ่งส่งผลให้โมเดลไม่สามารถแยกแยะคุณลักษณะเด่นของใบหน้าได้

ตาราง 1

การเปรียบเทียบคุณลักษณะของ Haar Cascade และ YOLO

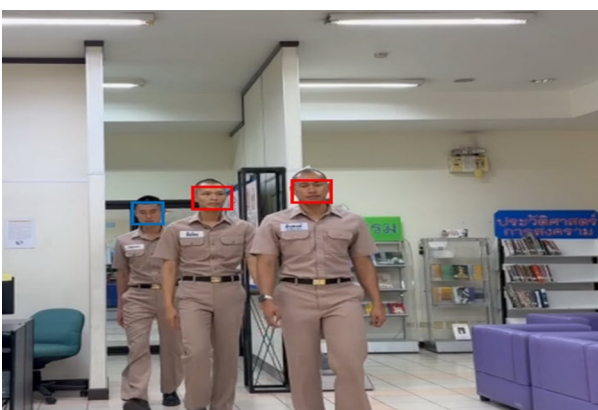
คุณลักษณะ	Haar Cascade Classifier	YOLO (You Only Look Once)
หลักการทำงาน	ใช้ Haar-like features และ AdaBoost classifier จัดเรียงเป็น cascade ของ weak classifiers หลายชั้น (Viola & Jones, 2001)	ใช้ Convolutional Neural Networks (CNNs) เพื่อตรวจจับวัตถุใน single forward pass (Redmon et al., 2016)
ความเร็ว	เร็วมาก เหมาะกับ real-time บนอุปกรณ์ประสิทธิภาพต่ำ	เร็วมาก โดยเฉพาะรุ่นใหม่ (YOLOv3-YOLOv8) ที่รองรับ real-time
ความแม่นยำ	ขึ้นอยู่กับสภาพแสงและคุณภาพของภาพ มักลดลงในสภาวะแสงน้อย (Lienhart & Maydt, 2002)	มีความแม่นยำสูงและทนต่อสภาวะแสงที่หลากหลายมากกว่า (Bochkovskiy et al., 2020)
ความยืดหยุ่น	ใช้ได้เฉพาะใบหน้าหรือวัตถุที่ผ่านการ train ด้วย features ที่กำหนด	ตรวจจับได้หลายประเภทของวัตถุพร้อมกัน และสามารถ fine-tune ได้
การประยุกต์ใช้งาน	เหมาะกับงานที่ต้องการความเร็วสูงแต่ไม่ซับซ้อน เช่น face tracking เบื้องต้น	เหมาะกับงานที่ต้องการความแม่นยำสูง เช่น surveillance biometrics และ autonomous systems



ภาพ 4 ภาพตัวอย่าง False Negative: FN



ภาพ 6 False Positive: FP



ภาพ 5 ภาพตัวอย่าง False Negative: FN



ภาพ 7 False Positive: FP

จากภาพ 6 และ 7 แสดงตัวอย่างข้อผิดพลาดแบบ False Positive: FP ซึ่งเกิดขึ้นเมื่อโมเดลตรวจจับวัตถุที่ไม่ใช่ใบหน้าและตีความว่าเป็นใบหน้า กรอบสีน้ำเงินในภาพ 6 แสดงถึงการตรวจจับใบหน้าที่ผิดพลาดมักเกิดขึ้นในภาพที่มีสภาวะแสงมาก (high light) หรือมีเงาจัดบนพื้นผิว ภาพ 7 เนื่องจากความเปรียบต่าง (contrast) ที่รุนแรงของแสงและเงา (เช่น ขอบเสื้อ มุมวัตถุ หรือบริเวณแสงสะท้อนบนผิว) สร้างรูปแบบขอบ (edge patterns) การใช้เมตริกทั้งสองตัวร่วมกันช่วยให้การประเมินผลครอบคลุมทั้งความแม่นยำโดยรวมและประสิทธิภาพในการจัดการกับข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นในแต่ละกรณี

การประเมินเวลาในการประมวลผล (processing time evaluation)

นอกจากเมตริกความแม่นยำแล้ว งานวิจัยยังประเมินประสิทธิภาพเชิงความเร็วของระบบ โดยวัดเวลาในการประมวลผล (processing time) ในหน่วยวินาทีต่อภาพ (seconds per image) ซึ่งวัดตั้งแต่การรับภาพเข้าสู่ระบบจนกระทั่งได้ผลลัพธ์การตรวจจับ (bounding box) ตามสูตรการวัดเวลาดังสมการที่ (8)

$$\text{Processing Time} = \text{Time}(\text{Pre-processing} + \text{Detection}) \quad (8)$$

โดยที่ $\text{Time}(\text{Pre-processing})$ คือ เวลาที่ใช้ในการแปลงภาพสีเป็น Grayscale การทำ Canny Edge Detection และการผสมภาพ (weighted sum)

$\text{Time}(\text{Detection})$ คือ เวลาที่โมเดล (Haar Cascade หรือ YOLO) ใช้ในการอนุมานผลลัพธ์ (inference time)

ค่าที่รายงานในส่วนผลการวิจัยเป็น ค่าเฉลี่ยของเวลาในการประมวลผลต่อภาพ ซึ่งได้จากการทดสอบภาพ

ทั้งหมด 1,500 ภาพ บนสภาพแวดล้อมฮาร์ดแวร์ที่ระบุ

ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

ชุดข้อมูลและการแบ่งระดับสภาวะแสง

การประเมินผลการทดลองได้ดำเนินการบนชุดข้อมูลภาพใบหน้าจำนวน 1,500 ภาพ ภายใต้สภาวะแสง 3 ระดับ ได้แก่ แสงมาก (high light) แสงปานกลาง (medium light) และแสงน้อย (low light)

เกณฑ์ในการแบ่งระดับสภาวะแสง พิจารณาจากค่าเฉลี่ยของความสว่าง (brightness) ของภาพ ซึ่งคำนวณจากค่าเฉลี่ยของความเข้มพิกเซล (pixel intensity average) ในช่วงค่า 0–255 (โดยที่ 0 คือ มืดที่สุด และ 255 คือ สว่างที่สุด) โดยมีเกณฑ์การแบ่งสภาวะแสง ดังตาราง 2

วิธีการทดสอบและตัวชี้วัดประสิทธิภาพ

ภาพในแต่ละสภาวะแสงถูกนำมาทดสอบด้วย 4 วิธีการตรวจจับหลัก เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพ ได้แก่

- 1) Haar Cascade Classifier (Haar)
- 2) YOLO (You Only Look Once)
- 3) Haar Cascade + Canny Edge Detection (Haar + Canny)
- 4) YOLO + Canny Edge Detection (YOLO + Canny)

การประเมินผลใช้ตัวชี้วัดมาตรฐานที่ได้รับการยอมรับอย่างแพร่หลายในการวิจัยด้านการตรวจจับวัตถุและใบหน้า (Powers, 2011) ประกอบด้วย Accuracy Precision Recall และ F1-Score นอกจากนี้ ยังมีการวัดเวลาในการประมวลผล (time) เพื่อประเมินประสิทธิภาพเชิงความเร็วของแต่ละวิธีการด้วย

ตาราง 2

สภาวะแสงและลักษณะทั่วไป

สภาวะแสง	ช่วงค่าเฉลี่ยความสว่าง (intensity level)	ลักษณะภาพโดยทั่วไป
แสงน้อย	50 - 100	ภาพมืด รายละเอียดบางส่วนอาจสูญหาย
แสงปานกลาง	100 - 180	ระดับแสงปกติ เหมาะสมที่สุดสำหรับการตรวจจับใบหน้า
แสงมาก	มากกว่า 180	ภาพสว่างจ้า อาจเกิดการสูญเสียรายละเอียดจากการโอเวอร์เอ็กซ์โพส

ตาราง 3

ประสิทธิภาพของ Haar Cascade Haar + Canny YOLO และ YOLO + Canny ภายใต้สภาวะแสงต่าง ๆ

สภาวะแสง	Model	TP	FP	FN	TN	Accuracy (%)	Precision (%)	Recall (%)	F1-score (%)	Time (s)
มาก	Haar Cascade	254	44	46	156	82.0	85.2	84.7	85.0	1.502
	Haar + Canny	243	53	57	147	78.0	82.1	80.9	81.5	1.179
	YOLO	273	25	27	175	89.6	91.6	90.9	91.2	2.128
	YOLO + Canny	276	21	24	179	91.0	92.8	92.1	92.4	0.133
ปานกลาง	Haar Cascade	248	47	52	153	80.2	83.9	82.5	83.2	1.378
	Haar + Canny	239	58	61	142	76.2	80.5	79.6	80.1	1.218
	YOLO	278	19	22	181	91.8	93.5	92.7	93.1	2.175
	YOLO + Canny	278	18	22	182	92.0	94.1	92.8	93.4	0.162
น้อย	Haar Cascade	213	80	87	120	66.6	72.6	70.9	71.7	1.087
	Haar + Canny	200	91	100	109	61.8	68.7	66.8	67.7	0.808
	YOLO	260	36	40	164	84.8	87.9	86.5	87.2	2.020
	YOLO + Canny	266	30	34	170	87.2	89.7	88.5	89.1	0.157

การอภิปรายผล

จากตาราง 3 สามารถสรุปและอภิปรายผลได้ ดังนี้

1. YOLO + Canny

วิธีการ YOLO ร่วมกับ Canny Edge Detection ให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดในทุกสภาวะแสง ทั้งในด้าน Accuracy Precision Recall และ F1-Score โดยเฉพาะในสภาวะแสงปานกลาง ซึ่งได้ค่า Accuracy สูงสุดถึง 92.0% และยังคงรักษาความแม่นยำในสภาวะแสงมาก (91.0%) และสภาวะแสงน้อย (87.2%) ได้อย่างต่อเนื่อง จุดเด่นสำคัญ คือ ใช้เวลาในการประมวลผลเฉลี่ยเพียง 0.13–0.16 วินาที/ภาพ เร็วกว่าวิธีอื่นทั้งหมดอย่างมาก แสดงให้เห็นว่า preprocessing ด้วย Canny ช่วยเน้นขอบเขตของใบหน้าและลดผลกระทบ

จากแสงที่ไม่สม่ำเสมอ ทำให้โมเดล YOLO สามารถตรวจจับใบหน้าได้แม่นยำและรวดเร็วยิ่งขึ้น

2. YOLO (ปกติ)

วิธีการ YOLO เพียงอย่างเดียวมีประสิทธิภาพสูงเช่นกัน โดยได้ Accuracy เฉลี่ยสูงกว่า 84% แม้ในสภาวะแสงน้อย ซึ่งยังคงเหนือกว่าวิธี Haar Cascade อย่างมีนัยสำคัญ อย่างไรก็ตามเวลาที่ใช้ในการประมวลผลค่อนข้างสูง (~2.0–2.2 วินาที/ภาพ) เมื่อเทียบกับ YOLO + Canny การทำงานที่ช้าลงสะท้อนถึงการที่ YOLO ต้องประมวลผลจากภาพดิบโดยตรงโดยไม่ได้รับการปรับปรุงคุณภาพภาพก่อนการตรวจจับ

3. Haar Cascade

วิธี Haar Cascade แสดงให้เห็นถึงความสามารถในการทำงานที่รวดเร็วปานกลาง ($\approx 1.1-1.5$ วินาที/ภาพ) แต่มีข้อจำกัดด้านความแม่นยำ โดยเฉพาะในสภาวะแสงน้อย ที่ค่า Accuracy ลดลงเหลือเพียง 66.6% เนื่องจากเป็นวิธีการตรวจจับเชิงคุณลักษณะ (feature-based detection) ซึ่งมีความอ่อนไหวต่อการเปลี่ยนแปลงของแสงและสภาพแวดล้อมที่ไม่สม่ำเสมอ

4. Haar + Canny

การนำ Canny Edge Detection มาผสานกับ Haar Cascade ไม่ได้ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการตรวจจับ กลับทำให้ค่าความแม่นยำลดลงในหลายสภาวะ เช่น ในสภาวะแสงน้อย Accuracy เหลือเพียง 61.8% สาเหตุเนื่องจากการตรวจจับขอบภาพ (edges) มากเกินไปก่อให้เกิด noise ที่รบกวนการทำงานของ cascade classifier และทำให้การแยกแยะใบหน้าไม่แม่นยำเท่าที่ควร

5. การเปรียบเทียบกับงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (comparison with related work)

เพื่อเติมเต็มช่องว่างที่ขาดการเปรียบเทียบกับงานวิจัยอื่น และเพื่อให้ผลการวิจัยนี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น จึงได้นำผลลัพธ์ของวิธี YOLO + Canny มาเปรียบเทียบกับเชิงแนวคิดกับประสิทธิภาพของโมเดลตรวจจับใบหน้าเชิงลึกที่รายงานในงานวิจัยอื่น ๆ ที่เน้นการจัดการกับสภาพแสงที่ท้าทาย (แม้ว่าจะใช้ชุดข้อมูลและสภาพแวดล้อมการทดลองที่แตกต่างกัน) โดยเปรียบเทียบในเชิงประสิทธิภาพโดยรวมและคุณสมบัติเด่น

YOLOv8 (Yisihak & Li, 2024) งานวิจัยที่รายงานประสิทธิภาพของ YOLOv8 ในระบบประยุกต์จริง โดยให้ค่าความแม่นยำสูงถึง 98.1% บนชุดข้อมูลที่แตกต่างกัน. ผลลัพธ์นี้แสดงให้เห็นว่ายังมีโอกาสในการพัฒนาโมเดล YOLO ให้ดีขึ้นได้อีกหากมีการใช้เวอร์ชันที่ใหม่กว่า (เช่น YOLOv8) และมีการปรับแต่ง (fine-tuning) พารามิเตอร์ของโมเดลเชิงลึกโดยเฉพาะ Dark-YOLO (Liu et al., 2025) โมเดลนี้ถูกออกแบบมาเพื่อรับมือกับภาพมืดโดยเฉพาะ รายงานค่า F1-Score สูงกว่า 90% ในสภาวะแสงน้อย ซึ่งใกล้เคียงกับ F1-Score ของ YOLO + Canny (89.1%) ในงานวิจัยนี้

บทสรุปจากการเปรียบเทียบวิธีการ YOLO + Canny ที่เสนอในงานวิจัยนี้ ให้ผลลัพธ์ด้านความแม่นยำ (สูงสุด 92.0%) และความทนทานต่อสภาวะแสงที่แปรผันได้อย่างยอดเยี่ยม เมื่อพิจารณาพร้อมกับจุดเด่นด้านความเร็วในการประมวลผลที่สั้นที่สุด (<0.2 วินาที/ภาพ) พบว่า วิธีการนี้มีความได้เปรียบในเชิงของ Trade-off ระหว่างความแม่นยำ

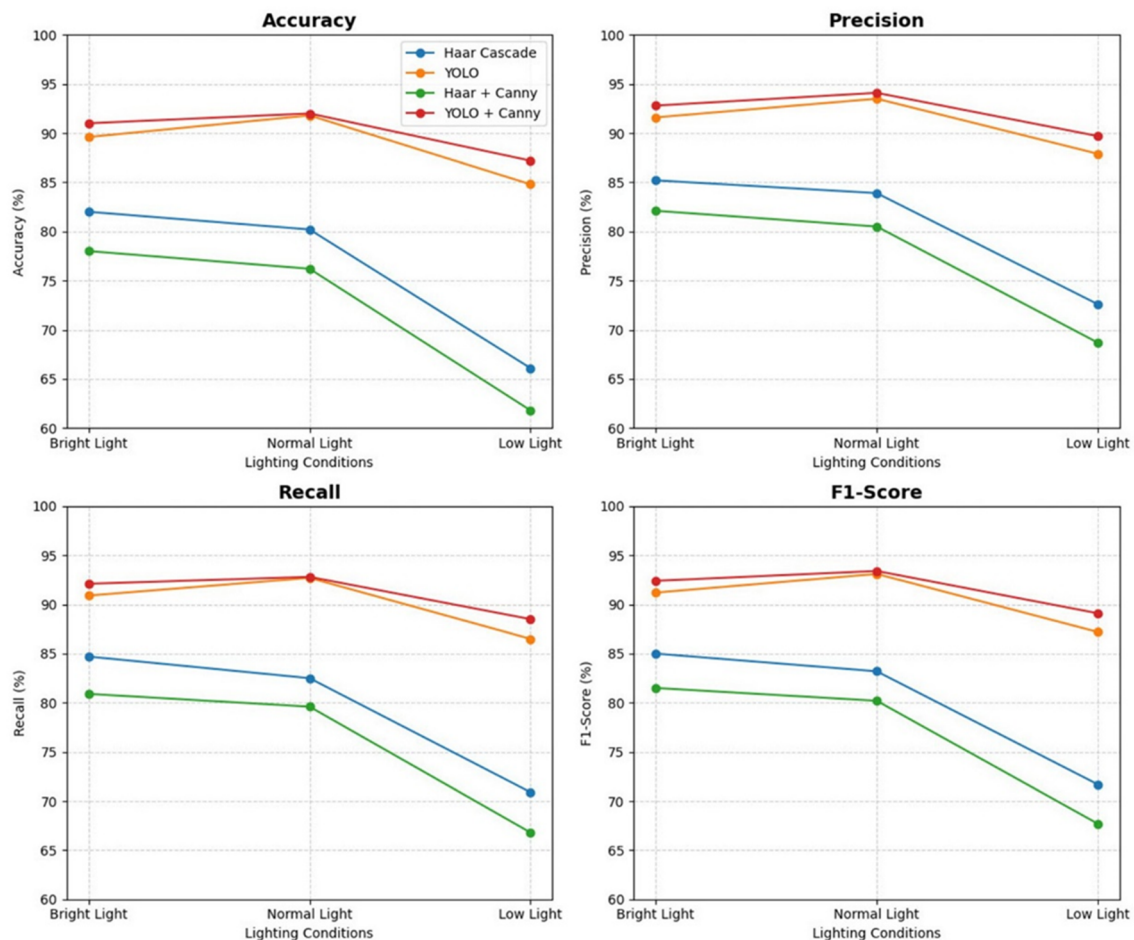
และความเร็ว ซึ่งถือเป็นทางเลือกที่มีประสิทธิภาพสูงสำหรับการประยุกต์ใช้งานแบบเรียลไทม์บนอุปกรณ์ที่มีทรัพยากรจำกัด เมื่อเทียบกับโมเดลเชิงลึกที่ซับซ้อนกว่าซึ่งมักแลกมาด้วยเวลาประมวลผลที่สูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญ

โดยสรุป YOLO + Canny แสดงให้เห็นถึงความเหนือกว่าในทุกด้าน ทั้งด้านความแม่นยำและเวลาในการประมวลผล โดยสามารถตรวจจับใบหน้าได้อย่างมีประสิทธิภาพภายใต้สภาวะแสงที่แตกต่างกัน ขณะที่ YOLO แบบปกติ แม้จะมีความแม่นยำสูง แต่มีข้อจำกัดเรื่องเวลา ส่วน Haar Cascade และ Haar + Canny มีจุดเด่นด้านความเร็วในระดับหนึ่ง แต่ความแม่นยำต่ำและไม่เหมาะสมในสภาวะแสงที่ท้าทาย โดยเฉพาะแสงน้อย

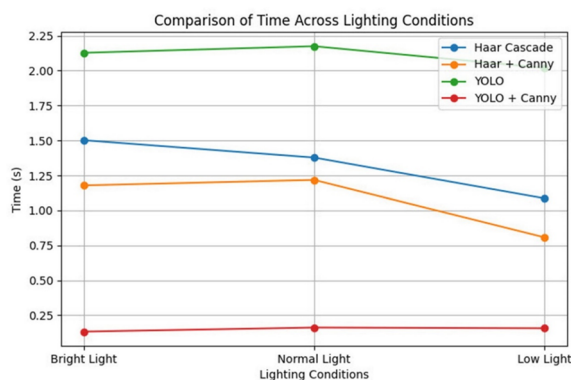
YOLO + Canny ใช้เวลาในการประมวลผลเฉลี่ยน้อยกว่า YOLO ปกติ แม้จะเพิ่มขั้นตอน preprocessing ก็ตามสาเหตุที่เป็นไปได้คือการประมวลผลด้วย Canny Edge Detection ช่วยลดรายละเอียดและข้อมูลที่ไม่จำเป็น ทำให้ input ของโมเดลมีความเด่นชัดของโครงร่างมากขึ้น ส่งผลให้ YOLO สามารถสร้าง feature map ได้รวดเร็วขึ้นและลดภาระการคำนวณในบาง layer นอกจากนี้งานวิจัยที่ผ่านมา เช่น Liu et al. (2025), Sun et al. (2022) และ Yisihak and Li (2024) ยังรายงานผลลัพธ์ในทิศทางเดียวกันว่า preprocessing สามารถช่วยเพิ่มทั้งความแม่นยำและความเร็วในการตรวจจับได้ อย่างไรก็ตามควรระบุว่า ประสิทธิภาพนี้อาจขึ้นอยู่กับลักษณะของ dataset และสถาปัตยกรรมฮาร์ดแวร์ที่ใช้ ซึ่งควรมีการทดสอบเพิ่มเติมในอนาคต

เพื่อให้เห็นแนวโน้มประสิทธิภาพของอัลกอริทึมแต่ละวิธีชัดเจนมากขึ้น งานวิจัยนี้ได้นำผลการจำลองจากตารางไปแสดงในรูปของกราฟเส้น โดยแยกออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ กราฟแสดงค่าความแม่นยำเชิงเมตริกมาตรฐาน (Accuracy Precision Recall และ F1-Score) และกราฟเปรียบเทียบเวลาในการประมวลผล (time) ภายใต้สภาวะแสงที่แตกต่างกัน ทั้งแสงมาก แสงปานกลาง และแสงน้อย

จากภาพ 8 พบว่า YOLO + Canny ให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดในทุกสภาวะแสง โดยมีค่าของทุกเมตริกสูงกว่า YOLO ปกติ และสูงกว่า Haar Cascade อย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะในสภาวะแสงปานกลางที่ Accuracy สูงสุดถึง 92.0% ขณะที่ Haar Cascade และ Haar + Canny มีแนวโน้มค่าลดลงชัดเจนเมื่อความสว่างของภาพต่ำลง โดย Haar + Canny ให้ผลด้อยที่สุดในสภาวะแสงน้อย (Accuracy เพียง 61.8%) แสดงให้เห็นว่า YOLO มีความเสถียรมากกว่าในการจัดการกับการเปลี่ยนแปลงของแสง และ preprocessing แบบ Canny ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของ YOLO ได้ แต่กลับไม่ส่งผลบวกต่อ Haar



ภาพ 8 กราฟ Accuracy Precision Recall และ F1-Score



ภาพ 9 กราฟ Comparison of Time Across Lighting Conditions (s)

จากผลการทดลองที่แสดงในภาพ 9 สามารถสรุปได้อย่างชัดเจนว่า YOLO + Canny Edge Detection เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพเหนือกว่าอัลกอริทึมอื่น ๆ ในทุกสภาวะแสงที่ทำการทดสอบ ทั้งด้านความแม่นยำ (accuracy) ความถูกต้อง (precision) ความครอบคลุม (recall) และ

ความสมดุลระหว่าง Precision และ Recall (F1-Score)

ประสิทธิภาพสูงสุด วิธี YOLO + Canny แสดงค่า Accuracy สูงสุดถึง 92.0% ในสภาวะแสงปานกลาง และยังคงรักษาประสิทธิภาพได้ดีอย่างยิ่งแม้ในสภาวะแสงน้อย ซึ่งโดยปกติเป็นเงื่อนไขที่ท้าทายต่อการตรวจจับใบหน้า

ข้อจำกัดของ Haar Cascade แม้ว่า Haar Cascade จะมีการประมวลผลที่ค่อนข้างรวดเร็ว แต่มีข้อจำกัดด้านความแม่นยำอย่างชัดเจน โดยเฉพาะในสภาวะแสงน้อย ที่ค่า Accuracy ลดลงเหลือเพียง 66.6%

เมื่อพิจารณาด้านเวลาในการประมวลผลต่อภาพ (time/image) ซึ่งแสดงในภาพ 9 พบข้อสรุปที่สำคัญเกี่ยวกับผลกระทบของ preprocessing

YOLO (ปกติ) ใช้เวลาในการประมวลผลสูงที่สุด (≈ 2 วินาที/ภาพ)

Haar Cascade และ Haar + Canny ใช้เวลาใกล้เคียงกัน (1.1–1.5 วินาที/ภาพ)

YOLO + Canny กลับใช้เวลาต่ำที่สุด (< 0.2 วินาที/ภาพ) ในทุกสภาวะแสง

การลดลงของเวลาในการประมวลผลนี้เป็นผลโดยตรงจากการเปลี่ยนรูปแบบอินพุต (input format) โดยสำหรับวิธี YOLO ปกติ ภาพป้อนเข้า คือ ภาพสี RGB ขนาด 640x640 พิกเซล (3 Channel) ในขณะที่วิธี YOLO + Canny ภาพป้อนเข้าถูกลดเหลือเพียง ภาพระดับสีเทาที่ถูกเสริมขอบ (enhanced grayscale image) ซึ่งเป็น 1 Channel การลดจำนวน Channel ของภาพป้อนเข้าในขั้นตอน Pre-processing นี้ช่วย ลดภาระการคำนวณ (computational load) ในเลเยอร์เริ่มต้นของโครงข่ายประสาทเทียม CNN ส่งผลให้เวลาในการอนุมานผล (inference time) ของโมเดล YOLO โดยรวมลดลงอย่างมีนัยสำคัญ (เร็วกว่า YOLO ปกติเกือบ 10 เท่า) ซึ่งเป็นการปรับปรุงประสิทธิภาพที่สอดคล้องกับข้อกำหนดด้าน Real-time ของงานวิจัย นอกจากนี้ Preprocessing ด้วย Canny ยังช่วยเน้นขอบเขตของใบหน้า ลดผลกระทบจากแสงที่ไม่สม่ำเสมอ และเพิ่มความแม่นยำควบคู่ไปกับความเร็วที่เพิ่มขึ้น

สรุปการตีความผลลัพธ์ของการผสมเทคนิคนี้ ดังนี้ การผสม YOLO + Canny การผสมนี้พิสูจน์แล้วว่า มีประโยชน์สูงสุด โดยให้ค่าความแม่นยำสูงสุดและใช้เวลาน้อยที่สุด ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความเข้ากันได้ของ

เทคนิคการเน้นขอบเขต Canny กับสถาปัตยกรรมเชิงลึก YOLO ในการรับมือกับความแปรผันของแสง

การผสม Haar + Canny การ preprocessing ด้วย Canny ไม่ได้ช่วยปรับปรุงประสิทธิภาพของ Haar Cascade เท่าที่ควร และในบางกรณีกลับทำให้ประสิทธิภาพแย่ลง (accuracy) เนื่องจากการสร้างขอบภาพที่มากเกินไป อาจกลายเป็น noise ที่ทำให้ cascade classifier สับสน และไม่สามารถจับคู่คุณลักษณะได้แม่นยำ

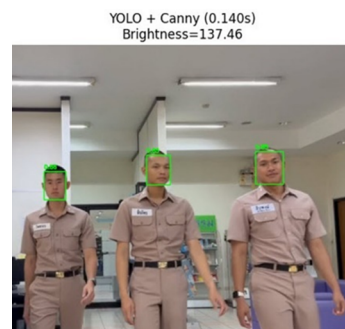
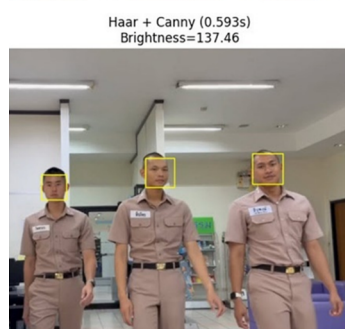
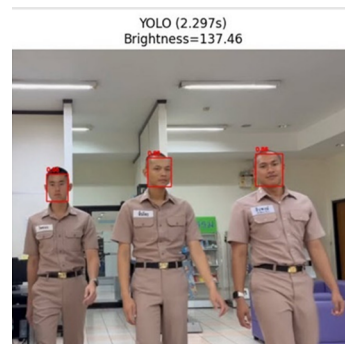
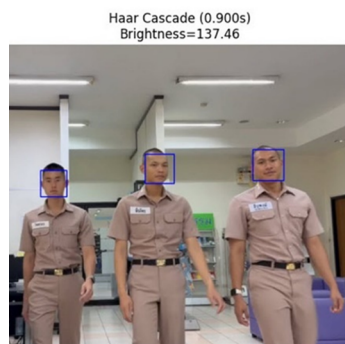
ภาพ 10 แสดงผลการตรวจจับใบหน้าในสภาวะแสงมาก ซึ่งภาพมีความสว่างสูงและอาจเกิดปัญหาโอเวอร์เอ็กซิโพสบางบริเวณ ส่งผลให้รายละเอียดของใบหน้าลดลง วิธี YOLO ร่วมกับ Canny Edge Detection สามารถลดผลกระทบจากความสว่างที่มากเกินไปได้ โดย Canny ช่วยเน้นโครงสร้างขอบเขตของใบหน้า ทำให้ YOLO ระบุตำแหน่งใบหน้าได้แม่นยำ แม้ในสภาวะที่มีความแปรปรวนของแสงสูง ขณะที่ Haar Cascade มีแนวโน้มเกิด False Positive จากขอบหรือเงาในภาพ

ภาพ 11 แสดงผลการตรวจจับใบหน้าในสภาวะแสงปานกลาง ซึ่งเป็นสภาวะที่เหมาะสมที่สุด เนื่องจากมีความสว่างและความแปรปรวนที่สมดุล ผลการทดลองพบว่า YOLO + Canny ให้ประสิทธิภาพสูงสุด สามารถตรวจจับใบหน้าได้ครบถ้วนและแม่นยำ การใช้ Canny Edge Detection ในขั้นตอน preprocessing ช่วยเสริมโครงสร้างของใบหน้าให้เด่นชัด ส่งผลให้ YOLO สร้าง feature ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ขณะที่ Haar Cascade ยังมีข้อจำกัดด้านความเสถียรเมื่อเทียบกับโมเดลเชิงลึก

ภาพ 12 แสดงผลการตรวจจับใบหน้าในสภาวะแสงน้อย ซึ่งเป็นกรณีที่ท้าทาย เนื่องจากภาพมีความสว่างต่ำและมีสัญญาณรบกวนสูง วิธี YOLO + Canny Edge Detection สามารถรักษาประสิทธิภาพได้ดีกว่าวิธีอื่น โดย Canny ช่วยดึงข้อมูลเชิงโครงสร้างที่คงทนต่อการเปลี่ยนแปลงของแสง ทำให้ YOLO ตรวจจับใบหน้าได้แม่นยำมากขึ้น ในขณะที่ Haar Cascade และ Haar + Canny มีอัตราการตรวจจับพลาดสูงจากข้อจำกัดในการแยกแยะใบหน้ากับพื้นหลังที่มีด



ภาพ 10 ตรวจจับใบหน้าสภาวะแสงมาก



ภาพ 11 ตรวจจับใบหน้าสภาวะปานกลาง



ภาพ 12 ตรวจจับใบหน้าสภาวะแสงน้อย

สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาและเปรียบเทียบประสิทธิภาพการตรวจจับใบหน้าภายใต้สภาวะแสงที่ต่างกัน (แสงมาก แสงปานกลาง และแสงน้อย) โดยใช้วิธี ได้แก่ Haar Cascade Haar Cascade ร่วมกับ Canny Edge Detection YOLO และ YOLO ร่วมกับ Canny Edge Detection พร้อมประเมินผลด้วยตัวชี้วัดมาตรฐาน ได้แก่ Accuracy Precision Recall F1-Score และเวลาในการประมวลผล

ผลการทดลองพบว่า YOLO + Canny ให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดในทุกสภาวะแสง ทั้งในด้านความแม่นยำ (สูงสุด 92.0% ในสภาวะแสงปานกลาง) และยังคงมีความทนทานในสภาวะแสงน้อย ขณะเดียวกันยังมีเวลาในการประมวลผลสั้นที่สุด (<0.2 วินาที/ภาพ) ทำให้มีความเหมาะสมอย่างยิ่งสำหรับการใช้งานที่ต้องการความเร็วและความถูกต้องสูง ส่วน YOLO ปกติ ให้ผลใกล้เคียงกันในด้านความแม่นยำ แต่ใช้เวลามากกว่าอย่างมีนัยสำคัญ (~2 วินาที/ภาพ)

ในทางกลับกัน Haar Cascade แม้จะมีความเร็วในระดับปานกลาง แต่ความแม่นยำลดลงชัดเจน โดยเฉพาะในสภาวะแสงน้อย (Accuracy เพียง 66.6%) และการเพิ่ม Canny Edge Detection เข้ามาไม่ได้ช่วยปรับปรุงผลการตรวจจับ กลับเพิ่ม noise และลดประสิทธิภาพลงในบางกรณี

โดยสรุป การผสมผสาน YOLO และ Canny Edge Detection แสดงให้เห็นถึงความสามารถในการตรวจจับใบหน้าได้อย่างมีประสิทธิภาพและทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงของแสง จึงเป็นวิธีที่มีศักยภาพสูงในการนำไปประยุกต์ใช้ในงานจริง ไม่ว่าจะเป็นระบบตรวจจับความปลอดภัย การเฝ้าระวัง หรือการยืนยันตัวตนที่ต้องการทั้งความแม่นยำและความรวดเร็ว

ผลการศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่าความเหนือกว่าของวิธี YOLO ร่วมกับ Canny Edge Detection เกิดจากความสอดคล้องเชิงโครงสร้างระหว่างข้อมูลขอบภาพซึ่งมีความคงทนต่อการเปลี่ยนแปลงของแสง และสถาปัตยกรรมการเรียนรู้เชิงลึกของ YOLO ซึ่งช่วยลดความแปรปรวนจากความเข้มของแสงและข้อมูลพื้นหลังที่ไม่จำเป็น ส่งผลให้โมเดลสามารถมุ่งเน้นคุณลักษณะเชิงเรขาคณิตของใบหน้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งยังช่วยลดภาระการคำนวณและเวลาในการประมวลผล ในขณะที่ผลลัพธ์ของ Haar Cascade และ Haar + Canny สะท้อนข้อจำกัดของวิธีการตรวจจับแบบ feature-based ที่อ่อนไหวต่อ noise และสภาวะแสง โดยเฉพาะเมื่อข้อมูลขอบภาพไม่สอดคล้องกับกลไก cascade classifier โดยสรุปงานวิจัยนี้ตอกย้ำว่า การออกแบบระบบตรวจจับใบหน้าที่มีประสิทธิภาพสูงควรพิจารณาความสอดคล้องของทั้งขั้นตอน preprocessing โครงสร้างข้อมูล และโมเดลตรวจจับร่วมกัน เพื่อให้เกิดสมดุลที่เหมาะสมระหว่างความแม่นยำ ความทนทานต่อสภาวะแสง และความเร็วในการประมวลผลสำหรับการใช้งานจริง

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอแสดงความขอบคุณอย่างสูงต่อ กอง
วิชาวิศวกรรมศาสตร์ ฝ่ายศึกษา โรงเรียนนายเรือ กองทัพ

เรือ ที่ได้กรุณาให้ความอนุเคราะห์ในการเอื้อเฟื้อทั้งอุปกรณ์
และสถานที่สำหรับการดำเนินการวิจัย ทำให้งานวิจัยเรื่องนี้
สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ทุกประการ



References

- Bochkovskiy, A., Wang, C. Y., & Liao, H. Y. M. (2020). YOLOv4: Optimal speed and accuracy of object detection. arXiv preprint arXiv:2004.10934. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2004.10934>
- Canny, J. (1986). A computational approach to edge detection. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 8(6), 679–698. <https://doi.org/10.1109/TPAMI.1986.4767851>
- Hong, M., Cheng, S., Huang, H., Fan, H., & Liu, S. (2024). You only look around: Learning illumination-invariant feature for low-light object detection. arXiv:2410.18398. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2410.18398>
- Jobson, D. J., Rahman, Z., & Woodell, G. A. (1997). A multiscale retinex for bridging the gap between color images and the human observation of scenes. *IEEE Transactions on Image Processing*, 6, 965-976. <https://doi.org/10.1109/83.597272>
- Krizhevsky, A., Sutskever, I., & Hinton, G. E. (2017). ImageNet classification with deep convolutional neural networks. *Communications of the ACM*, 60(6), 84–90. <https://doi.org/10.1145/3065386>
- Li, Y., & Deng, W. (2020). *Deep face recognition: A survey. Neurocomputing*, 429, 215–244. <https://doi.org/10.1016/j.neucom.2020.01.085>
- Lienhart, R., & Maydt, J. (2002). An extended set of Haar-like features for rapid object detection. In B. Mercer & L. Cotton (Eds.), *Proceedings of the 2002 International Conference on Image Processing (ICIP)* (pp. 900–903). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICIP.2002.1038171>
- Liu, Y., Li, S., Zhou, L., Liu, H., & Li, Z. (2025). Dark-YOLO: A low-light object detection algorithm integrating multiple attention mechanisms. *Applied Sciences*, 15(9), 5170. <https://doi.org/10.3390/app15095170>
- Maini, R., & Aggarwal, H. (2009). Study and comparison of various image edge detection techniques. *International Journal of Image Processing*, 3(1), 1–11. <https://www.cscjournals.org/manuscript/Journals/IJIP/Volume3/Issue1/IJIP-15.pdf>
- Mittal, P. (2024). A comprehensive survey of deep learning-based lightweight object detection models for edge devices. *Artificial Intelligence Review*, 57, 242. <https://doi.org/10.1007/s10462-024-10877-1>

- Pizer, S. M., Amburn, E. P., Austin, J. D., Cromartie, R., Geselowitz, A., Greer, T., Romeny, B. H., Zimmerman, J. B., & Zuiderveld, K. (1987). Adaptive histogram equalization and its variations. *Computer Vision, Graphics, and Image Processing*, 39(3), 355–368.
[https://doi.org/10.1016/S0734-189X\(87\)80186-X](https://doi.org/10.1016/S0734-189X(87)80186-X)
- Powers, D. M. W. (2011). Evaluation: From precision, recall and F-measure to ROC, informedness, markedness and correlation. arXiv:2010.16061. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2010.16061>
- Redmon, J., Divvala, S., Girshick, R., & Farhadi, A. (2016). You only look once: Unified, real-time object detection. *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition* (pp. 779–788). IEEE.
- Sun, R., Lei, T., Chen, Q., Wang, Z., Du, X., Zhao, W., & Nandi, A. K. (2022). Survey of image edge detection. *Frontiers in Signal Processing*, 2, 826967. <https://doi.org/10.3389/frsip.2022.826967>
- Viola, P., & Jones, M. (2001). Rapid object detection using a boosted cascade of simple features. *Proceedings of the 2001 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition* (Vol. 1, pp. I–I). IEEE.
- Yisihak, H. M., & Li, L. (2024). Advanced face detection with YOLOv8: Implementation and integration into AI modules. *Open Access Library Journal*, 11(11), e12474.
<https://doi.org/10.4236/oalib.1112474>
- Zareiforush, H., Minaei, S., Alizadeh, M. R., & Banakar, A. (2016). An intelligent system design for classification of milled rice grains using metaheuristic methods. *Measurement*, 90, 350–361.
<https://doi.org/10.1016/j.measurement.2016.04.091>
- Zhang, C., & Zhang, Z. (2010). *A survey of recent advances in face detection* [Technical Report MSR-TR-2010-66]. Microsoft Research.
- Zhang, K., Zhang, Z., Li, Z., & Qiao, Y. (2016). Joint face detection and alignment using multi-task cascaded convolutional networks. *IEEE Signal Processing Letters*, 23(10), 1499-1503.
<https://doi.org/10.1109/lsp.2016.2603342>
- Zhou, Z., Cao, Z., & Pi, Y. (2017). A robust face detection method based on skin color and edge detection. *Multimedia Tools and Applications*, 76(7), 9711–9726.
<https://doi.org/10.1007/s11042-016-3507-3>



การปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อลดเวลาการทำงานในกระบวนการ คัดแยกขนาดผลิตภัณฑ์ด้วยเทคนิคการศึกษางาน Production Process Improvement to Reduce Working Time in Product Size Grading using Work Study Techniques

ณัฐภัทร กาญจนเรืองรอง¹ และศรินยา ประทีปชนะชัย^{1*}

Nattapat Kanchanaruangrong¹ and Sarinya Prateepchanachai^{1*}

¹สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏราชชนครินทร์

¹Department of Industrial Management Engineering, Faculty of Industrial Technology,
Rajabhat Rajanagarindra University

*Corresponding author: email sarinya@techno.rru.ac.th

Received: November 3, 2025

Revised: December 18, 2025

Accepted: December 26, 2025

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงกระบวนการคัดแยกขนาดผลิตภัณฑ์ของผู้ประกอบการเกษตรให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น โดยมุ่งเน้นการลดความสูญเปล่าและเพิ่มผลผลิตในกระบวนการทำงาน กรณีศึกษา ธุรกิจฟาร์มไข่เป็ดแห่งหนึ่ง โดยเก็บข้อมูลการทำงานจริงของพนักงานในกระบวนการคัดแยกขนาดผลิตภัณฑ์ และประยุกต์ใช้เทคนิคการตั้งคำถาม ทำไม-ทำไม เพื่อวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาในแต่ละขั้นตอน การใช้แผนภูมิกระบวนการไหล แผนภูมิมือซ้าย-มือขวา และแผนภูมิคน-เครื่องจักร เพื่อประเมินประสิทธิภาพและเวลาการทำงาน ผลการศึกษพบว่า กระบวนการคัดแยกเดิมอาศัยแรงงานคนเป็นหลัก ทำให้เกิดความล่าช้าในช่วงที่มีปริมาณไข่สูง ส่งผลต่อความถูกต้องและความรวดเร็วในการจัดส่ง จากการวิเคราะห์แผนภูมิกระบวนการไหล พบว่า มี 34 ขั้นตอน ใช้เวลาเฉลี่ย 1,486.8 นาที และระยะทางการเคลื่อนไหวยาวรวม 236.2 เมตร แสดงถึงความสูญเปล่าจากขั้นตอนที่ไม่สร้างคุณค่า หลังการปรับปรุงด้วยการจัดวางพื้นที่และอุปกรณ์ใหม่ พบว่า การเคลื่อนไหวนั้นลดลง การใช้มือซ้าย-ขวาสมดุลมากขึ้น ผลผลิตต่อชั่วโมงเพิ่มขึ้นร้อยละ 18-20 การปรับปรุงกระบวนการตามหลัก ECRS ทำให้ขั้นตอนลดเหลือ 32 ขั้นตอน เวลาการทำงานลดลงร้อยละ 25-30 และกิจกรรมล่าช้าลดลงอย่างชัดเจน ในขณะที่ประสิทธิภาพของเครื่องจักรเพิ่มจากร้อยละ 70.7 เป็น 90.6 และของพนักงานเพิ่มจากร้อยละ 87.1 เป็น 92.2 แสดงให้เห็นถึงการใช้ทรัพยากรบุคคลและเครื่องจักรอย่างคุ้มค่าและสมดุลมากขึ้น

คำสำคัญ: แผนภูมิกระบวนการไหล แผนภูมิมือซ้าย-มือขวา แผนภูมิคน-เครื่องจักร อีซีอาร์เอส

Abstract

This study aimed to improve the product size-grading process of an agricultural enterprise to enhance operational performance. The objectives were to reduce waste and improve productivity within the operational process. A duck egg farm was selected as the case study. Operational data were collected through direct observation of workers involved in the size-grading process. The Why-Why Analysis technique was applied to identify the root causes of operational problems at each stage of the process. In addition, flow process charts, left-right hand charts, and man-machine charts were employed to analyze work methods, evaluate operational efficiency, and determine standard working times. The results indicated that the existing process relied heavily on manual labor, resulting in delays during periods of high production volume and adversely affecting grading accuracy and delivery performance. The flow process chart identified 34 process steps, with an average processing time of 1,486.8 minutes and a total travel distance of 236.2 meters, indicating the presence of non-value-added activities and inefficient work sequences. Following process improvements through workspace reorganization and equipment rearrangement, unnecessary motions were eliminated, hand movements became more balanced, and hourly productivity increased by 18–20%. Furthermore, the application of the ECRS principle reduced the number of process steps from 34 to 32, shortened the average processing time by 25–30%, and minimized operational delays. Machine utilization increased from 70.7% to 90.6%, while worker utilization improved from 87.1% to 92.2%. These findings demonstrate more effective and balanced utilization of human and machine resources, contributing to enhanced overall production efficiency.

Keywords: flow process chart, left-right hand charts, man-machine charts, ECRS



บทนำ

ภาคเกษตรกรรมของไทยมีบทบาทสำคัญต่อเศรษฐกิจและสังคม เนื่องจากเป็นแหล่งผลิตวัตถุดิบและอาหารที่สำคัญโดยเฉพาะกลุ่มผู้ประกอบการเกษตรขนาดกลางและขนาดย่อมซึ่งเป็นกลไกหลักในการขับเคลื่อนห่วงโซ่อุปทานของผลิตภัณฑ์เกษตร (Rittirong & Soonthonsmai, 2016) การดำเนินงานในภาคส่วนนี้ยังคงอาศัยแรงงานคนในหลายขั้นตอนของกระบวนการผลิต เช่น การคัดแยก การทำความสะอาด และการบรรจุผลิตภัณฑ์ ก่อนส่งต่อไปให้ลูกค้าหรือผู้ประกอบการแปรรูป ความซ้ำซ้อนของขั้นตอนการทำงานและการขาดระบบมาตรฐานการจัดการที่เหมาะสมส่งผลให้เกิดความสูญเสียด้านเวลา แรงงาน และคุณภาพของสินค้า ซึ่งปัญหาดังกล่าวสะท้อนถึงความจำเป็นในการปรับปรุงกระบวนการผลิตให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น (Promkan, 2018) ดังนั้นการประยุกต์แนวคิดการจัดการความสูญเสียเปล่าในภาคการเกษตรเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิตและเสริมสร้างขีดความสามารถในการ

แข่งขัน จึงเป็นประเด็นที่มีความสำคัญและน่าสนใจต่อการศึกษา

ธุรกิจฟาร์มเปิดในจังหวัดฉะเชิงเทราเป็นอาชีพทางการเกษตรแขนงหนึ่งในประเทศไทย เนื่องจากสภาพภูมิอากาศและภูมิประเทศเอื้ออำนวยต่อการเลี้ยงสัตว์ประเภทนี้เป็นอย่างมาก ไข่เป็ดในแต่ละปีสามารถส่งออกจำหน่ายในตลาดต่างประเทศอย่างแพร่หลาย เพราะเป็นอาหารที่ทุกระดับชั้นนิยมบริโภค รวมทั้งสามารถถนอมอาหารไว้ได้นานอีกด้วย ไข่เป็ดนับเป็นแหล่งอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง หาซื้อได้ง่ายตามท้องตลาดและราคาไม่แพงมากนัก (Nilnorasri, 2017) ผู้ประกอบการจำหน่ายไข่เป็ดทำหน้าที่เป็นผู้จัดส่งผลผลิตทางการเกษตรให้แก่อุตสาหกรรมแปรรูปอาหารซึ่งใช้ไข่เป็ดเป็นวัตถุดิบหลักในกระบวนการผลิต เช่น การผลิตไข่เค็มและไข่เยี่ยวม้า อย่างไรก็ตาม ผู้ประกอบการกลุ่มนี้กำลังประสบปัญหาในการจัดส่งสินค้าไม่ทันตามปริมาณความต้องการของลูกค้าเนื่องจากข้อจำกัดในกระบวนการคัดแยกขนาดและการเตรียม

ผลิตภัณฑ์ก่อนส่งมอบ ส่งผลให้ประสิทธิภาพการดำเนินงานลดลงและไม่สามารถตอบสนองต่อคำสั่งซื้อได้อย่างทันทั่วทั้งที่ จากการสำรวจข้อมูลเบื้องต้น พบว่าในขั้นตอนการคัดแยกขนาดผลิตภัณฑ์ของผู้ประกอบการเกษตร ยังมีข้อจำกัดด้านประสิทธิภาพการทำงานและการใช้เวลาในกระบวนการผลิตที่มีการใช้แรงงานคนเป็นหลัก พนักงานต้องใช้ทั้งสายตาและร่างกายในการคัดแยกผลิตภัณฑ์ตามขนาดและคุณภาพ ซึ่งก่อให้เกิดปัญหาความล่าช้า โดยเฉพาะในช่วงที่ปริมาณผลผลิตเพิ่มขึ้นส่งผลกระทบที่เกิดขึ้น ได้แก่ การทำงานล่าช้าจนไม่สามารถจัดส่งสินค้าได้ตามกำหนด คุณภาพผลิตภัณฑ์ลดลงจากการเก็บรักษานาน ต้นทุนแรงงานเพิ่มขึ้น และอาจสูญเสียความพึงพอใจของลูกค้า ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Taweessaraphat and Pasutham (2023) ที่กล่าวว่า เมื่อปริมาณวัตถุดิบไม่เพียงพอต่อความต้องการของอุตสาหกรรม จะส่งผลให้การส่งมอบสินค้าให้แก่ลูกค้าไม่เป็นไปตามกำหนดที่ตกลงกับลูกค้าไว้ และส่งผลทำให้สินค้าคงคลังมีไม่เพียงพอสำหรับลูกค้าประจำ ในขณะที่เดียวกันฝ่ายขายไม่สามารถรับคำสั่งซื้อจากลูกค้าใหม่เพิ่มเติมได้ ส่งผลทำให้ยอดขายลดลง จำนวนลูกค้าลดลง และศักยภาพการแข่งขันขององค์กรลดลง และยังมีผลสืบเนื่องไปถึงผลประกอบการที่ลดลง อาจทำให้การพิจารณาผลตอบแทน การปรับขึ้นค่าแรง เงินเดือน และโบนัสของพนักงานในปีถัดไปลดลงตามไปด้วย

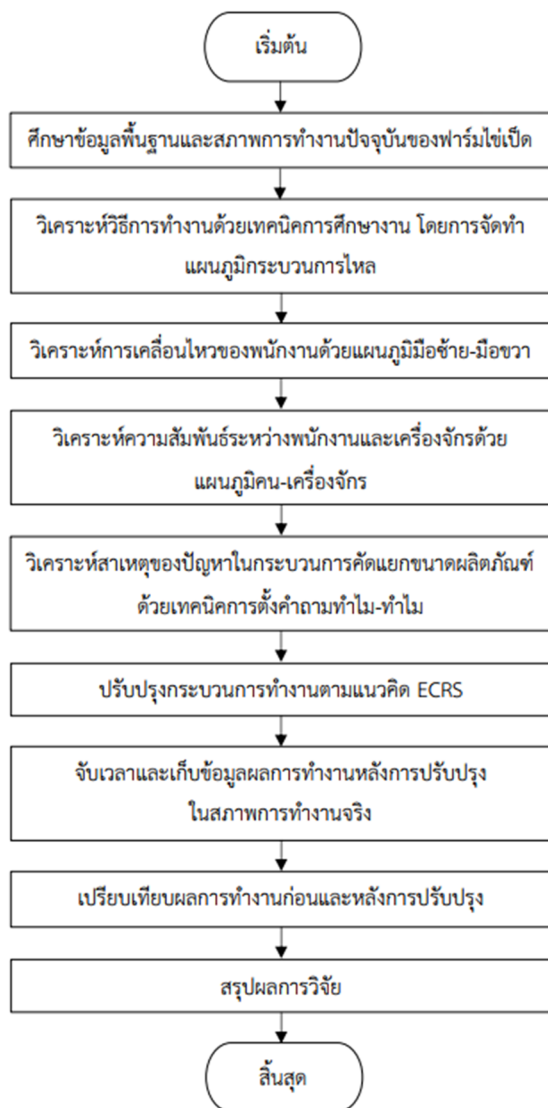
จากการทบทวนวรรณกรรม พบว่า แนวคิดดังกล่าวสอดคล้องกับงานวิจัยของ Inseemeeesak and Lertkowitz (2024) ที่ได้นำองค์ความรู้และเครื่องมือต่าง ๆ ทางวิศวกรรมอุตสาหกรรม เช่น เทคนิคการตั้งคำถามทำไม-ทำไม ศึกษาวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา การประยุกต์ใช้แผนภูมิกระบวนการไหลการออกแบบกระบวนการผลิตใหม่ และหลักการลดความสูญเปล่า ECRS มาช่วยวิเคราะห์ในการแก้ไขปัญหาในขั้นตอนการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรม สอดคล้องกับงานวิจัยต่าง ๆ ที่มีการวิเคราะห์การทำงานร่วมกับวิธีการศึกษางานเพื่อปรับปรุงกระบวนการผลิตสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตได้จริง (Authayarat & Ariyajunya, 2021) งานวิจัยของ Pantupon et al. (2021) ศึกษาการปรับปรุงตำแหน่งการจัดวางวัตถุดิบเบื้องต้นและสกรูในคลังสินค้า หลังการปรับปรุงตำแหน่งการจัดวางวัตถุดิบเบื้องต้นและสกรู ส่งผลให้เวลาในการทำงานดีขึ้น ใช้เวลาในการทำงานน้อยลง สำหรับงานวิจัยของ Sejjal (2017) ใช้การวิเคราะห์การเคลื่อนไหวของมือซ้ายและมือขวาสำหรับการปรับปรุงกระบวนการประกอบชิ้นส่วนในโรงงานอุตสาหกรรม และ Soni and Jana (2020) เพื่อ

วิเคราะห์และเปรียบเทียบระยะเวลาทางการเคลื่อนไหวของมือทั้งสองข้างในกระบวนการผลิต ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานและลดความสูญเปล่าในการเคลื่อนไหวของแรงงานได้ แต่ยังไม่พบวรรณกรรมเชิงเหล่านี้นักนักอย่างไรก็ตามงานวิจัยส่วนใหญ่ยังคงมุ่งเน้นในระบบอุตสาหกรรมเชิงโรงงานที่มีโครงสร้างการผลิตชัดเจนและมีเครื่องจักรเป็นศูนย์กลาง ขณะที่การประยุกต์ใช้เครื่องมือเชิงอุตสาหกรรมดังกล่าวในระบบการผลิตเชิงเกษตรอุตสาหกรรม โดยเฉพาะกระบวนการคัดแยกขนาดผลิตภัณฑ์ในระดับผู้ประกอบการขนาดย่อม ยังมีการศึกษาเชิงลึกค่อนข้างจำกัด ดังนั้นช่องว่างของงานวิจัยนี้จึงอยู่ที่การนำแนวคิดและเครื่องมือทางวิศวกรรมอุตสาหกรรมซึ่งใช้กันในภาคอุตสาหกรรมมาประยุกต์ใช้กับกระบวนการคัดแยกขนาดไข่เป็ดในสภาพการทำงานจริง เพื่อแสดงศักยภาพของการถ่ายทอดแนวคิดอุตสาหกรรมไปสู่ระบบการผลิตเชิงเกษตรในลักษณะกึ่งอุตสาหกรรมอย่างเป็นระบบ

การศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยจึงสนใจการปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อลดเวลาการทำงานในกระบวนการคัดแยกขนาดผลิตภัณฑ์ด้วยเทคนิคการศึกษางาน โดยประยุกต์ใช้เทคนิคการตั้งคำถามทำไม-ทำไม เพื่อค้นหาสาเหตุรากเหง้าของปัญหา การวิเคราะห์แผนภูมิกระบวนการไหล เพื่อเปรียบเทียบลำดับขั้นตอนการทำงานก่อนและหลังการปรับปรุง การวิเคราะห์การเคลื่อนไหวของมือซ้ายและมือขวา เพื่อประเมินความสมดุลและการใช้แรงงานของพนักงาน ตลอดจนแผนภูมิกิจกรรมพหุคุณประเภทคน-เครื่องจักร เพื่อวิเคราะห์การใช้เวลาร่วมกันระหว่างแรงงานและเครื่องจักร จากนั้นนำผลการวิเคราะห์มาประยุกต์ใช้หลักการลดความสูญเปล่า ECRS เพื่อปรับลดขั้นตอนที่ไม่จำเป็น รวมงานที่มีลักษณะคล้ายกัน จัดลำดับใหม่ให้เหมาะสม และทำให้ทำงานง่ายขึ้น ซึ่งคาดว่าจะช่วยลดเวลาการทำงาน เพิ่มผลผลิต และใช้ทรัพยากรบุคคลและเครื่องจักรได้อย่างคุ้มค่า ทั้งนี้ ผลการศึกษานำไปประยุกต์เป็นแนวทางพัฒนาโมเดลธุรกิจต้นแบบสำหรับผู้ประกอบการรายย่อยในพื้นที่อื่น ๆ ต่อไปในอนาคต

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่องนี้ดำเนินการตามหลักการ ศึกษางาน (work study) ซึ่งประกอบด้วย การศึกษาวิธีการทำงาน (method study) และการวิเคราะห์เวลา (time study) เพื่อปรับปรุงกระบวนการคัดแยกผลิตภัณฑ์ของผู้ประกอบการเกษตรให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยมีลำดับขั้นตอนสำคัญของวิธีการดำเนินงานวิจัยดังแสดงไว้ในภาพ 1



ภาพ 1 วิธีการดำเนินงานวิจัย

1. การเก็บรวบรวมข้อมูล

1) การศึกษาข้อมูลและสภาพการทำงานปัจจุบัน ศึกษาข้อมูลพื้นฐานของกระบวนการผลิตและขั้นตอนการคัดผลิตภัณฑ์จริงในสถานประกอบการ เพื่อทำความเข้าใจลักษณะงาน ลำดับขั้นตอน พฤติกรรมการทำงานของพนักงาน และเวลาที่ใช้ในแต่ละกิจกรรม ช่วงเวลาในการเก็บรวบรวมข้อมูลดำเนินการในช่วงเวลาเช้า ตั้งแต่เวลา 08.00 น. ถึง 12.00 น. กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้คือ พนักงานคัดแยกขนาดไข่เป็ดของฟาร์มภรณ์ศึกษา จำนวน 5 คน ประกอบด้วยแรงงานชาย 3 คน และแรงงานหญิง 2 คน ซึ่งเป็นผู้ปฏิบัติงานจริงในกระบวนการคัดแยกขนาดผลิตภัณฑ์ และถูกใช้เป็นแหล่งข้อมูลในการสังเกต วิเคราะห์

เวลา และศึกษาวิธีการทำงานตลอดกระบวนการผลิต

1.1) การศึกษาวิธีการทำงาน ดำเนินการโดยการสำรวจและสังเกตสภาพการทำงานปัจจุบันในกระบวนการคัดแยกขนาดผลิตภัณฑ์ไข่เป็ดของฟาร์มภรณ์ศึกษา ซึ่งมีพนักงานปฏิบัติงานทั้งหมด 5 คน ประกอบด้วยแรงงานชาย 3 คน และแรงงานหญิง 2 คน โดยคัดเลือกศึกษาวิธีการทำงานเฉพาะพนักงานหญิง 1 คนซึ่งรับผิดชอบงานคัดแยกขนาดผลิตภัณฑ์เป็นหลัก อุปกรณ์ที่ใช้ในกระบวนการประกอบด้วยกระบะบรรจุไข่ ถาดเรียงไข่ วัสดุขัดทำความสะอาด และเครื่องคัดแยกไข่แบบกึ่งอัตโนมัติ

1.2) การศึกษาเวลา ดำเนินการโดยใช้วิธีการจับเวลาโดยตรงจากการสังเกตการทำงานจริงในกระบวนการคัดแยกขนาดผลิตภัณฑ์ไข่เป็ด โดยข้อมูลเวลาที่ได้เป็นเวลาที่สังเกตและจับได้จริง (observed time) ซึ่งได้จากการบันทึกเวลาในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการผ่านการวิเคราะห์ แผนภูมิกระบวนการไหล แผนภูมิมือซ้าย-มือขวา และแผนภูมิกิจกรรมพหุคูณประเภทคน-เครื่องจักร ค่าเวลาที่ปรากฏในตารางและแผนภูมิต่าง ๆ เช่น ค่าเวลาในแต่ละกิจกรรมจาก Man-Machine Charts และค่าเวลารวมของกระบวนการก่อนและหลังการปรับปรุงถูกนำมาใช้เป็นฐานข้อมูลในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของกระบวนการในสภาพการทำงานจริง โดยไม่ได้มีการปรับแก้ด้วยค่าประสิทธิภาพการทำงานหรือค่าความเผื่อเวลา แต่ใช้เพื่อสะท้อนสภาพการทำงานจริงของฟาร์มภรณ์ศึกษาโดยตรง

2) การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาใช้เทคนิคการตั้งคำถามทำไม-ทำไม (why-why analysis) เพื่อค้นหาต้นเหตุของความล่าช้าในกระบวนการคัดผลิตภัณฑ์ และระบุปัจจัยที่ทำให้เกิดความสูญเสียเปล่า เช่น การเคลื่อนไหวที่ไม่เหมาะสม การจัดวางพื้นที่ทำงานที่ไม่สอดคล้องกับหลักการยศาสตร์ หรือการขาดมาตรฐานการปฏิบัติงาน

3) การบันทึกและวิเคราะห์วิธีการทำงาน บันทึกขั้นตอนการทำงานปัจจุบัน ประกอบด้วย

3.1) แผนภูมิกระบวนการไหล (flow process chart) นำมาใช้เพื่อบันทึกและวิเคราะห์ลำดับขั้นตอนของการทำงานอย่างเป็นระบบ โดยแสดงให้เห็นการเคลื่อนไหวของวัสดุ อุปกรณ์ และแรงงานตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงสิ้นสุดกระบวนการผลิต เครื่องมือนี้ช่วยให้สามารถมองเห็นภาพรวมของกิจกรรมทั้งหมดในกระบวนการ รวมถึงการระบุขั้นตอนที่ไม่จำเป็น ข้ำซ้อน หรือไม่มีคุณค่าเพิ่ม

3.2) แผนภูมิมือซ้าย-มือขวา (left and right

hand chart) เพื่อวิเคราะห์ความสมดุลของการเคลื่อนไหวของพนักงานระหว่างมือทั้งสองข้าง

3.3) แผนภูมิกิจกรรมพหุคูณประเภทคน-เครื่องจักร (man-machine chart) เพื่อวิเคราะห์สัดส่วนการใช้เวลาร่วมกันระหว่างแรงงานคนและเครื่องจักร

4) การปรับปรุงวิธีการทำงานเพื่อลดความสูญเปล่า โดยนำแนวคิด ECRS: Eliminate Combine Rearrange Simplify มาใช้ในการปรับปรุงลำดับงาน การจัดวางอุปกรณ์ และการเคลื่อนไหวของพนักงานให้เหมาะสมตามหลักกายศาสตร์ รวมทั้งพิจารณาใช้เครื่องคัดแยกขนาดผลิตภัณฑ์กึ่งอัตโนมัติช่วยลดภาระงานซ้ำซ้อน

2. การวิเคราะห์ข้อมูล

1) การเปรียบเทียบและประเมินผล ทำการจับเวลาและสังเกตการทำงานภายหลังการปรับปรุง แล้วเปรียบเทียบกับข้อมูลก่อนการปรับปรุง เพื่อประเมินประสิทธิภาพของกระบวนการใหม่ในด้านระยะเวลาการทำงาน ความสมดุลระหว่างแรงงานคนกับเครื่องจักร และผลผลิตต่อหน่วยเวลา

2) สรุปผลการวิจัยเพื่อแสดงให้เห็นถึงประสิทธิผลของการประยุกต์ใช้เทคนิคการศึกษางานในการลดเวลาการทำงานและเพิ่มผลผลิต พร้อมนำเสนอแนวทางในการจัดทำมาตรฐานการทำงานและพัฒนากระบวนการปฏิบัติงานในอนาคต

ผลการวิจัย

1. การศึกษาสภาพงานปัจจุบันในกระบวนการคัดแยกขนาดผลิตภัณฑ์

ดำเนินการสังเกตการณ์กระบวนการคัดแยกผลิตภัณฑ์ไข่เปิดภายในฟาร์มแห่งหนึ่ง ในช่วงเวลาทำงานจริง โดยพบว่า พนักงานใช้เวลาในขั้นตอนการคัดแยกไข่ตามขนาด ได้แก่ ไข่เล็ก (เบอร์ 3-4) ไข่กลาง (เบอร์ 2-3) และไข่ใหญ่ (เบอร์ 1-2) รวมถึงขั้นตอนการคัดแยกไข่ที่มีตำหนิ เช่น ไข่เปื้อนที่มีคราบฝักซึ่งไม่สามารถขูดออกได้ด้วยวิธีปกติ และไข่เปื้อนซึ่งจำเป็นต้องผ่านกระบวนการขัดถูหรือขูดลอกด้วยมือพนักงานก่อนคัดแยกใส่กระบะเพื่อเข้าสู่ขั้นตอนถัดไป ส่งผลให้ระยะเวลาทำงานในกระบวนการนี้เพิ่มขึ้น งานเสร็จไม่ทันกำหนดการและส่งผลกระทบต่อความล่าช้าในการจัดส่งสินค้าไปยังลูกค้า เพื่อตรวจสอบและแก้ไขปัญหาดังกล่าว ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนของการศึกษางาน เริ่มต้นจากการเลือกงานที่จะศึกษา จาก

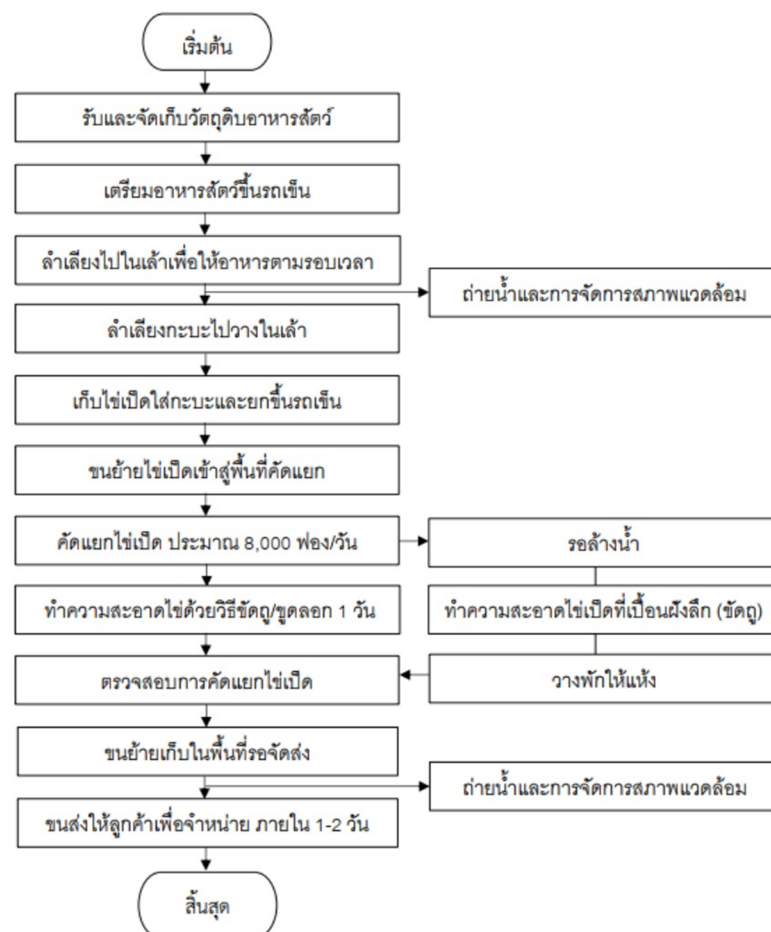
ภาพ 2 จะแสดงให้เห็นกิจกรรมต่าง ๆ ในระบบการจัดการฟาร์มเปิดและภาพรวมของกิจกรรมหลักในระบบการจัดการฟาร์ม ได้แก่ การจัดเตรียมและจัดสรรวัตถุดิบอาหารสัตว์ การให้อาหารเปิดในรอบเวลาที่เหมาะสม การเก็บไข่จากพื้นที่เลี้ยงเข้าสู่กระบวนการคัดแยก การบรรจุไข่ลงกระบะสำหรับการขนส่ง และกระบวนการจำหน่ายผลิตภัณฑ์ให้แก่ลูกค้าหรือผู้ประกอบการแปรรูป กระบวนการดังกล่าวถือเป็นระบบการผลิตแบบต่อเนื่อง ซึ่งต้องอาศัยการวางแผนจัดการทรัพยากร แรงงาน และเวลาอย่างมีประสิทธิภาพเพื่อให้สามารถตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้าได้อย่างตรงเวลาและลดความสูญเปล่าในกระบวนการผลิต

การเก็บข้อมูลจำนวนผลผลิตจากผู้ประกอบการฟาร์มเลี้ยงเปิด มีดังนี้ เล้าเปิดมีจำนวน 5 เล้า มีเปิดไข่สายพันธุ์กากิแคมป์เบลล์ 2,000 ตัว/เล้า รวมทั้งสิ้น 10,000 ตัว อัตราการออกไข่เฉลี่ยตามมาตรฐานฟาร์มที่จัดการดีอยู่ที่ 80-90% ต่อวัน คำนวณผลผลิตไข่เปิดต่อวันในกรณีผลผลิตต่ำ (80%) เท่ากับ 8,000 ฟอง/วัน ($10,000 \times 0.80$) หรือประมาณ 26-27 ตั้ง (1 ตั้ง มี 10 กระบะ 1 กระบะ มี 30 ฟอง) และกรณีผลผลิตสูง (90%) ในช่วงที่เปิดไข่ผลผลิตสูง เท่ากับ $10,000 \times 0.90 = 9,000$ ฟอง/วัน หากเปิดป่วยและเกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศอาจส่งผลให้ผลผลิตลดลง โดยการจ้างงานเป็นแรงงานต่างด้าวผู้ชาย 3 คน และผู้หญิง 2 คน

จากนั้นประยุกต์ใช้แผนภูมิแสดงขั้นตอนการดำเนินงานในธุรกิจฟาร์มไข่เปิดในการบันทึกวิธีการทำงาน การศึกษาการเคลื่อนไหวและเวลาอย่างง่าย สามารถช่วยวิเคราะห์เพื่อพัฒนาวิธีการทำงานที่ดีกว่า เช่น ลำดับกิจกรรมการทำงาน ระยะเวลา เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ พฤติกรรมการเคลื่อนไหวของแรงงาน ตลอดจนปัญหาที่พบในแต่ละกิจกรรม เพื่อให้เข้าใจภาพรวมของกระบวนการผลิตไข่เปิดในฟาร์มได้อย่างชัดเจน กระบวนการเริ่มจากให้อาหาร-เลี้ยงเปิด เก็บไข่จากเล้าแล้วขนย้ายมากองรวม ก่อนคัดแยกประมาณ 8,000 ฟองต่อวันเพื่อเตรียมจำหน่าย/ส่งต่อโรงงานแปรรูป กรณีไข่สะอาดจะคัดขนาด ตรวจสอบสภาพและบรรจุเพื่อจัดส่งภายใน 1-2 วันเลย กรณีไข่เปื้อนมูลหรือสกปรก จะนำไปล้างทำความสะอาด วางผึ่งให้แห้งแล้วจึงเข้าสู่ขั้นตอนคัดขนาด ตรวจสอบสภาพ และบรรจุเช่นเดียวกัน โดยมีการจัดการน้ำเสียและสภาพแวดล้อมควบคู่ตลอดกระบวนการ สามารถสรุปขั้นตอนการดำเนินงานในธุรกิจฟาร์มไข่เปิดไว้ในภาพ 3 ดังนี้



ภาพ 2 กิจกรรมต่าง ๆ ในระบบการจัดการฟาร์มไข่เปิด



ภาพ 3 แผนภูมิแสดงขั้นตอนการดำเนินงานในธุรกิจฟาร์มไข่เปิด

2. ผลการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาโดยใช้เทคนิคการตั้งคำถามทำไม-ทำไม (why-why analysis)

จากการศึกษาเบื้องต้นเกี่ยวกับกระบวนการทำงานในธุรกิจฟาร์มไข่เป็ด พบว่า ปัญหาหลักที่กระทบต่อประสิทธิภาพในการดำเนินงาน คือ ความล่าช้าในการคัดแยกขนาดผลิตภัณฑ์ไข่ ดังตาราง 1 ปัญหาดังกล่าวส่งผลกระทบต่อความสามารถในการจัดส่งไข่ให้ทันตามกำหนดเวลา และอาจสร้างความไม่พึงพอใจต่อลูกค้า

ตาราง 1 ขั้นตอนการเลือกงานที่จะศึกษาพบว่า กระบวนการคัดไข่เป็ดภายในฟาร์มเป็นงานที่มีปัญหาเกี่ยวกับพนักงาน ซึ่งมีลักษณะเป็นงานที่ทำซ้ำซาก มีผลกระทบต่อคุณภาพและระยะเวลาการจัดส่งสินค้า การศึกษาเพื่อปรับปรุงงานให้เหมาะสมตามหลักเศรษฐศาสตร์แห่งการเคลื่อนไหวจะช่วยให้พนักงานทำงานอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น การวิเคราะห์สาเหตุหลักของความล่าช้าในการคัดแยกขนาดได้ดำเนินการโดยใช้เทคนิคการตั้งคำถามทำไม-ทำไมโดยอาศัยการตั้งคำถามเชิงเหตุผลต่อเนื่อง เพื่อลงลึกถึงรากของปัญหาต่อกระบวนการทำงาน ปัญหาหลักที่พบคือ พนักงานใช้เวลานานในการคัดแยกขนาดไข่เป็ด ซึ่งกระทบต่อคุณภาพสินค้า เช่น คุณภาพความสดใหม่ลดลง และสัตว์เข้ามารบกวนเสียหาย ซึ่งส่งผลกระทบต่อมาตรฐานสินค้า และความตรงต่อเวลาในการส่งมอบ โดยมีกระบวนการวิเคราะห์เป็นไปตามลำดับ ดังตาราง 2 เนื่องจากปัญหาหลักของธุรกิจ

เกิดจากความล่าช้าในกระบวนการคัดแยกขนาดไข่เป็ดด้วยแรงงานคนเป็นหลัก ซึ่งส่งผลต่อการจัดส่งและคุณภาพสินค้า (ตาราง 1) ในตาราง 2 แสดงผลการวิเคราะห์เชิงสาเหตุเชิงลึกด้วยเทคนิคทำไม-ทำไม พบว่า ความล่าช้าดังกล่าวเกิดจากปัจจัยด้านอุปกรณ์ สภาพงาน แรงงาน และการจัดการที่ยังขาดมาตรฐานและเครื่องจักรช่วยงาน

3. ผลการวิเคราะห์กระบวนการโดยใช้แผนภูมิกระบวนการไหล (flow process chart)

แผนภูมิกระบวนการไหลของกระบวนการคัดไข่เป็ดก่อนการปรับปรุงแสดงไว้ในภาพ 4 พบว่า กิจกรรมการทำงานของพนักงานโดยใช้มือในการคัดไข่เป็ดมีจำนวน 34 ขั้นตอน ประกอบด้วย การปฏิบัติงาน 24 ขั้นตอน การเคลื่อนที่ 3 ขั้นตอน ความล่าช้า 4 ขั้นตอน การตรวจสอบ 1 ขั้นตอน และการจัดเก็บ 2 ขั้นตอน โดยมีระยะทาง 236.2 เมตร เวลา 1,486.8 นาที ตามลำดับ ในงานวิจัยนี้จะเริ่มศึกษาเฉพาะขั้นตอนที่ 10-30 เพื่อวัดเฉพาะกิจกรรมการคัดแยกขนาดไข่เป็ดเท่านั้น เมื่อพนักงานนั่งประจำตำแหน่งและเริ่มกระบวนการทำงานจริง ในช่วงขั้นตอนที่ 10-30 ของกระบวนการคัดไข่เป็ด พบว่า การคัดแยกไข่จำนวน 1 กระบะ ใช้เวลาเฉลี่ยประมาณ 2 นาที นั่นคือ หากต้องคัดไข่จำนวน 50 กระบะ หรือคิดเป็น 5 ตัง จะใช้เวลาโดยรวมเฉลี่ยประมาณ 100 นาที หรือเทียบเท่า 1 ชั่วโมง 40 นาที

ตาราง 1

การระบุปัญหากระบวนการทำงานในธุรกิจฟาร์มไข่เป็ดที่ต้องการแก้ไข

ประเด็น	รายละเอียด
1. ลักษณะธุรกิจ	การดำเนินกิจการเลี้ยงเป็ดไข่ จำหน่ายไข่สดเป็นหลัก โดยกระบวนการผลิตครอบคลุมตั้งแต่การเลี้ยงดู การเก็บผลผลิต คัดแยกขนาดและจัดส่ง
2. ปัญหาที่เกิดขึ้น	ขั้นตอนการคัดแยกขนาดไข่ ซึ่งดำเนินการด้วยแรงงานคนเป็นหลัก ส่งผลให้เกิดความล่าช้า โดยเฉพาะในช่วงที่มีปริมาณไข่เพิ่มสูงขึ้น ทำให้ไม่สามารถจัดการกับไข่ได้ทันเวลา ส่งผลให้การจัดส่งล่าช้าหรือเกิดความผิดพลาด
3. ผลกระทบที่เกิดขึ้น	ผลกระทบที่เกิดขึ้นมีหลากหลายกรณี เช่น การจัดส่งล่าช้า ไม่ทันตามกำหนดเวลา คุณภาพความสดลดลงของไข่เป็ดจากการเก็บรักษานานเกินไป ต้นทุนแรงงานเพิ่มขึ้น จากว่าจ้างพนักงานที่มีประสบการณ์ และความไม่แน่นอนในการส่งสินค้าและคุณภาพที่ลดลง ทำให้ลูกค้าบางรายอาจเปลี่ยนไปใช้บริการจากฟาร์มคู่แข่งที่มีระบบจัดการดีกว่า
4. แนวทางที่จะแก้ไข	การนำเครื่องคัดไข่เข้ามาช่วยในกระบวนการคัดแยก โดยเครื่องคัดไข่จะสามารถแยกไข่ออกตามขนาดได้อย่างรวดเร็วและแม่นยำ ลดภาระของแรงงานคน และช่วยเพิ่มความต่อเนื่องของกระบวนการทำงาน
5. ตัวชี้วัดความสำเร็จของการแก้ไข	ระยะเวลาการทำงานที่ลดลง ซึ่งสามารถประเมินได้จากการเปรียบเทียบเวลาเฉลี่ยในกระบวนการคัดแยกก่อนและหลังการใช้เครื่องคัดไข่

ตาราง 2

การวิเคราะห์การตั้งคำถามทำไม-ทำไม

What	Why	Why	Why	Why
พนักงานใช้เวลานานในการคัดแยกขนาดไข่เปิด	1. ปัญหาจากฝอยขัดในการทำความสะอาดสระอาดไข่	- ฝอยขัดมีลักษณะแบนและขาด	- ไม่มีการกำหนดรอบการเปลี่ยนฝอยขัด	- ขาดมาตรฐานการปฏิบัติงานในการดูแลวัสดุสิ้นเปลือง
		- ของหาย	- ขาดการเก็บรักษาและจัดวางให้เป็นระเบียบ	- ไม่มีพื้นที่จัดเก็บวัสดุ
	2. ปัญหาจากมิดชุดลอกผิวไข่	- ไข่บางฟองมีคราบแห้งฝังแน่น	- พื้นของลำเปิดมีความชื้นหรือสภาพแวดล้อมไม่เหมาะสม	- ขาดการจัดการระบบพื้นเล้าอย่างเหมาะสม
		- แรงงานเมื่อยล้า	- ใช้แรงงาน สายตา และนั่งนานติดต่อกันเป็นเวลานาน	- ขาดการวางรอบพักหรือไม่กำกับอย่างชัดเจน
	3. ปัญหาจากสายตาและมือ	- ปัญหาไข่มีหลายลักษณะ	- ไข่เลอะ	- ไม่มีเครื่องช่วยขัด
		- ไข่ขนาดแตกต่างกัน (เล็ก กลาง ใหญ่)	- ไข่เปื้อนฝัก	- ไม่มีเครื่องจักรกลคัดแยกขนาดไข่
	4. ปัญหาด้านประสิทธิภาพในการทำงานฟาร์มไข่	- พนักงานไม่มีประสบการณ์ในการทำงานประเภทนี้มาก่อน	- ไข่บวบ/ไข่แตก	- ขาดการฝึกอบรมหรือสอนงานอย่างเป็นระบบ
		- ซ้อนกระบะไข่ผิดฝั่ง	- ไม่เข้าใจวิธีการซ้อนกระบะอย่างถูกต้อง	- ขาดคำแนะนำที่ชัดเจน
		- กระบะไข่บวบเสียหาย	- ไม่เข้าใจคำสั่งหรือวิธีการทำงาน	- ไม่มีการจัดเตรียมคู่มือหรือการสื่อสารหลายภาษา
		- ไม่เข้าใจภาษาไทย	- กังวลเรื่องค่าแรงหรือค่าตอบแทน	- ไม่มีข้อมูลที่ชัดเจนเรื่องค่าสวัสดิการ หรือวันจ่ายเงิน
		- ขาดสมาธิในการทำงาน		

ผลการวิเคราะห์แผนภูมิกระบวนการไหลของกระบวนการคัดไข่เปิดภายหลังการปรับปรุง แสดงไว้ในภาพ 5 ผู้วิจัยดำเนินการรวมขั้นตอนที่ 6 7 8 และ 9 โดยรวมกิจกรรมทั้งหมดไว้ในขั้นตอนที่ 6 นั่นคือ เตรียมเก้าอี้และนำวัสดุขัดมาวางบริเวณใกล้กระบะไข่ที่ต้องการคัดแยกนั่งประจำตำแหน่ง และจัดวางเครื่องมือบนพื้นให้พร้อมใช้งาน นอกจากนี้ ยังได้กำหนดขั้นตอนที่ 28 เพิ่มขึ้นมา คือ จัดเก็บเก้าอี้และวัสดุขัดถูลงกล่องลังเพื่อควบคุมมาตรฐานการปฏิบัติงานด้านการจัดการวัสดุสิ้นเปลืองให้มีความเป็นระเบียบ และเอื้อต่อการบำรุงรักษาหรือการปรับเปลี่ยนเครื่องมือในอนาคต การปรับปรุงกระบวนการคัดไข่เปิด

ในกรณีนี้ใช้หลักการรวมขั้นตอนหรือกิจกรรมที่เกี่ยวข้องเข้าด้วยกัน (combine) และทำให้างานง่ายขึ้น (simplify) ในแนวคิด ECRS เพื่อรวมกิจกรรมที่เกี่ยวข้องและลดความซับซ้อนของกระบวนการทำงานโดยการรวมขั้นตอนที่ 6-9 เข้าด้วยกัน เพื่อลดความซ้ำซ้อนและเพิ่มความต่อเนื่องของการทำงาน เป็นการใช้หลักการ Combine และการจัดเตรียมอุปกรณ์ให้พร้อมในตำแหน่งเดียว ช่วยลดความยุ่งยากในการหยิบจับและเคลื่อนที่ จัดเก็บเป็นระเบียบในขั้นตอนที่ 28 ซึ่งช่วยให้การควบคุมวัสดุสิ้นเปลืองง่ายขึ้นด้วยการใช้หลัก Simplify

แผนภูมิการไหลของกระบวนการ (Flow Process Chart)									
ประเภทของแผนภูมิ: ผลิตภัณฑ์ / วัสดุ / พนักงาน					สรุปผล				
					กิจกรรม	ปัจจุบัน	ปรับปรุง	ลดลง	
กิจกรรม: กระบวนการตัดไม้เปิด					ปฏิบัติงาน	○	24		
					เคลื่อนที่	⇒	3		
					ลำช้า	D	4		
					ตรวจสอบ	□	1		
					จัดเก็บ	▽	2		
วิธีการทำงาน : ปัจจุบัน / ปรับปรุง					ระยะทาง	236.2			
					เวลา	1,486.8			
คำอธิบาย	ปริมาณ	ระยะทาง (เมตร)	เวลา (นาท)	สัญลักษณ์					หมายเหตุ
1. เตรียมจัดหารัดเข็มสำหรับลำเลียงไม้	-	20	1	●	⇒	□	D	▽	
2. พนักงานเข็นรถไปยังลำที่ 1	-	100	1	○	⇒	□	D	▽	
3. ยกกระบะขึ้นรถเข็น	50 กระบะ	1	10	●	⇒	□	D	▽	
4. ลำเลียงไม้จากลำที่ 1 เข้าสู่พื้นที่ตัดไม้	50 กระบะ	100	10	○	⇒	□	D	▽	
5. ยกไม้ลงจากรัดเข็มและวางพื้น	50 กระบะ	5	10	●	⇒	□	D	▽	
6. รอกการคัดแยกขนาด	50 กระบะ	-	5	○	⇒	□	●	▽	
7. พนักงานเดินหาเก้าอี้และหยิบมิกวางบริเวณ ตำแหน่งกระบะไม้ที่ต้องการคัดแยก	-	1	1	○	⇒	□	●	▽	
8. มอหากล่องมือและวัสดุค้ำไม้และหยิบมิกวาง	-	1	1	○	⇒	□	●	▽	
9. บังและวางเครื่องมือและวัสดุที่พื้น	-	1	1	○	⇒	□	●	▽	
10. ลากค้ำกระบะไม้มาใกล้ตัว	10 กระบะ	0.30	0.05	○	⇒	□	D	▽	
11. ยกกระบะไม้ด้านบนสุดลงมาวางพื้น	1 กระบะ	0.30	0.05	●	⇒	□	D	▽	
12. หยิบไม้ฟองที่ 1 แบบลุ่ม ชัดดูและวางไม้ที่เดิม	1 ฟอง	0.15	0.10	●	⇒	□	D	▽	
13. หยิบไม้ฟองที่ 2 แบบลุ่ม ชัดดูและวางไม้ที่เดิม	1 ฟอง	0.15	0.10	●	⇒	□	D	▽	
14. หยิบไม้ฟองที่ 3 แบบลุ่ม ชัดดู	1 ฟอง	0.15	0.05	●	⇒	□	D	▽	
15. คัดแยกไม้เล็กออกใส่กระบะด้านข้าง	1 ฟอง	0.15	0.05	●	⇒	□	D	▽	
16. หยิบไม้ฟองที่ 4 แบบลุ่ม ชัดดูและวางไม้ที่เดิม	1 ฟอง	0.15	0.10	●	⇒	□	D	▽	
17. หยิบไม้ฟองที่ 5 แบบลุ่ม ชัดดูและวางไม้ที่เดิม	1 ฟอง	0.15	0.10	●	⇒	□	D	▽	
18. หยิบไม้ฟองที่ 6 แบบลุ่ม ชัดดูและวางไม้ที่เดิม	1 ฟอง	0.15	0.10	●	⇒	□	D	▽	
19. หยิบไม้ฟองที่ 7 แบบลุ่ม ชัดดูและวางไม้ที่เดิม	1 ฟอง	0.15	0.10	●	⇒	□	D	▽	
20. หยิบไม้ฟองที่ 8 แบบลุ่ม ชัดดูและวางไม้ที่เดิม	1 ฟอง	0.15	0.10	●	⇒	□	D	▽	
21. หยิบไม้ฟองที่ 9 แบบลุ่ม ชัดดูและวางไม้ที่เดิม	1 ฟอง	0.15	0.10	●	⇒	□	D	▽	
22. หยิบไม้ฟองที่ 10 แบบลุ่ม ชัดดูและวางไม้ที่เดิม	1 ฟอง	0.15	0.05	●	⇒	□	D	▽	
23. หยิบไม้ฟองที่ 11 แบบลุ่ม ชัดดูและวางไม้ที่เดิม	1 ฟอง	0.15	0.05	●	⇒	□	D	▽	
24. หยิบไม้ฟองที่ 12 แบบลุ่ม ชัดดูและวางไม้ที่เดิม	1 ฟอง	0.15	0.10	●	⇒	□	D	▽	
25. หยิบไม้ฟองที่ 13 แบบลุ่ม ชัดดูและวางไม้ที่เดิม	1 ฟอง	0.15	0.10	●	⇒	□	D	▽	
26. หยิบไม้ฟองที่ 14 แบบลุ่ม ชัดดูและวางไม้ที่เดิม	1 ฟอง	0.15	0.10	●	⇒	□	D	▽	
27. หยิบไม้ฟองที่ 15 แบบลุ่ม ชัดดูและวางไม้ที่เดิม	1 ฟอง	0.15	0.05	●	⇒	□	D	▽	
28. หยิบไม้ฟองที่ 16 แบบลุ่ม ชัดดูและวางไม้ที่เดิม	1 ฟอง	0.15	0.05	●	⇒	□	D	▽	
29. หยิบไม้ฟองที่ 17 แบบลุ่ม ชัดดูและวางไม้ที่เดิม	1 ฟอง	0.15	0.10	●	⇒	□	D	▽	
30. ยกกระบะวางซ้อนกัน	1 กระบะ	0.30	0.10	●	⇒	□	D	▽	
31. หัวหน้างานตรวจสอบ	1 กระบะ	0.30	0.05	○	⇒	■	D	▽	
32. คัดไม้ใหม่บางส่วน	1 กระบะ	0.30	0.1	●	⇒	□	D	▽	
33. จัดเก็บบริเวณที่คัดเสร็จแล้ว	50 กระบะ	3	5	○	⇒	□	D	▽	
34. รอจำหน่าย	50 กระบะ	-	1,440	○	⇒	□	D	▽	
รวม	50	236.2	1,486.8	25	3	1	4	2	

ภาพ 4 การวิเคราะห์แผนภูมิการไหลกระบวนการคัดแยกขนาดไม้แปรรูป (ก่อนการปรับปรุง)

แผนภูมิการไหลของกระบวนการ (Flow Process Chart)									
ประเภทของแผนภูมิ: ผลิตภัณฑ์ / วัสดุ / พนักงาน					สรุปผล				
					กิจกรรม	ปัจจุบัน	ปรับปรุง	ลดลง	
กิจกรรม: กระบวนการตัดไข่เปิด					ปฏิบัติงาน	○	24	25	+1
					เคลื่อนที่	⇒	3	3	0
					ลำช้า	D	4	0	-4
วิธีการทำงาน : ปัจจุบัน / ปรับปรุง					ตรวจสอบ	□	1	1	0
					จัดเก็บ	▽	2	3	+1
					ระยะทาง		236.2	235.2	-1.0
					เวลา		1,486.8	1,480.8	-6.0
คำอธิบาย	ปริมาณ	ระยะทาง (เมตร)	เวลา (นาฬิกา)	สัญลักษณ์					หมายเหตุ
1. เตรียมจัดหารถเข็นสำหรับลำเลียงไข่	-	20	1	●	⇒	□	D	▽	
2. พนักงานเข็นรถไปยังเล้าที่ 1	-	100	1	○	⇒	□	D	▽	
3. ยกกระบะไข่ขึ้นรถเข็น	50 กระบะ	1	10	●	⇒	□	D	▽	
4. ลำเลียงไข่จากเล้าที่ 1 เข้าสู่พื้นที่คัดไข่	50 กระบะ	100	10	○	⇒	□	D	▽	
5. ยกไข่ลงจากรถเข็นและวางที่พื้น	50 กระบะ	5	10	●	⇒	□	D	▽	
6. เตรียมเก้าอี้และนำวัสดุขัดถูตามวงล้อกระบะไข่ที่ต้องการคัด นั่งประจำตำแหน่งและจัดวางเครื่องมือที่พื้นให้พร้อมใช้งาน	-	1	1	●	⇒	□	D	▽	
7. ลากกระบะไข่มาใกล้ตัว	10 กระบะ	0.30	0.05	○	⇒	□	D	▽	
8. ยกกระบะไข่ด้านบนสุดลงมารวางที่พื้น	1 กระบะ	0.30	0.05	●	⇒	□	D	▽	
9. หยิบไข่ฟองที่ 1 แบบสุ่ม ขัดถูและวางใส่ที่เดิม	1 ฟอง	0.15	0.10	●	⇒	□	D	▽	
10. หยิบไข่ฟองที่ 2 แบบสุ่ม ขัดถูและวางใส่ที่เดิม	1 ฟอง	0.15	0.10	●	⇒	□	D	▽	
11. หยิบไข่ฟองที่ 3 แบบสุ่ม ขัดถู	1 ฟอง	0.15	0.05	●	⇒	□	D	▽	
12. คัดแยกไข่เปลือกออกใส่กระบะด้านข้าง	1 ฟอง	0.15	0.05	●	⇒	□	D	▽	
13. หยิบไข่ฟองที่ 4 แบบสุ่ม ขัดถูและวางใส่ที่เดิม	1 ฟอง	0.15	0.10	●	⇒	□	D	▽	
14. หยิบไข่ฟองที่ 5 แบบสุ่ม ขัดถูและวางใส่ที่เดิม	1 ฟอง	0.15	0.10	●	⇒	□	D	▽	
15. หยิบไข่ฟองที่ 6 แบบสุ่ม ขัดถูและวางใส่ที่เดิม	1 ฟอง	0.15	0.10	●	⇒	□	D	▽	
16. หยิบไข่ฟองที่ 7 แบบสุ่ม ขัดถูและวางใส่ที่เดิม	1 ฟอง	0.15	0.10	●	⇒	□	D	▽	
17. หยิบไข่ฟองที่ 8 แบบสุ่ม ขัดถูและวางใส่ที่เดิม	1 ฟอง	0.15	0.10	●	⇒	□	D	▽	
18. หยิบไข่ฟองที่ 9 แบบสุ่ม ขัดถูและวางใส่ที่เดิม	1 ฟอง	0.15	0.10	●	⇒	□	D	▽	
19. หยิบมีดขูดไข่เปลือกฝักร และปล่อยมีดลงพื้น	1 ฟอง	0.15	0.05	●	⇒	□	D	▽	
20. ขัดไข่ฟองที่ 9 ต่อและวางใส่ที่เดิม	1 ฟอง	0.15	0.05	●	⇒	□	D	▽	
21. หยิบไข่ฟองที่ 10 แบบสุ่ม ขัดถูและวางใส่ที่เดิม	1 ฟอง	0.15	0.10	●	⇒	□	D	▽	
22. หยิบไข่เปลือกฝักรออก และวางในกระบะด้านข้าง	2 ฟอง	0.15	0.05	●	⇒	□	D	▽	
23. หยิบไข่ฟองที่ 11 แบบสุ่ม ขัดถู	1 ฟอง	0.15	0.10	●	⇒	□	D	▽	
24. หยิบมีดขูดไข่เปลือกฝักร และปล่อยมีดลงพื้น	1 ฟอง	0.15	0.05	●	⇒	□	D	▽	
25. ขัดไข่ฟองที่ 11 ต่อและวางใส่ที่เดิม	1 ฟอง	0.15	0.05	●	⇒	□	D	▽	
26. หยิบไข่ฟองที่ 12 แบบสุ่ม ขัดถูและวางใส่ที่เดิม	1 ฟอง	0.15	0.10	●	⇒	□	D	▽	
27. ยกกระบะวางซ้อนกัน	1 กระบะ	0.30	0.10	●	⇒	□	D	▽	
28. จัดเก็บเก้าอี้และวัสดุขัดถูลงถาดลัง	-	1	1	○	⇒	□	D	▽	
29. หัวหน้างานตรวจสอบ	1 กระบะ	0.30	0.05	○	⇒	■	D	▽	
30. คัดไข่ใหม่บางส่วน	1 กระบะ	0.30	0.1	●	⇒	□	D	▽	
31. จัดเก็บบริเวณที่คัดเสร็จแล้ว	50 กระบะ	3	5	○	⇒	□	D	▽	
32. รอจำหน่าย	50 กระบะ	-	1,440	○	⇒	□	D	▽	
รวม	50	235.2	1,480.8	25	3	1	0	3	

ภาพ 5 การวิเคราะห์แผนภูมิการไหลกระบวนการตัดไข่เปิด (หลังการปรับปรุง)

4. ผลการวิเคราะห์การปฏิบัติงานโดยใช้แผนภูมิมือซ้ายและมือขวา (left and right hand chart)

จากการสังเกตและบันทึกการเคลื่อนไหวของมือซ้ายและมือขวาในกระบวนการคัดแยกขนาดไข่ ได้จัดทำแผนภูมิ Left and Right Hand Chart เพื่อแสดงลำดับกิจกรรม ระยะเวลา และความสัมพันธ์ของการใช้มือทั้งสองข้าง ผลการวิเคราะห์ช่วยให้เห็นรูปแบบการทำงาน ความสมดุล และช่วงเวลาที่มือใดมือหนึ่งว่างงานหรือเคลื่อนไหวซ้ำซ้อน ซึ่งเป็นข้อมูลพื้นฐานในการปรับปรุงกระบวนการทำงานให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ดังแสดงในภาพ 6

5. การลดความสูญเสียเปล่าในกระบวนการคัดแยกขนาดไข่เปิดโดยใช้หลักการ ECRS

การเคลื่อนไหวของมือซ้ายและมือขวาของพนักงานระหว่างการปฏิบัติงานในกระบวนการคัดแยกขนาดไข่เปิดสามารถใช้เป็นข้อมูลสำหรับการปรับปรุงขั้นตอนการทำงานตามแนวคิด ECRS ผู้วิจัยมุ่งเน้นใช้หลักการ Eliminate โดยลดการเคลื่อนไหวที่ซ้ำซ้อนของพนักงานในขั้นตอนการยกกระบะไข่ที่วางซ้อนกันอยู่บนกระบะเปล่า ความสูงประมาณ 0.50 เมตร และเคลื่อนมือมายกกระบะที่คัดแยกไว้แล้วออกจากกระบะเปล่าที่วางซ้อนกันที่ระยะ 0.20 เมตร ซึ่งทำให้เกิดความล่าช้าและยุ่งยากในการยกกระบะเมื่อเริ่มต้นวางไข่ใหม่ จากภาพ 7 หลังจากการปรับปรุงที่นำมาใช้ คือ การยกกระบะเปล่าออกจากกระบะที่บรรจุไข่ไว้ล่วงหน้า เพื่อให้สามารถหยิบกระบะเปล่าได้ทันทีเมื่อต้องการเริ่มวางไข่ที่ผ่านการคัดแยกใหม่ โดยไม่ต้องเสียเวลาในการยกกระบะที่ซ้อนกันออก และจัดวางใหม่ให้ตรงตำแหน่ง ส่งผลให้พนักงานสามารถปฏิบัติงานได้อย่างต่อเนื่อง ไม่ต้องสลับมือหรือเปลี่ยนท่าทางบ่อยครั้ง ซึ่งช่วยลดความสูญเสียเปล่าในกระบวนการทำงานได้

นอกจากนี้ การประยุกต์ใช้หลักการ Simplify (ทำให้ง่าย) เพื่อปรับปรุงการทำงานให้สะดวกและลดความซับซ้อน จากภาพ 8 (ก) ผลการเปรียบเทียบวิธีการปฏิบัติงานด้วยมือซ้ายและมือขวาของพนักงานก่อนและหลังการปรับปรุงพบว่า ก่อนการปรับปรุงพนักงานต้องเอื้อมมือไปยังกระบะไข่ที่ซ้อนอยู่ในตำแหน่งค่อนข้างสูง แล้วดึงกระบะใบบนสุดออกมาวางที่พื้นด้านหน้าในระยะ 0.50 เมตร จากนั้นยกกระบะไข่ซึ่งเป็นไข่คละ ซึ่งยังไม่ผ่านการคัดแยกขนาด นำลงมาวางในตำแหน่งห่างจากตัว 0.30 เมตร เพื่อทำความสะอาดก่อนเริ่มคัดขนาด ขั้นตอนดังกล่าวส่งผลให้พนักงานต้องใช้แรงมากขึ้น รวมถึงเกิดการเคลื่อนไหวที่ไม่เหมาะสมตามหลักกายวิศาสตร์ จึงได้มีการปรับปรุงวิธีการปฏิบัติงานด้วยมือซ้ายและมือขวาของพนักงานดังภาพ 8 (ข) โดย

การจัดวางกระบะไข่ให้อยู่ในระยะใกล้ตัวมากขึ้น และจัดเรียงแถวไข่ให้เหมาะสมกับระยะมือและท่าทางของผู้ปฏิบัติงาน เพื่อลดระยะเอื้อมและความเสี่ยงต่อการทำไขแตกเสียหายจะ ช่วยเพิ่มความสะดวก และลดโอกาสเกิดความสูญเสียจากความผิดพลาดในการเคลื่อนไหว ส่งผลให้จำนวนขั้นตอนและระยะทางลดลง

6. ผลการวิเคราะห์แผนภูมิกิจกรรมพหุคูณประเภทคน-เครื่องจักร (man-machine chart)

การวิเคราะห์กิจกรรมเพื่อจัดหาเครื่องคัดไข่เปิดกึ่งอัตโนมัติมาช่วยในขั้นตอนการคัดแยกขนาด ผู้ประกอบการจำเป็นต้องศึกษาว่า ควรมีเครื่องจักรและพนักงานเท่าใดจึงจะเพียงพอต่อปริมาณการผลิตที่ต้องการ โดยการศึกษาครั้งนี้ได้จัดหาเครื่องคัดไข่เปิดกึ่งอัตโนมัติมือสองขนาดเล็กมาใช้เป็นเครื่องทดลอง เพื่อใช้ทดสอบแนวทางการปรับปรุงกระบวนการคัดแยกขนาดผลิตภัณฑ์ในระดับต้นแบบ และประเมินประสิทธิภาพการทำงานของระบบก่อนและหลังการปรับปรุง ทั้งนี้ มิได้เป็นการจัดหาเพื่อใช้งานเชิงพาณิชย์เต็มรูปแบบทางการ หลังจากนั้นใช้แผนภูมิกิจกรรมแสดงความสัมพันธ์ของการทำงานของพนักงานกับเครื่องจักร โดยใช้แผนภูมิวิเคราะห์การทำงานระหว่างพนักงานกับเครื่องจักร ซึ่งจะช่วยให้สามารถพิจารณาความเหมาะสมของกระบวนการคัดไข่เปิด ดูสัดส่วนการเสียเวลาคอยของพนักงานหรือของเครื่องจักร เพื่อดูว่าต้องมีการลดหรือเพิ่มจำนวนพนักงานในการทำงาน โดยกิจกรรมที่เกิดขึ้นทั้งหมดสามารถจำแนกได้ดังตาราง 3

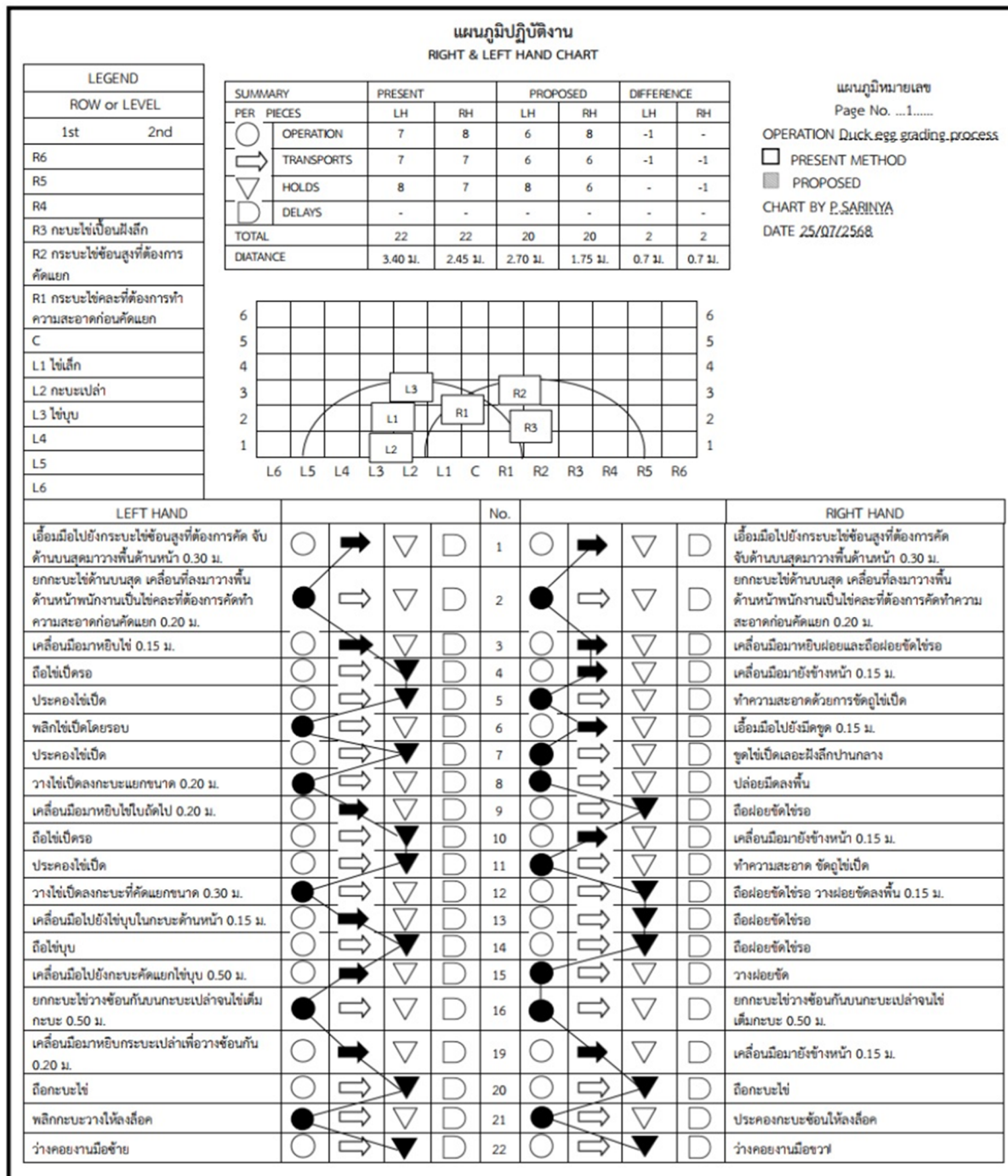
การวิเคราะห์ Man-Machine Chart 1 รอบของเครื่องจักร 1 เครื่อง (1 รอบของกระบวนการคัดแยกไข่เปิด 1 กระบะ) โดยใช้พนักงาน 1 คน พร้อมทั้งคำนวณร้อยละ (%) การทำงานของพนักงานและเครื่องจักรมีขั้นตอนการทำงาน (ตาราง 3) สามารถวิเคราะห์การทำงานลงบนแผนภูมิคนกับเครื่องจักร ดังตาราง 4 ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลการทำงานของพนักงานในกระบวนการคัดแยกขนาดไข่เปิด พบว่าเวลาทำงานของพนักงานทั้งหมดอยู่ที่ 473 วินาที ซึ่งเท่ากับเวลาการทำงานรวมของเครื่องจักรในรอบการผลิต สามารถคำนวณอัตราการทำงาน of พนักงานเท่ากับ 100% แสดงให้เห็นว่าพนักงานมีการทำงานอย่างต่อเนื่องตลอดรอบการผลิต โดยไม่มีช่วงเวลาวางานสำหรับเครื่องจักรมีเวลาทำงานรวม 220 วินาที จากเวลาการทำงานทั้งหมด 311 วินาที ส่งผลให้อัตราการทำงาน of เครื่องจักรคิดเป็น 70.7% ซึ่งหมายความว่า เครื่องจักรมีช่วงเวลาที่หยุดรอการทำงานหรือไม่ได้ถูกใช้งานบางส่วน ในการวิเคราะห์หาจำนวนเครื่องจักรที่เหมาะสมให้พนักงาน

หนึ่งคนควบคุม โดยใช้ข้อมูลจากแผนภูมิกิจกรรมพหุคูณประเภทคน-เครื่องจักร พบว่า เครื่องจักรมีเวลาทำงานอิสระ 110 วินาที ขณะที่พนักงานใช้เวลาในการทำงานร่วมกับเครื่องจักร 225 วินาที และมีเวลาทำงานอิสระของพนักงาน 43 วินาที จะสามารถคำนวณจำนวนเครื่องจักรที่เหมาะสมที่สุดที่พนักงานหนึ่งคนสามารถควบคุมได้ คือ 1.25 เครื่อง

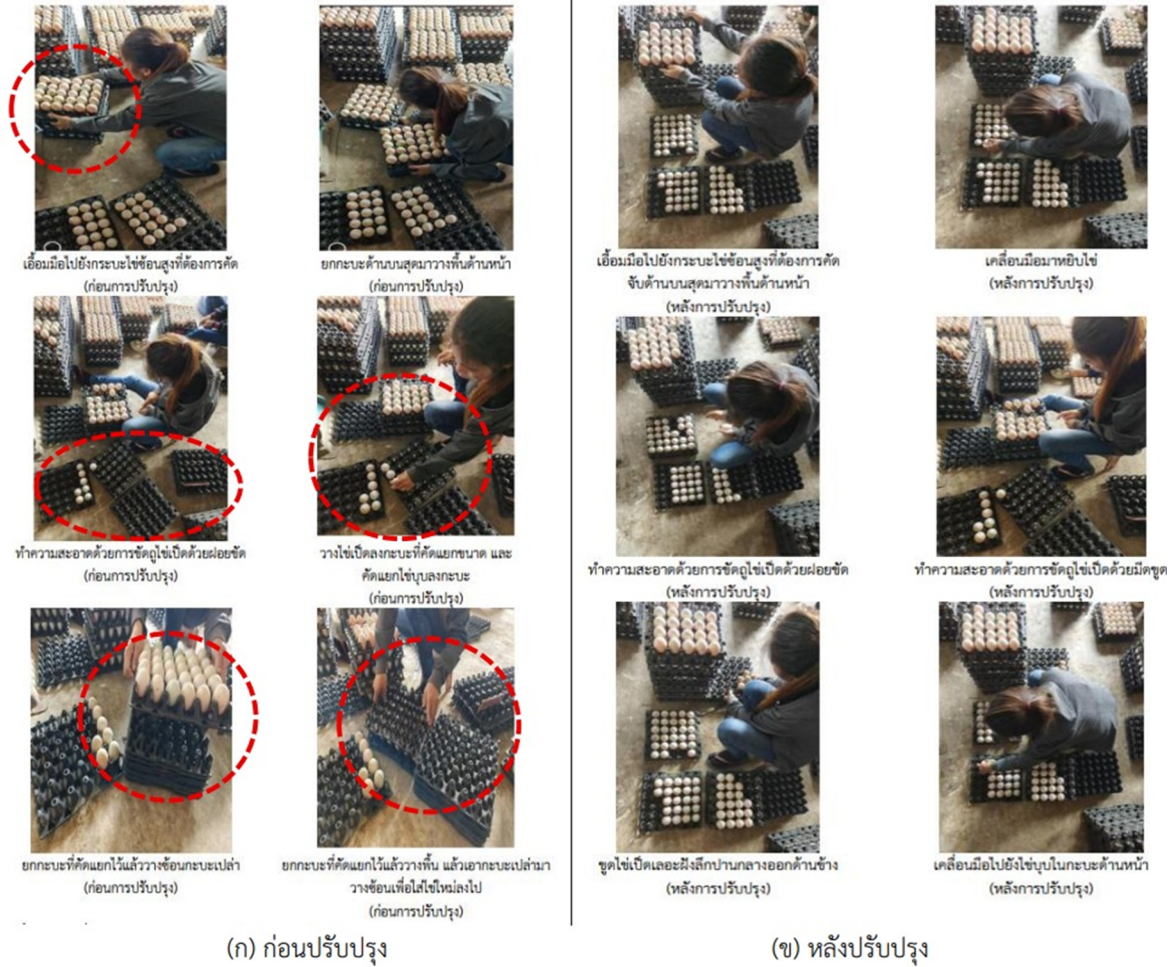
ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าพนักงานสามารถควบคุมเครื่องจักรได้เพียงหนึ่งเครื่องต่อการผลิตอย่างมีประสิทธิภาพ หากเพิ่มจำนวนเครื่องจักรให้ควบคุมสองเครื่องพร้อมกัน จะทำให้เกิดความล่าช้าในการทำงานและอาจไม่สามารถดำเนินการกระบวนการผลิตได้ทันตามรอบเวลา



ภาพ 6 การวิเคราะห์กระบวนการคัดแยกขนาดไข่เปิดโดยใช้แผนภูมิมือซ้ายและมือขวา (ก่อนการปรับปรุง)



ภาพ 7 การวิเคราะห์กระบวนการตัดแยกขนาดไขว้เปิดโดยใช้แผนภูมิมือซ้ายและมือขวา (หลังการปรับปรุง)



ภาพ 8 เปรียบเทียบการเคลื่อนไหวของมือซ้ายและมือขวาในกระบวนการคัดแยกขนาดไข่เปิด

ตาราง 3

การวิเคราะห์กระบวนการทำงานของพนักงานและเครื่องคัดไข่เปิด

ลำดับ	ขั้นตอน	เวลา (วินาที)
1	พนักงานยกไข่เปิดคละขนาดมาวางด้านข้างเครื่องคัดไข่	13
2	ยกกระบะเปล่ามาวางรอใส่ไข่	8
3	วางไข่บนรางลำเลียง พนักงานหยิบไข่ที่ละ 1 ฟอง และวางลงบนรางลำเลียงจนครบ 15 ฟอง	25
4	ใช้มือช่วยประคองไข่ป้องกันการกระแทกระหว่างที่ไหลบนรางลำเลียง	20
5	หยิบไข่ในช่องที่ถูกคัดขนาดแล้วใส่กระบะ	180
6	หยิบไข่ที่เหลือวางบนรางลำเลียงต่อ	25
7	หยิบกระบะเปล่าไปวางซ้อนเก็บ	2
8	หยิบไข่ในช่องที่ถูกคัดขนาดแล้วใส่กระบะจนหมด	180
9	ตรวจสอบ	5
10	เคลื่อนย้ายกระบะบรรจุไข่หลังจากการคัดแยกเสร็จแล้วไปยังพื้นที่จัดเก็บ	15

ตาราง 4

การใช้แผนภูมิคน-เครื่องจักรสำหรับวิเคราะห์กระบวนการทำงานของพนักงานคุมเครื่องคัดแยกไข่เปิดกึ่งอัตโนมัติ (ก่อนปรับปรุง)

พนักงาน	เวลา (วินาที)		เครื่องจักร	เวลา (วินาที)	
1. พนักงานยกไข่เปิดคละขนาดมาวางด้านข้างเครื่องคัดไข่	13		รันเครื่องคัดไข่รอ	13	
2. ยกกระบะเปล่านั้นวางรอใส่ไข่	8		รันเครื่องคัดไข่รอ	8	
3. วางไข่บนรางลำเลียง พนักงานหยิบไข่ที่ละ 1 ฟอง และวางลงบนรางลำเลียงจนครบ 15 ฟอง	25		กำลังถูกป้อนไข่ใส่รางลำเลียง	25	
4. ใช้มือช่วยประคองไข่ป้องกันการกระแทกระหว่างที่ไหลบนรางลำเลียง	20		กำลังลำเลียงไข่เข้าช่องคัดขนาด	20	
5. หยิบไข่ในช่องที่ถูกคัดขนาดแล้วใส่กระบะ	180		ไข่กำลังถูกลำเลียงเข้าช่องคัดขนาดแต่ละเบอร์	90	
6. หยิบไข่ที่เหลือวางบนรางลำเลียงต่อ	25		กำลังถูกป้อนไข่ใส่รางลำเลียง	25	
7. หยิบกระบะเปล่าไปวางซ้อนเก็บ	2		กำลังลำเลียงไข่เข้าช่องคัดขนาด	20	
8. หยิบไข่ในช่องที่ถูกคัดขนาดใส่กระบะจนหมด	180		ไข่กำลังถูกลำเลียงเข้าช่องคัดขนาดแต่ละเบอร์	90	
9. ตรวจสอบ	5		ว่าง	5	
10. เคลื่อนย้ายกระบะบรรจุไข่หลังจากการคัดแยกเสร็จแล้วไปยังพื้นที่จัดเก็บ	15		ว่าง	15	

สรุปสัดส่วนการทำงานก่อนปรับปรุง

	พนักงาน	เครื่องจักร
เวลาร่าง	0 วินาที	91 วินาที
เวลาทำงาน	473 วินาที	220 วินาที
เวลาทั้งหมด	473 วินาที	311 วินาที
%การทำงาน	100%	70.7%

สัญลักษณ์:  = ทำงานร่วม  = งานอิสระ  = ว่างงาน

จากตารางสรุปสัดส่วนการใช้งานข้างต้น จะเห็นว่า ทั้งพนักงานและเครื่องจักรยังมีโอกาสในการปรับปรุงประสิทธิภาพการทำงานอีก โดยอาจใช้ทางเลือกต่าง ๆ เช่น ลดช่วงเวลาของการว่างงานลง เพิ่มผลผลิตโดยการเพิ่มจำนวนคนหรือจำนวนเครื่องจักร (ในการศึกษานี้ดำเนินการ

เพิ่มจำนวนคน) และลดรอบเวลาในการทำงานต่อชิ้น ซึ่งจะเป็นการเพิ่มผลิตภาพ (productivity) จากแนวคิดดังกล่าวได้นำมาปรับปรุงโดยลดเวลารอคอยของเครื่องจักรลงดังตาราง 5

ตาราง 5

การใช้แผนภูมิคน-เครื่องจักรสำหรับวิเคราะห์กระบวนการทำงานของพนักงานคุมเครื่องคัดแยกไข่เป็ดกึ่งอัตโนมัติ (หลังปรับปรุง)

พนักงานคนที่ 1	เวลา (วินาที)		พนักงานคนที่ 2	เวลา (วินาที)		เครื่องจักร	เวลา (วินาที)	
1. พนักงานยกไข่เปิด คละขนาดมาวางด้านข้าง เครื่องคัดไข่	13		ยกกระบะเปล่ามาวางรอ ใส่ไข่	8		รันเครื่องคัดไข่รอ	13	
2. วางไข่บนรางลำเลียง และตรวจสอบ	30		วางเรียงไข่แต่ละเบอร์	2		กำลังถูกป้อนไข่ใส่ราง ลำเลียง	25	
3. ใช้มือช่วยประคอง ไข่ป้องกันการกระแทก ระหว่างที่ไหลบนราง ลำเลียง	20		ว่างขณะเครื่องคัดไข่ ทำงาน	15		กำลังลำเลียงไข่เข้าช่อง คัดขนาด	20	
4. หยิบกระบะเปล่าไปวาง ซ้อนเก็บ	3		หยิบไข่ในช่องที่ถูกคัด ขนาดแล้วใส่กระบะ และ ตรวจสอบ	180		ไข่กำลังถูกลำเลียงเข้า ช่องคัดขนาดแต่ละเบอร์	90	
5. ว่าง	2		ว่าง			ว่าง		
6. เคลื่อนย้ายกระบะบรรจุ ไข่หลังจากการคัดแยก เสร็จแล้วไปยังพื้นที่จัดเก็บ	2							

สรุปสัดส่วนการทำงานหลังปรับปรุง

	พนักงานคนที่ 1	พนักงานคนที่ 2	เครื่องจักร
เวลาว่าง	2 วินาที	16 วินาที	14 วินาที
เวลาทำงาน	68 วินาที	190 วินาที	135 วินาที
เวลาทั้งหมด	70 วินาที	206 วินาที	149 วินาที
%การทำงาน	97.1%	92.2%	90.6%

สัญลักษณ์:  = ทำงานร่วม  = งานอิสระ  = ว่างงาน

ภายหลังการปรับปรุงกระบวนการคัดแยกขนาดไข่เป็ด ได้ทำการคำนวณประสิทธิภาพการทำงานของพนักงานและเครื่องจักร จากข้อมูลในแผนภูมิคน-เครื่องจักร พบว่าพนักงานคนที่ 1 มีอัตราการทำงานคิดเป็น 97.1% ของเวลาการทำงานทั้งหมด แสดงให้เห็นว่ามีการใช้เวลาในการปฏิบัติงานอย่างต่อเนื่องและมีช่วงเวลาวางงานน้อยมาก ส่วนพนักงานคนที่ 2 มีอัตราการทำงาน 92.2% ซึ่งแม้จะต่ำกว่าพนักงานคนแรกเล็กน้อย แต่ก็ยังอยู่ในระดับที่สะท้อนถึงควมมีประสิทธิภาพในการทำงานสูงเช่นกัน สำหรับเครื่องจักร พบว่า มีเวลาการทำงานรวม 135 วินาที จาก

เวลาทำงานทั้งหมด 149 วินาที คิดเป็นอัตราการทำงานของเครื่องจักร 90.6% แสดงให้เห็นว่า เครื่องจักรถูกใช้งานในระดับที่เหมาะสม มีช่วงเวลาที่หยุดรอน้อย และสามารถทำงานประสานกับแรงงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เมื่อดำเนินการคำนวณหาจำนวนเครื่องจักรที่เหมาะสมสำหรับพนักงานหนึ่งคนควบคุม โดยใช้ข้อมูลจากแผนภูมิคน-เครื่องจักร พบว่า เครื่องจักรมีเวลาทำงานอิสระรวม 110 วินาที พนักงานมีเวลาทำงานร่วมกับเครื่องจักรรวม 230 วินาที และเวลาทำงานอิสระของพนักงานรวม 25 วินาที เมื่อนำค่าดังกล่าวมาคำนวณ พบว่าจำนวนเครื่องจักร

ที่เหมาะสมที่สุด คือ 0.92 เครื่อง แสดงให้เห็นว่า พนักงานหนึ่งคนควรควบคุมเครื่องจักรเพียงหนึ่งเครื่องเท่านั้น เพื่อให้สามารถดำเนินการได้อย่างมีประสิทธิภาพ หากให้พนักงานควบคุมเครื่องจักรมากกว่าหนึ่งเครื่องจะทำให้เกิดภาระงานเกินกำลัง ส่งผลให้ไม่สามารถทำงานได้ทันตามรอบการผลิตและอาจเพิ่มความเสี่ยงต่อความผิดพลาดในการปฏิบัติงาน ผลการปรับปรุงกระบวนการโดยทดลองเพิ่มจำนวนพนักงานจากหนึ่งคนเป็นสองคนต่อเครื่องตัดไข่ 1 เครื่อง ส่งผลให้รอบเวลาการทำงานลดลงอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากสามารถแบ่งหน้าที่กันระหว่างการผลิตไข่ลงรางและการเก็บไข่ตามขนาดใส่กระบะ ช่วยลดแรงกระแทกของไข่ในระหว่างเข้าสู่ช่องคัดขนาด ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญของการบอบหรือแตกร้าวของเปลือกไข่ นอกจากนี้ยังลดความสับสนในการหยิบและจัดเรียงไข่ลงกระบะในแต่ละขนาด ส่งผลให้กระบวนการคัดแยกเป็นระบบมากขึ้นและเพิ่มประสิทธิภาพโดยรวมของการผลิต

อภิปรายผล

1. ผลการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคทำไม-ทำไม พบว่าพนักงานใช้เวลาในการคัดแยกขนาดไข่เปิด เนื่องจากข้อจำกัดด้านสายตาและการเคลื่อนไหวของมือ รวมถึงความแตกต่างของไข่ทั้งขนาดและสภาพผิว เช่น มีคราบสกปรกหรือรอยบอบเสียหาย ทำให้ต้องใช้เวลาและความละเอียดสูง อีกทั้งยังขาดเครื่องมือช่วยคัดล้างและคัดขนาด จึงต้องใช้แรงงานคนทั้งหมดซึ่งเป็นสาเหตุหลักของความล่าช้า ขั้นตอนการทำความสะอาดมีสัดส่วนน้อย เหมาะกับกรณีส่งต่อให้โรงงานแปรรูป แต่หากเป็นการจำหน่ายปลีกจะยิ่งทำให้กระบวนการล่าช้าและลดประสิทธิภาพโดยรวม

2. ผลการวิเคราะห์ด้วยแผนภูมิกระบวนการไหลพบว่า หากปริมาณไข่เพิ่มขึ้นจะกระทบต่อเวลาและคุณภาพการผลิต ส่งผลต่อการจัดส่งและความพึงพอใจของลูกค้า ซึ่งอาจทำให้ลูกค้าหันไปใช้บริการจากฟาร์มคู่แข่งที่มีระบบบริหารจัดการที่คล่องตัวกว่า สอดคล้องกับแนวคิดของ Promkan (2018) ที่อธิบายว่า การบริหารจัดการภาคเกษตรกรรมตามแนวคิดการลดความสูญเสียเปล่าช่วยลดความสูญเสียเปล่าและเพิ่มความคล่องตัวในห่วงโซ่การผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพ ภายหลังจากการวิเคราะห์โดย

ประยุกต์ใช้แผนภูมิการไหลของกระบวนการตัดไข่เปิดหลังการปรับปรุงพบว่า มีจำนวนขั้นตอนการปฏิบัติงานลดลงเหลือ 32 ขั้นตอน ในกิจกรรมล่าช้า (delay) ลดลงชัดเจนจาก 4 เหลือ 0 ครั้ง นั่นคือ ไม่มีกิจกรรมล่าช้าเกิดขึ้น ซึ่งเป็นผลจากการจัดลำดับงานใหม่ หรือปรับปรุงวิธีทำงานที่ลดการรอคอยเวลาทั้งหมดลดลง 6 วินาที และระยะทางลดลง 1 เมตร แสดงให้เห็นว่า การวางผังพื้นที่ทำงานที่เหมาะสมมากขึ้น ถึงแม้ว่า จำนวนกิจกรรมบางประเภทเพิ่มขึ้น เช่น การจัดเก็บและปฏิบัติงาน แต่ส่งผลดีต่อความเป็นระบบการปฏิบัติงานและลดความสูญเสียที่เกิดขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานของ Inseemee Sak and Lertkowitz (2024) ที่ทำการปรับปรุงตามหลัก ECRS ช่วยลดกิจกรรมที่ไม่สร้างคุณค่าเพิ่มความต่อเนื่องของงาน และช่วยยกระดับประสิทธิภาพโดยรวมของกระบวนการผลิตได้อย่างชัดเจน

3. ผลการวิเคราะห์ด้วยแผนภูมิมือซ้ายและมือขวาก่อนการปรับปรุงพบว่า การเคลื่อนไหวของมือซ้ายและมือขวายังขาดความสมดุล มีการเอื้อมหยิบอุปกรณ์ซ้ำซ้อนและมีท่าทางการทำงานที่ไม่เหมาะสมตามหลักการยศาสตร์ หลังการปรับปรุงโดยการจัดวางอุปกรณ์ให้เหมาะสมกับระยะเอื้อมมือ ทำให้การเคลื่อนไหวของพนักงานมีความสมดุลมากขึ้น ลดความเมื่อยล้า และเพิ่มความต่อเนื่องในการทำงานร่วมกับการประยุกต์ใช้หลักการ ECRS สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานในกระบวนการคัดแยกขนาดไข่เปิดได้อย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะการลดการเคลื่อนไหวซ้ำซ้อนและท่าทางที่ไม่เหมาะสมของพนักงาน ทำให้กระบวนการทำงานมีความต่อเนื่อง คล่องตัว และใช้เวลาในการดำเนินงานลดลง

4. ผลของการปรับปรุงตามหลัก ECRS พบว่า การปรับปรุงตามแนวคิด Eliminate และ Simplify ยังช่วยเพิ่มความสอดคล้องกับหลักการยศาสตร์ลดความเหนื่อยล้าและลดความสูญเสียจากการจัดวางอุปกรณ์ที่ไม่เหมาะสม สอดคล้องกับงานวิจัยของ Wattanawongwisut et al. (2021) ที่ชี้ให้เห็นว่า การจัดวางพื้นที่ทำงานอย่างเหมาะสมช่วยเพิ่มประสิทธิภาพแรงงานและลดความสูญเสียเปล่า นอกจากนี้ แนวทางดังกล่าวยังสอดคล้องกับ Nilnorasri (2017) ที่ใช้หลักการศึกษางานเป็นกระบวนการสำคัญในการพัฒนาและปรับปรุงการทำงานของแรงงานในอุตสาหกรรมให้มีมาตรฐานและประสิทธิภาพสูงขึ้น ช่วยทำให้เพิ่มขีดความ

สามารถของธุรกิจฟาร์มเกษตรกรรมในภาพรวม สอดคล้องกับงานวิจัยของ Tantiwong et al. (2022) ที่ศึกษาปรับปรุงกระบวนการทำงานและตำแหน่งจากวางอุปกรณ์ให้เหมาะสมกับระยะเอื้อม เพื่อลดการบาดเจ็บจากการทำงาน ซึ่งรวบรวมข้อมูลความปวดเมื่อยของร่างกายโดยใช้แบบประเมินความเสี่ยงอาการผิดปกติของระบบโครงร่างกระดูกและกล้ามเนื้อจากการทำงาน หลังจากปรับปรุงกระบวนการทำงานสามารถลดขั้นตอนการทำงานที่ไม่จำเป็นและลดการเคลื่อนไหวที่ไม่จำเป็นลงได้ และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Wattanawongwisut et al. (2021) ศึกษาการเพิ่มผลผลิตในการทำงานบรรจุข้าว โดยใช้หลักการ ECRS ในการลดการสูญเสียเปล่า เช่น การกำจัดการขนย้ายถุงข้าวไปยังเครื่องซีลเพื่อลดระยะทาง โดยการเคลื่อนย้ายพื้นที่ปฏิบัติงานของผู้ปฏิบัติงานไปอยู่ใกล้เครื่องซีลทำให้ลดระยะทางได้ การปรับสถานีงานที่เป็นการทำงานในท่านั่งให้เป็นท่ายืน เพื่อเพิ่มความรวดเร็ว และการกำจัดการรอคอยด้วยการจัดให้ผู้ปฏิบัติงานทำงานพร้อมกันทำให้เวลาที่ใช้ในการบรรจุข้าวลงถุงลดลง ดังนั้น การใช้หลัก ECRS ทำให้การทำงานบรรจุข้าวมีผลผลิตภาพเพิ่มขึ้น

5. ผลการวิเคราะห์ด้วยแผนภูมิคน-เครื่องจักร พบว่าการใช้เครื่องตัดไข่เปิดกึ่งอัตโนมัติช่วยลดเวลาการทำงานและเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการคัดแยกขนาดไข่เปิดได้อย่างชัดเจน โดยในสภาพการทำงานเดิม พนักงานมีอัตราการทำงานเต็มเวลา (100%) ขณะที่เครื่องจักรถูกใช้งานเพียง 70.7% เนื่องจากมีช่วงเวลาหยุดรอการทำงานบางช่วง ภายหลังการปรับปรุงโดยเพิ่มพนักงานจาก 1 คน เป็น 2 คนต่อเครื่องตัดไข่ พบว่า ประสิทธิภาพโดยรวมดีขึ้น โดยพนักงานคนที่ 1 และ 2 มีอัตราการทำงาน 97.1% และ 92.2% ตามลำดับ ส่วนเครื่องจักรเพิ่มเป็น 90.6% แสดงให้เห็นว่า การแบ่งหน้าที่ระหว่างการลำเลียงและจัดเรียงไข่ช่วยลดความสูญเสียเปล่า ลดแรงกระแทกของไข่ และเพิ่มความต่อเนื่องในการทำงาน ส่งผลให้กระบวนการคัดแยกมีความเป็นระบบและผลผลิตภาพสูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Wattanawongwisut et al. (2021) ที่ระบุว่า การจัดวางพื้นที่ทำงานและการแบ่งภาระงานอย่างเหมาะสมตามหลักการยศาสตร์สามารถช่วยลดความสูญเสียจากการ

เคลื่อนไหวที่ไม่จำเป็น เพิ่มประสิทธิภาพแรงงาน และยกระดับคุณภาพของกระบวนการผลิตได้

สรุปผล

การวิจัยครั้งนี้มุ่งปรับปรุงกระบวนการคัดแยกขนาดไข่เปิดของผู้ประกอบการเกษตรให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น โดยใช้เครื่องมือทางวิศวกรรมอุตสาหการ ได้แก่ เทคนิคการตั้งคำถามทำไม-ทำไม แผนภูมิกระบวนการไหล แผนภูมิมือซ้าย-มือขวา แผนภูมิกิจกรรมพหุคูณประเภทคน-เครื่องจักร และหลักการปรับปรุงกระบวนการเพื่อลดความสูญเสียเปล่าตามแนวคิด ECRS เพื่อลดความสูญเสียเปล่าและเพิ่มผลผลิตในกระบวนการทำงาน สามารถสรุปข้อมูลการวิเคราะห์เปรียบเทียบผลของการใช้แต่ละแผนภูมิ ก่อนและหลังการปรับปรุงดังตาราง 6

ผลการวิเคราะห์พบว่า ปัญหาหลักเกิดจากข้อจำกัดของแรงงานในด้านสายตา การเคลื่อนไหว และการขาดเครื่องมือช่วยคัดแยกขนาดไข่ ภายหลังการปรับปรุงกระบวนการทำงาน จำนวนขั้นตอนลดลงจาก 34 เหลือ 32 ขั้นตอน เวลาทำงานรวมลดลง 6 วินาที และระยะทางลดลง 1 เมตร จากการใช้แผนภูมิมือซ้ายและมือขวาพบว่า การปรับตำแหน่งอุปกรณ์และพื้นที่ทำงานช่วยให้การเคลื่อนไหวของแรงงานมีความสมดุลมากขึ้น ลดความเหนื่อยล้าและเพิ่มความต่อเนื่องในการทำงาน การวิเคราะห์แผนภูมิกิจกรรมพหุคูณประเภทคน-เครื่องจักรแสดงให้เห็นว่าพนักงานมีอัตราการทำงาน 97.1% และ 92.2% ส่วนเครื่องจักรเพิ่มจากเดิม 70.7% เป็น 90.6% สะท้อนถึงการใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่าและมีประสิทธิภาพมากขึ้น การใช้หลักการ ECRS ช่วยขจัดขั้นตอนที่ไม่จำเป็น รวมและจัดลำดับงานให้เหมาะสมพร้อมทำให้งานง่ายขึ้นตามหลักการยศาสตร์ งานวิจัยนี้ยังสามารถใช้เป็นต้นแบบในการปรับปรุงกระบวนการทำงานของสถานประกอบการขนาดย่อมและขนาดกลาง เพื่อช่วยลดเวลา ลดความสูญเสียเปล่า เพิ่มประสิทธิภาพแรงงานและเครื่องจักร และยกระดับความสามารถในการส่งมอบสินค้าได้อย่างเป็นระบบ

ตาราง 6

สรุปผลการปรับปรุงกระบวนการคัดแยกขนาดไข่เปิด

รายการเปรียบเทียบ	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง
จำนวนขั้นตอนในกระบวนการ (ขั้นตอน)	34	32
จำนวนกิจกรรมล่าช้า (ครั้ง)	4	0
เวลาการทำงานรวม (วินาที)	–	ลดลง 6 วินาที
ระยะทางการเคลื่อนไหวยรวม (เมตร)	236.2	235.2
อัตราการทำงานของพนักงานคนที่ 1 (%)	100.0	97.1
อัตราการทำงานของพนักงานคนที่ 2 (%)	–	92.2
อัตราการทำงานของเครื่องจักร (%)	70.7	90.6
จำนวนพนักงานต่อเครื่อง (คน/เครื่อง)	1	2
การเคลื่อนไหวของมือซ้าย-ขวา	ไม่สมดุล	สมดุลมากขึ้น
ลักษณะการจัดวางอุปกรณ์	เอ้ามโกล ซ้ำซ้อน	จัดวางใกล้ตัว

ข้อเสนอแนะ

ผลการวิจัยครั้งนี้เป็นการทดลองในระดับต้นแบบ โดยใช้เครื่องคัดไข่เปิดกึ่งอัตโนมัติมือสองขนาดเล็ก ซึ่งยังมีข้อจำกัดด้านกำลังการผลิต งานวิจัยในอนาคตควรศึกษาการใช้เครื่องจักรที่เหมาะสมกับการใช้งานจริง และประเมินผลเชิงเศรษฐศาสตร์ในระยะยาว

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณผู้ประกอบการธุรกิจฟาร์มเกษตร ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการให้ข้อมูลและเอื้อเฟื้อสถานที่สำหรับใช้เป็นกรณีศึกษาในการดำเนินงานวิจัยครั้งนี้เป็นอย่างยิ่ง ผู้วิจัยขอขอบพระคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์ ที่ให้การสนับสนุนและส่งเสริมด้านทรัพยากรและโอกาสทางการวิจัย อันเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี



References

- Authayarat, W., & Ariyajunya, B. (2021). The application of service design thinking and work study in process improvement of community enterprise manufacture: A case study of granola bar production process [In Thai]. *Naresuan University Engineering Journal*, 16(1), 39–52. <https://doi.org/10.14456/nuej.2021.5>
- Inseemeeesak, B., & Lertkowitz, P. (2024). Improving the efficiency of the production process of automotive part in order to reduce cost [In Thai]. *Journal of Science and Technology Thonburi University*, 8(1), 44-59. <https://ph03.tci-thaijo.org/index.php/trusci/article/view/2498>

- Nilnorasri, N., (2017). *Model and strategy, business operations of ducks egg farm in Photharam, Ratchaburi* [In Thai] [Master's thesis, Silpakorn University]. Silpakorn University Repository. <https://sure.su.ac.th/xmlui/handle/123456789/25865>
- Pantupon, T., Chotibhawaris, T., & Buddeejeen, J. (2021). Improvement of nut and screw placement in warehouse with ABC analysis [In Thai]. *EAU Heritage Journal Science and Technology (Online)*, 15(3), 201–210. <https://he01.tci-thaijo.org/index.php/EAUHJSci/article/view/249752>
- Promkan, R. (2018). Agriculture and management according to lean thinking [In Thai]. *Nakhon Lampang Buddhist College's Journal*, 7(2), 407–418. <https://so04.tci-thaijo.org/index.php/NBJ/article/view/252963>
- Rittirong, J., & Soonthonsmai, V. (2016). The development of entrepreneurship for a small and medium enterprise of organic agricultural producers and distributors under the standard of organic Thailand's brand [In Thai]. *Veridian E-Journal, Silpakorn University*, 9(1), 67–86. <https://he02.tci-thaijo.org/index.php/Veridian-E-Journal/article/view/52722/43768>
- Sejpal, K. (2017). Improving the assembly process of down lighter by using two hand process chart. *International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT)*, 6(4), 204–209. <https://www.ijeat.org/wp-content/uploads/papers/v6i4/D4965046417.pdf>
- Soni, M., & Jana, P. (2020). Right and left hand motion analysis of sewing machine operator. *International Journal of Advanced Research*, 8(7), 942–954. <https://doi.org/10.21474/IJAR01/11356>
- Tantiwong, P., Suksai, K., Raksasombat, N., Duangtho, P., & Jongkol, P. (2022). Application of reach distance data for improving workstation of Korat noodle packing [In Thai]. *EAU Heritage Journal Science and Technology (Online)*, 16(1), 114–126. <https://he01.tci-thaijo.org/index.php/EAUHJSci/article/view/253114>
- Taweeassaraphat, P., & Pasutham, A. (2023). Enhancing efficiency in the administration of sweet corn raw materials promotion and purchase of Majestic Food Industry Co., Ltd [In Thai]. *Journal of MCU Ubon Review*, 8(2), 1397-1408. <https://so06.tci-thaijo.org/index.php/mcjou/article/view/267600/179202>
- Wattanawongwisut, T., Thongsopa, C., & Jongkol, P. (2021). Productivity improvement in rice packing operation [In Thai]. *EAU Heritage Journal Science and Technology (Online)*, 15(3), 164–174. <https://he01.tci-thaijo.org/index.php/EAUHJSci/article/view/248351>



เครื่องอัดกระถางจากขยะอินทรีย์ขนาดเล็กแบบกึ่งอัตโนมัติ

Semi-Automatic Small-Scale Organic Waste Pot Press Machine

นันทพร สุทธิประภา¹

Nanthaporn Sutthiphapa¹

¹คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี

¹Faculty of Science, Ubon Ratchathani Rajabhat University

Received: November 7, 2025

Revised: March 3, 2026

Accepted: March 11, 2026

บทคัดย่อ

การศึกษาวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องอัดกระถางจากขยะอินทรีย์ขนาดเล็กแบบกึ่งอัตโนมัติ เพื่อเป็นทางเลือกในการจัดการขยะอินทรีย์ในมหาวิทยาลัยและลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เครื่องจักรถูกออกแบบโดยใช้โครงสร้างเหล็ก ANSI MC/C ที่มีความแข็งแรงสูง สามารถรับแรงกดได้สูงสุด 12.27 ตัน โดยมีลักษณะเด่นคือขนาดกะทัดรัด เคลื่อนย้ายสะดวก และสามารถถอดประกอบได้ ส่วนด้านความแข็งแรงสามารถทนแรงกดได้ตามวัตถุประสงค์ มีต้นทุนต่อเครื่อง 45,000 บาท ผลการทดสอบประสิทธิภาพการขึ้นรูปพบว่า เส้นใยมะพร้าว เป็นวัสดุที่เหมาะสมที่สุด โดยสภาวะที่เหมาะสมในการอัด คือ อุณหภูมิ 120°C แรงดัน 110.32 bar (1600 psi) และใช้เวลาอัด 90 วินาที ซึ่งให้ผลิตภัณฑ์ที่ยึดเกาะแน่น รูปทรงสมบูรณ์ และไม่มีรอยไหม้ จากการประเมินผลโดยผู้เชี่ยวชาญพบว่าตัวเครื่องมีความเหมาะสมด้านการออกแบบและการใช้งานในระดับดี ด้วยค่าเฉลี่ย 4.44 (SD=0.56) ขณะที่ผลการประเมินจากผู้ใช้งานจริงจากผู้เชี่ยวชาญและนักศึกษาให้คะแนนความพึงพอใจเฉลี่ย 4.51 และ 4.45 (SD=0.60 และ 0.66) โดยระบุว่า ตัวเครื่องมีคู่มือการใช้งานที่เข้าใจง่ายและมีความคุ้มค่าต่อการลงทุน นวัตกรรมนี้ช่วยเพิ่มมูลค่าให้กับเศษวัสดุเหลือทิ้ง เช่น ใบตองและใยมะพร้าว แต่ยังเป็นโมเดลที่มีประสิทธิภาพในการจัดการขยะอย่างเป็นระบบและลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในสถานศึกษาได้อย่างยั่งยืน

คำสำคัญ: การลดก๊าซเรือนกระจก ขยะอินทรีย์ ความยั่งยืน เครื่องอัดกระถางกึ่งอัตโนมัติ เส้นใยมะพร้าว

Abstract

This research aimed to design and construct a semi-automatic, small-scale organic waste pressing machine to provide an alternative for campus-level organic waste management and greenhouse gas reduction. The machine features a high-strength structural design using ANSI MC/C steel, capable of withstanding a maximum compressive load of 12.27 tons. Its key characteristics include a compact size, portability, and a modular design for ease of disassembly. The structure demonstrated mechanical integrity sufficient for its intended purpose, with a production cost of 45,000 THB per unit. The performance testing revealed that coconut fiber was the most suitable material for compression molding. The optimal processing parameters were identified as a temperature of 120°C, a pressure of 110.32 bar (1600 psi), and a pressing duration of 90 seconds. These conditions yielded high-quality with strong fiber adhesion, perfect structural integrity, and no signs of thermal degradation. Expert evaluation regarding the machine's design and functionality resulted in a good level of satisfaction level with a mean score of 4.44 (SD = 0.56). Furthermore, user-end evaluations yielded a mean scores of 4.51 and 4.45 (SD = 0.60, 0.66), highlighting the user-friendly operational manual and the overall cost-effectiveness of the system. This innovation not only facilitates the valorization of agricultural residues, such as banana leaves and coconut coir, but also serves as an efficient model for systematic waste management and environmental sustainability within educational institutions.

Keywords: greenhouse gas mitigation, organic waste, sustainability, semi-automatic pressing machine, coconut fiber



บทนำ

วิกฤตการณ์การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate Change) ที่โลกกำลังเผชิญในปัจจุบัน มีสาเหตุหลักมาจากการสะสมของก๊าซเรือนกระจกจากการทำกิจกรรมของมนุษย์ ส่งผลให้หลายประเทศทั่วโลกกำหนดให้การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเป็นยุทธศาสตร์เร่งด่วน สำหรับประเทศไทย ปัญหานี้ได้รับการบรรจุในแผนยุทธศาสตร์ชาติ และนโยบายการวิจัยแห่งชาติ โดยมุ่งเน้นการหาแนวทางที่เป็นรูปธรรมในการลดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม

ในบริบทของพื้นที่มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี ประสพปัญหาการจัดการขยะที่เพิ่มสูงขึ้นตามจำนวนประชากรนักศึกษา ส่งผลให้ระบบการกำจัดขยะเดิมขาดความสมดุล (imbalance) นำไปสู่ปัญหาด้านทัศนียภาพ สุขอนามัย และภาระค่าใช้จ่ายในการคัดแยกที่สูงขึ้น (Kaewphuang & Iamtumrat, 2021) จากสถิติปี 2566

พบว่า มหาวิทยาลัยมีปริมาณขยะอินทรีย์สูงถึง 21,248 กิโลกรัม (ร้อยละ 15 ของขยะทั้งหมด) (Environmental and Landscape Work, Ubon Ratchathani Rajabhat University, 2023) แม้จะมีการจัดการด้วยการทำเป็นอาหารสัตว์และปุ๋ยหมัก แต่กระบวนการเหล่านั้นยังคงมีข้อจำกัดด้านการใช้พื้นที่จำนวนมากและระยะเวลาในการย่อยสลายที่นานเกินไป

ด้วยเหตุนี้ ผู้วิจัยจึงได้ดำเนินการออกแบบและสร้าง “เครื่องอัดกระถางจากขยะอินทรีย์ขนาดเล็กแบบกึ่งอัตโนมัติ” เพื่อเป็นนวัตกรรมทางเลือกในการจัดการขยะออร์แกนิก โดยมุ่งเน้นการเพิ่มมูลค่าขยะ (waste valorization) ลดข้อจำกัดด้านพื้นที่และเวลา และสร้างระบบการจัดการที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งถือเป็นพื้นฐานสำคัญในการสนับสนุนนโยบายการลดก๊าซเรือนกระจกและผลักดันมหาวิทยาลัยสู่ความยั่งยืนอย่างแท้จริง

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องอัดกระถางจากขยะอินทรีย์ขนาดเล็กแบบกึ่งอัตโนมัติ

แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ทฤษฎีเกี่ยวกับการออกแบบ

1. นิยามของการออกแบบผลิตภัณฑ์ (definition of product design) การออกแบบผลิตภัณฑ์เป็นกระบวนการสร้างสรรค์เพื่อตอบสนองความต้องการทางกายภาพและยกระดับคุณภาพชีวิตของมนุษย์ โดยมุ่งเน้นทั้งด้านฟังก์ชันการใช้งาน (utility) และสุนทรียภาพ (aesthetics) ภายใต้กระบวนการปรับปรุงหรือสร้างสรรค์สิ่งใหม่เพื่อความเหมาะสมในแต่ละบริบท (Keawpan et al., 2020)

2. องค์ประกอบเชิงทัศนศิลป์ในการออกแบบ (elements of design visuals) เพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีความสมบูรณ์ ผู้ออกแบบจำเป็นต้องประยุกต์ใช้หลักการทางศิลปะ (Nimsamer, 2011) ดังนี้ เอกภาพ (unity) ดุลยภาพ (balance) และความสัมพันธ์ทางสุนทรียศาสตร์

3. หลักเกณฑ์การออกแบบผลิตภัณฑ์ 10 ประการ (principles of product design) ในการสร้างผลิตภัณฑ์ที่มีประสิทธิภาพ ผู้ออกแบบต้องพิจารณาเกณฑ์มาตรฐาน 10 ด้าน (Charungchittisunthorn, 2005) ซึ่งสอดคล้องกับการพัฒนาเครื่องอัดกระถาง ดังนี้ หน้าที่ใช้สอย (function) ความงาม (aesthetics) การยศาสตร์ (ergonomics) ความปลอดภัย (safety) โครงสร้าง (construction) ราคา (cost) วัสดุ (materials) กระบวนการผลิต (production) ความง่ายต่อการบำรุงรักษา (ease of maintenance) และการขนส่ง (transportation)

4. การออกแบบแม่พิมพ์และนวัตกรรมการขึ้นรูป (mold design and forming processes)

การประยุกต์ใช้เทคโนโลยี CAD/CAM ในการออกแบบและจำลองชิ้นส่วนแม่พิมพ์ ช่วยให้การผลิตมีความแม่นยำและลดข้อผิดพลาด สำหรับการผลิตภาชนะหรือกระถางจากพอลิเมอร์ธรรมชาติ (bio-polymers) กระบวนการที่นิยมใช้ คือ การอัดขึ้นรูป (compression molding) ซึ่งเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพในการทำให้ชิ้นงานมีความสม่ำเสมอ ลดต้นทุนในการผลิตจำนวนมาก และมีหลักการใกล้เคียงกับการขึ้นรูปพลาสติกทางวิศวกรรม (Boonchouytan et al., 2021)

5. การหาประสิทธิภาพเครื่องอัดขึ้นรูปกระถาง โดยศึกษาประสิทธิภาพ 2 ด้าน ดังต่อไปนี้ (Sawaiamon et al., 2023)

1. ด้านคุณสมบัติของกระถาง

1) ความแข็งแรง (ความไม่สมบูรณ์ของกระถางที่อัดขึ้นรูป)

2) การยุ่ยของกระถางที่อัดขึ้นรูป

3) การไหม้ของกระถางที่อัดขึ้นรูป

2. ด้านขนาดของกระถางแม่พิมพ์ ขนาด 150x110x110 มม. หนา 3 มม. พิกัดความเผื่อ ± 0.2 มม.

ทฤษฎีการขึ้นรูปวัสดุและบรรจุภัณฑ์ชีวภาพ

1. กระบวนการขึ้นรูปเยื่อและวัสดุธรรมชาติ (molded fiber technology) การขึ้นรูปภาชนะ (molded pulp) คือ เทคนิคการเปลี่ยนรูปเยื่อกระดาษหรือเส้นใยธรรมชาติให้เป็นโครงสร้างสามมิติ โดยใช้การกรองผ่านตะแกรงแม่แบบ (screen mold) ซึ่งมีหลักการคล้ายกับการผลิตกระดาษแต่เน้นมิติเชิงลึก

การประยุกต์ใช้: นิยมใช้ผลิตบรรจุภัณฑ์กันกระแทก ภาชนะอาหาร หรือภาชนะที่ใช้แล้วทิ้ง (disposable) เพื่อทดแทนโฟมและพลาสติก

ข้อเด่นเชิงวิศวกรรม: มีอัตราเสี่ยงต่อการติดไฟต่ำ ไม่เกิดไฟฟ้าสถิต และสามารถปรับปรุงคุณสมบัติได้ด้วยการเติมสารเสริม (additives) เช่น สารกันน้ำ สารต้านทานไขมัน (fluorocarbon) หรือสารเพิ่มความแข็งแรงเมื่อเปียก (wet-strength resins) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้งานเฉพาะทาง (Tantrabandit, 2002)

2. ทฤษฎีการขึ้นรูปด้วยความร้อนและความดัน (thermoforming and pressure principles)

กระบวนการขึ้นรูปชิ้นงาน 3 มิติ โดยอาศัยความร้อนเพื่อให้วัสดุ (เช่น แผ่นพลาสติกหรือวัสดุเชิงประกอบ) อ่อนตัวจนมีความยืดหยุ่นคล้ายยาง (rubber-like state) ก่อนจะบังคับให้เข้ารูปตามแม่พิมพ์ โดยมีวิธีหลักที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยดังนี้

2.1 Vacuum Forming: การใช้ระบบสุญญากาศดูดวัสดุให้แนบกับแม่พิมพ์ (ตัวผู้หรือตัวเมีย)

2.2 Pressure Forming: การใช้ลมอัด (compressed air) ดันวัสดุให้ติดแนบกับแม่พิมพ์ด้วยความดันสูง (14.5-300 psi) ซึ่งช่วยให้ชิ้นงานมีรายละเอียดที่คมชัดและลดการเย็นตัวก่อนเข้ารูป

2.3 Mechanical Stretch Forming (plug forming): การใช้แรงกลจากกระบอกลูกสูบไฮดรอลิกอัดวัสดุลงในแม่พิมพ์โดยตรง ซึ่งอาจใช้สุญญากาศหรือความดันร่วมด้วยเพื่อให้ได้รูปทรงที่แม่นยำ (Maturasamontri et al., 2006)

3. การประยุกต์ใช้ในงานวิจัย (research integration) ในการผลิตภาชนะบรรจุที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพ (biodegradable packaging) เทคนิคที่เหมาะสมที่สุด คือ การอัดขึ้นรูปด้วยความร้อน (compression molding) ซึ่งเป็นการผสมผสานระหว่างแรงอัดทางกล (mechanical pressure) และความร้อน (thermal energy) เพื่อให้โครงสร้างของเส้นใยธรรมชาติเกิดการพันธะและยึดเกาะกันอย่างหนาแน่น มีความแข็งแรง และคงรูปทรงตามแม่พิมพ์ที่ออกแบบไว้ (Maturasamontri et al., 2006; Miengarrom & Ketkaew, 2021)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Sawaiamon et al. (2023) ดำเนินการศึกษากการออกแบบและพัฒนาเครื่องอัดขึ้นรูปกระถางจากฟางข้าว โดยใช้ซอฟต์แวร์ช่วยในการออกแบบโครงสร้างเครื่องจักร ขนาด 65x65x130 ซม. ผลการทดสอบประสิทธิภาพการขึ้นรูปจำนวน 9 ครั้ง พบว่า เครื่องสามารถผลิตกระถางที่มีความแม่นยำสูง โดยมีขนาดเฉลี่ยของปากกระถาง 149.67 มม. ก้นกระถาง 109.22 มม. และความหนา 2.74 มม. นอกจากนี้ การวิเคราะห์ความคงตัวของรูปทรง (shape stability) พบว่า กระถางไม่มีการคิ่นตัวหรือบิดเบี้ยวหลังการขึ้นรูป ในด้านการยอมรับของเทคโนโลยี ผลการประเมินจากผู้ใช้งานจริงในพื้นที่จังหวัดสุพรรณบุรีระบุว่ามีความพึงพอใจต่อประสิทธิภาพของเครื่องจักรในระดับดีมาก ($\bar{x}=4.7$ SD=0.49) ซึ่งยืนยันถึงศักยภาพของนวัตกรรมในการจัดการวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรได้อย่างเป็นรูปธรรม

Homkhiew et al. (2023) ศึกษาสมบัติทางกายภาพของกระถางเพาะกล้าไม้ที่ผลิตจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร โดยใช้เทคนิคการอัดขึ้นรูปด้วยระบบไฮดรอลิก (อุณหภูมิ 180°C ความดัน 12.41 MPa ระยะเวลา 20 นาที) ผลการทดสอบเปรียบเทียบอัตราส่วนผสมระหว่างทะลายปาล์มน้ำมันและขี้เลื่อยไม่ยางพาราใน 3 รูปแบบ (50:50 70:30 และ 100:0) พบว่า อัตราส่วน 70:30 เป็นสูตรที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการขึ้นรูป เนื่องจากมีประสิทธิภาพในการดูดซับน้ำสูงที่สุดและมีอัตราการย่อยสลายที่รวดเร็วที่สุดเมื่อเทียบกับสูตรอื่น นอกจากนี้ การทดสอบในสภาวะปลูกจริงแสดงให้เห็นว่า ปริมาณทะลายปาล์มน้ำมันที่สูงกว่าขี้เลื่อยไม่มีผลโดยตรงต่อการเพิ่มความสามารถในการดูดซับน้ำและการเสื่อมสภาพตามธรรมชาติของกระถาง ซึ่งถือเป็นปัจจัยสำคัญต่อการเจริญเติบโตของกล้าไม้และการจัดการด้านสิ่งแวดล้อม

Suwanarat et al. (2021) ได้พัฒนาระบบไฮดรอลิกสำหรับการผลิตกระถางต้นไม้ชีวภาพจากช่อดอกตัวผู้ของปาล์มน้ำมัน โดยตัวเครื่องมีประสิทธิภาพในการขึ้นรูปสูง ใช้เวลาเพียง 1 นาทีต่อหน่วย ผลการศึกษาพบว่า อัตราส่วนผสมระหว่างช่อดอกตัวผู้ของปาล์มน้ำมันและเส้นใยมะพร้าวที่ 95:5 เป็นสูตรที่เหมาะสมที่สุด โดยให้ค่าการย่อยสลายทางชีวภาพอยู่ที่ร้อยละ 26.77 ภายในระยะเวลา 28 วัน นอกจากนี้ กระถางที่ผลิตได้ยังมีคุณสมบัติโดดเด่นในการเป็น “วัสดุปลูกอัจฉริยะ” เนื่องจากสามารถปลดปล่อยธาตุอาหารหลัก (N-P-K) ออกมาสู่ดินได้อย่างต่อเนื่อง (N=2.20% P=0.39% K=2.30%) งานวิจัยนี้จึงเป็นต้นแบบสำคัญในการพัฒนาระบบการเพิ่มมูลค่าวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรให้กลายเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าเพิ่มทางเศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อม

สรุปสังเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาเครื่องอัดขึ้นรูปและวัสดุชีวภาพ สามารถสรุปประเด็นสำคัญได้ ดังนี้

ด้านวิศวกรรมเครื่องจักร: การศึกษาของ Sawaiamon et al. (2023) และ Suwanarat et al. (2021) เน้นการใช้ระบบไฮดรอลิกในการขึ้นรูป ซึ่งมีประสิทธิภาพสูงในด้านความแม่นยำของขนาด (dimensional stability) และใช้ระยะเวลาอัดสั้น (ประมาณ 1 นาทีต่อใบ) อย่างไรก็ตาม เครื่องจักรส่วนใหญ่ยังมีขนาดใหญ่และออกแบบเพื่อการใช้งานเฉพาะทาง

ด้านวัสดุศาสตร์และอัตราส่วนผสม: งานวิจัยของ Homkhiew et al. (2023) ชี้ให้เห็นว่า อุณหภูมิ (180°C) และความดันมีผลอย่างยิ่งต่อสมบัติทางกายภาพ โดยการผสมวัสดุที่ต่างกัน (เช่น ทะลายปาล์มและขี้เลื่อย) ช่วยปรับปรุงอัตราการดูดซับน้ำและการย่อยสลายให้ดีขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับ Suwanarat et al. (2021) ที่พบว่า การผสมเส้นใยมะพร้าวช่วยเพิ่มความแข็งแรงและการปลดปล่อยธาตุอาหาร (N-P-K)

ด้านการยอมรับของผู้ใช้: ทุกงานวิจัยยืนยันว่า นวัตกรรมเครื่องอัดกระถางช่วยเพิ่มมูลค่าวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร (agricultural waste valorization) และได้รับความพึงพอใจจากผู้ใช้งานในระดับ “ดีมาก”

ช่องว่างของงานวิจัย (research gap)

จากการสำรวจพบว่า งานวิจัยในอดีตยังมีข้อจำกัดที่งานวิจัยนี้จะเข้ามาเติมเต็ม

ด้านวัสดุ: ส่วนใหญ่เน้นฟางข้าวหรือวัสดุจากปาล์ม ยังขาดการศึกษาเปรียบเทียบเชิงลึกระหว่าง “ไบตองสด-ไบตองแห้ง-เส้นใยมะพร้าว” ซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งที่หาได้ง่ายในสถานศึกษาและชุมชน

ด้านขนาดและความเหมาะสม: เครื่องจักรส่วนใหญ่ถูกออกแบบเพื่ออุตสาหกรรมหรือชุมชนขนาดใหญ่ ยังไม่มีการพัฒนาเครื่องอัดกระถางขนาดเล็กแบบ “กึ่งอัตโนมัติ” ที่เน้นความคล่องตัว (Portable) และต้นทุนต่ำ ซึ่งเหมาะสมสำหรับใช้เป็นอุปกรณ์ส่งเสริมการเรียนรู้ในสถานศึกษาหรือครัวเรือน

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงได้ทำการศึกษารออกแบบเครื่องอัดกระถางแบบกึ่งอัตโนมัติ ที่ใช้ความดันและอุณหภูมิที่เหมาะสมและประหยัดพลังงานมากกว่า และเน้นวัสดุ “ไบตองและใยมะพร้าว” เพื่อใช้ในบริบทสถานศึกษา ซึ่งยังไม่มีใครทำอย่างครบวงจร

วิธีดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนที่ 1 การออกแบบและสร้างเครื่อง

1. การออกแบบกระถาง จากขยะอินทรีย์ขนาดเล็กแบบกึ่งอัตโนมัติ โดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนแรกเกณฑ์การออกแบบ และส่วนที่ 2 กำหนดรายละเอียดกระถาง ด้วยโปรแกรมเขียนแบบสำเร็จรูปแบบ 3 มิติ โดยมีวิธีการออกแบบดังนี้

1.1 กำหนดเกณฑ์ในการออกแบบ

1) เครื่องมือที่พัฒนาต้องขึ้นรูปกระถางได้เร็วกว่าเครื่องอัดแบบมือหมุน

2) แบบขึ้นรูปกระถางต้องมีลักษณะการใช้งานที่แข็งแรง คงทน

3) แบบที่เคลื่อนย้ายได้สะดวก มีความคงทนต่อแรงกดได้

4) แบบขึ้นรูปต้องมีราคาไม่แพงและหาได้ง่าย ประหยัดพื้นที่ใช้สอย

1.2 กำหนดรายละเอียดในการออกแบบกระถาง โดยมีส่วนประกอบสองส่วน คือ ส่วนแรกแบบกดอัดอยู่ด้านบน และส่วนที่สองแบบฐานรองรับตัวอัดทำหน้าที่รับแรงอัดอยู่ด้านล่าง โดยมีรายละเอียด ดังนี้ (Suwanarat et al., 2021)

1) แม่พิมพ์ตัวเมีย (ตัวรองรับ) ที่ทำหน้าที่อยู่ส่วนบน การออกแบบใช้วัสดุ MC Nylon สามารถรับแรงกดได้ ตัวกดอัดที่อยู่ด้านบนมี 1 ขนาด มีเส้นผ่านศูนย์กลาง

ขอบด้านบน 108 มิลลิเมตร ขอบด้านล่าง 74 มิลลิเมตร สูง 75 มิลลิเมตร ดังภาพ 1 (ก)

2) แม่พิมพ์ตัวผู้ (ตัวกด) ทำหน้าที่รองรับแรงอัดจากตัวกดอัดที่อยู่ส่วนบน จะต้องเป็นวัสดุ MC Nylon สามารถรับน้ำหนักจากตัวกดอัดที่อยู่ด้านบนได้ แบบฐานรองรับตัวอัดทำหน้าที่รับแรงอัดอยู่ด้านล่างต้องมีขนาดใหญ่กว่าตัวกดอัดด้านบน แบบฐานรองรับตัวอัดมี 1 ขนาด ขนาดปากกระถาง ต้นไม้มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 98 มิลลิเมตร ก้นกระถาง 78 มิลลิเมตร และความสูงกระถาง 68 มิลลิเมตร ดังภาพ 1 (ข)

2. สร้างเครื่องอัดกระถาง จากขยะอินทรีย์ขนาดเล็กแบบกึ่งอัตโนมัติ โดยมีวิธีการ ดังนี้

การดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนที่ 1 ออกแบบและสร้างเครื่องอัดกระถาง

1. ศึกษาปัญหาและความต้องการการใช้งานของเครื่องอัดกระถาง

2. ออกแบบส่วนประกอบเครื่อง โดยแบ่งออกได้ 4 ส่วน ดังนี้ (Sawaiamon et al., 2023)

2.1 มอเตอร์ที่ใช้เป็นต้นกำลังของเครื่องอัดขึ้นรูปกระถาง

2.2 ชุดคอนโทรลควบคุมการทำงานของกระบอกสูบ

2.3 กระบอกสูบไฮดรอลิก

2.4 กล้องควบคุมระบบทำความร้อน

2.5 ชุดแม่พิมพ์และชุดลดความร้อนสำหรับอัดขึ้นรูปกระถาง

3. จัดหาวัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการสร้าง

3.1 โครงสร้างเหล็กตัว 3x3.5 ขนาดรวม

500 x 600 x 1000 mm

3.2 กระบอกสูบไฮดรอลิก ขนาดแกน

19 mm แรงอัด 1 ตัน

3.3 ปัมป์ไฮดรอลิก ขนาด 1 ตัน

3.4 แม่พิมพ์ เหล็กชุบแข็ง ขนาด

80x100x70 mm หนา 3 mm

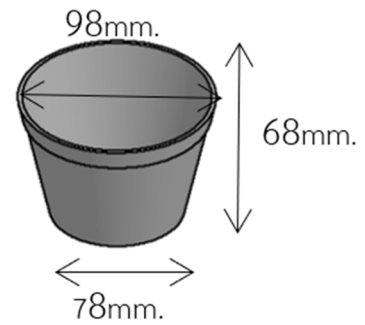
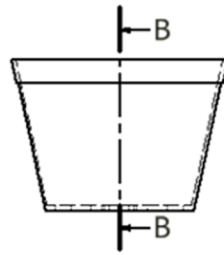
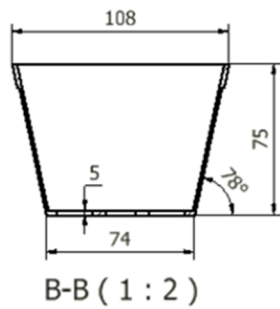
3.5 กล้องควบคุมการทำงานของเครื่องอัด

4. ศึกษาหลักการทำงานของเครื่องอัดกระถาง โดยใช้ไฮดรอลิกรูปแบบต่าง ๆ

5. สร้างเครื่องอัดกระถางต้นแบบตามแบบงานที่กำหนด

6. ประกอบเครื่องอัดกระถาง

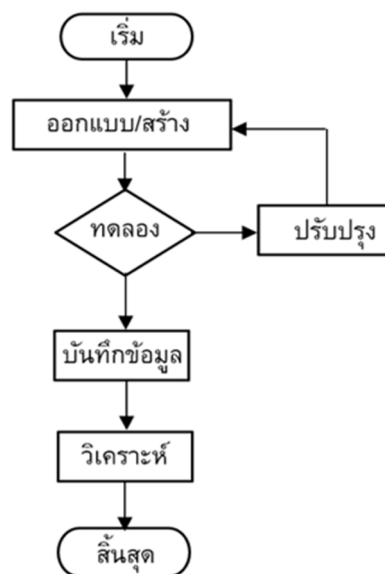
7. ทดลองการใช้งานและบันทึกข้อมูล



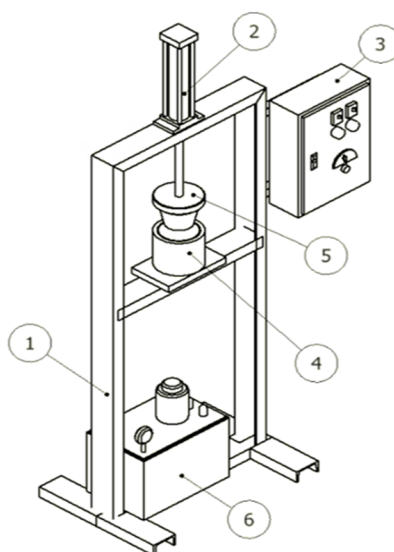
(ก)

(ข)

ภาพ 1 แสดงการออกแบบกระถาง (ก) แม่พิมพ์ตัวเมีย (ข) แม่พิมพ์ตัวผู้



ภาพ 2 การออกแบบเครื่องอัดกระถาง



1. โครงเครื่อง
2. กระบอกไฮดรอลิก
3. กว่คุมการทำงานและควบคุมอุณหภูมิ
4. แม่พิมพ์กระถางตัวล่าง
5. แม่พิมพ์กระถางตัวบน
6. มอเตอร์และปั๊มไฮดรอลิก

(ก)

(ข)

ภาพ 3 แสดงเครื่องอัดกระถางขนาดเล็กแบบกึ่งอัตโนมัติ (ก) ภาพสี (ข) ภาพขาวดำ

ขั้นตอนที่ 2 ศึกษาประสิทธิภาพของเครื่องอัดกระถาง

1. สร้างแบบประเมินประสิทธิภาพของเครื่องอัดกระถางขนาดเล็กแบบกึ่งอัตโนมัติ มีข้อคำถาม 12 ข้อ และมี 2 ด้าน ได้แก่ ด้านการออกแบบและโครงสร้าง และด้านการใช้งาน โดยผู้เชี่ยวชาญด้านเครื่องมือกลอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคอุบลราชธานี และด้านการวัดผลประเมินผล มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี รวมทั้งหมด 3 ท่าน ทำการประเมินแบบประเมินประสิทธิภาพของเครื่องอัดกระถางขนาดเล็กแบบกึ่งอัตโนมัติและได้ค่า IOC เท่ากับ 1.00

2. จัดเตรียมวัสดุที่ใช้ในการทดลองขึ้นรูปกระถาง โดยเตรียมจากขยะอินทรีย์ ได้แก่ โยมะพร้าว ใบตองสด และใบตองแห้ง กำหนดน้ำหนักวัสดุที่ใช้ขึ้นรูปแต่ละครั้ง 30 กรัม ใช้อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 90 วินาที โดยทำการทดลองตามระดับความดันต่าง ๆ ได้แก่ 96.55 103.44 และ 110.32 bar ซึ่งระดับความดันเหล่านี้ได้จากการทดลองการหาแรงกดที่เหมาะสมด้วยการใช้เครื่องอัดกระถางแบบคั่นโยกใช้แรงกดแม่พิมพ์ 1,600 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว (psi)

สูตรการคำนวณหาแรงดัน $\text{psi} = \text{แรง (ปอนด์)} / \text{พื้นที่ (ตารางนิ้ว)}$
Siampressure.com. (2023) โดย

$$1 \text{ psi} = 0.0689 \text{ bar} \quad 14.5 \text{ psi} = 1 \text{ bar}$$

$$1,600 \text{ psi} = 1600 / 14.5 = 110.32 \text{ bar}$$

3. ดำเนินการทดลองใช้งานเครื่องอัดกระถางโดยผู้เชี่ยวชาญประเมิน/ปรับปรุงตามคำแนะนำ คุณสมบัติของผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบเครื่องจักรจากแผนกวิชาช่างกลโรงงานและช่างเชื่อม วิทยาลัยเทคนิคอุบลราชธานี และสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี รวมทั้งหมด 3 ท่าน ซึ่งเป็นคนละกลุ่มกับผู้ประเมินในข้อ 1 โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.1 เปรียบเทียบลักษณะข้อบกพร่องของกระถางหลังการขึ้นรูปโดยใช้เครื่องอัด ได้แก่ ความไม่สมบูรณ์ของกระถาง การยุบของกระถาง และการไหม้ของกระถาง โดยใช้เกณฑ์การรับได้/รับไม่ได้ ซึ่งเกณฑ์การรับได้หรือไม่ได้ พิจารณาจากรูปร่างของกระถาง ความสมบูรณ์ของกระถาง มีรอยไหม้ไม่มากจนทำให้กระถางเสียรูป มีรอยแห้วจนทำให้กระถางไม่สามารถใช้งานได้ วัสดุยุบจน

ขึ้นรูปกระถางไม่ได้ หรือกระถางขึ้นรูปเบี้ยว ขาด วัสดุขึ้นนอกกระถาง เป็นรู เป็นต้น

3.2 ด้านประสิทธิภาพของรูปทรงกระถางหลังการขึ้นรูปโดยใช้เครื่องอัดกระถางแม่แบบโดยปากกระถาง 108 mm ขนาดของก้นกระถาง 74 mm ขนาดความสูงของกระถาง 75 mm และขนาดความหนาของกระถาง 3 mm

4. ประเมินแบบสอบถามการใช้งานเครื่องอัดกระถาง โดยผู้เชี่ยวชาญประเมิน และปรับปรุงตามคำแนะนำ โดยให้เป็นไปตามขั้นตอนและข้อกำหนดต่าง ๆ โดยใช้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 คน ประเมินความสอดคล้องเชิงเนื้อหา (IOC) โดยมีค่าเท่ากับ 1.00 ซึ่งผู้เชี่ยวชาญเป็นชุดเดียวกับข้อ 3 จากนั้นทำการประเมินความพึงพอใจต่อการใช้งาน โดยนักศึกษาระดับปริญญาตรี จำนวน 28 คน

ผลการทดลอง

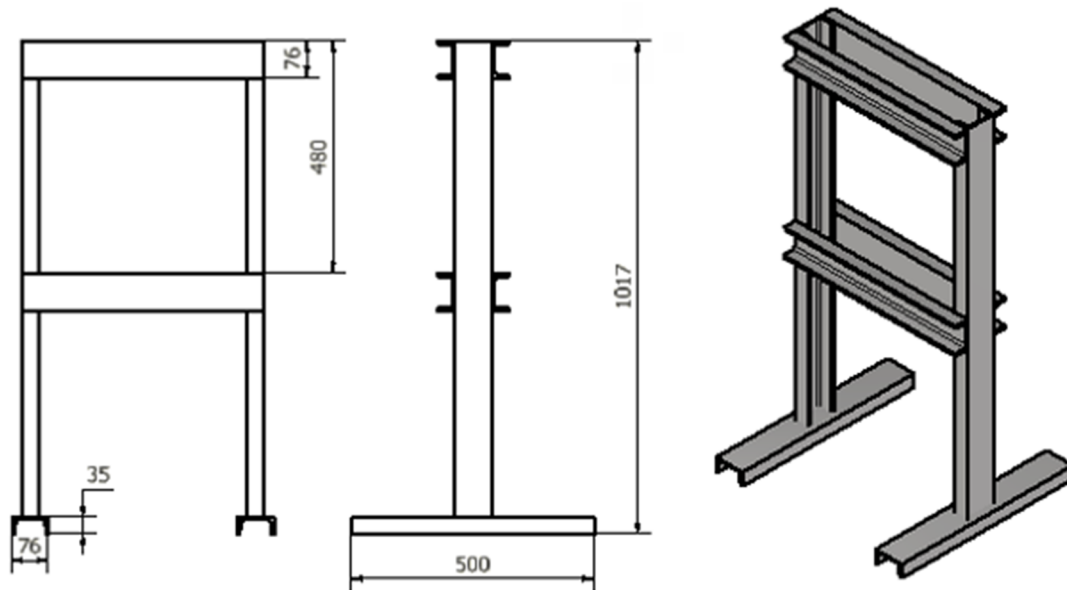
1. ผลการออกแบบโครงสร้างเครื่องอัดกระถางจากขยะอินทรีย์ขนาดเล็กแบบกึ่งอัตโนมัติ

1.1 การออกแบบโครงสร้างเครื่องอัดขึ้นรูปกระถางจากขยะอินทรีย์ขนาดเล็กแบบกึ่งอัตโนมัติ ด้วยโปรแกรมเขียนแบบสำเร็จรูปแบบ 3 มิติ โดยรายละเอียดหัวข้อดังภาพ 4

สรุปได้ว่า การเลือกใช้วัสดุ เหล็ก c3x3.5 มีขนาดและรูปร่างเหมาะสมสามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวก สามารถถอดประกอบได้สะดวก และจัดหาวัสดุได้ตามร้านวัสดุทั่วไป ดังภาพ 5

1.2 ความแข็งแรงในการออกแบบโครงสร้างเครื่องอัดขึ้นรูปกระถางจากขยะอินทรีย์ขนาดเล็กแบบกึ่งอัตโนมัติ ด้วยโปรแกรมเขียนแบบสำเร็จรูปแบบ 3 มิติ ดังภาพ 6 และตาราง 1

จากภาพ 5 ค่าใช้จ่ายวัสดุของเครื่องอัดกระถางแบบกึ่งอัตโนมัติ ณ วันที่ 15 มีนาคม 2568 รวมเครื่องอัดกระถางแบบกึ่งอัตโนมัติ ประมาณ 29,990 บาท ยังไม่รวมค่าแรงและการติดตั้งระบบไฟฟ้า และราคาต้นทุนของเครื่องอัดกระถางแบบกึ่งอัตโนมัติ จำนวน 1 เครื่อง ราคา 45,000 บาท

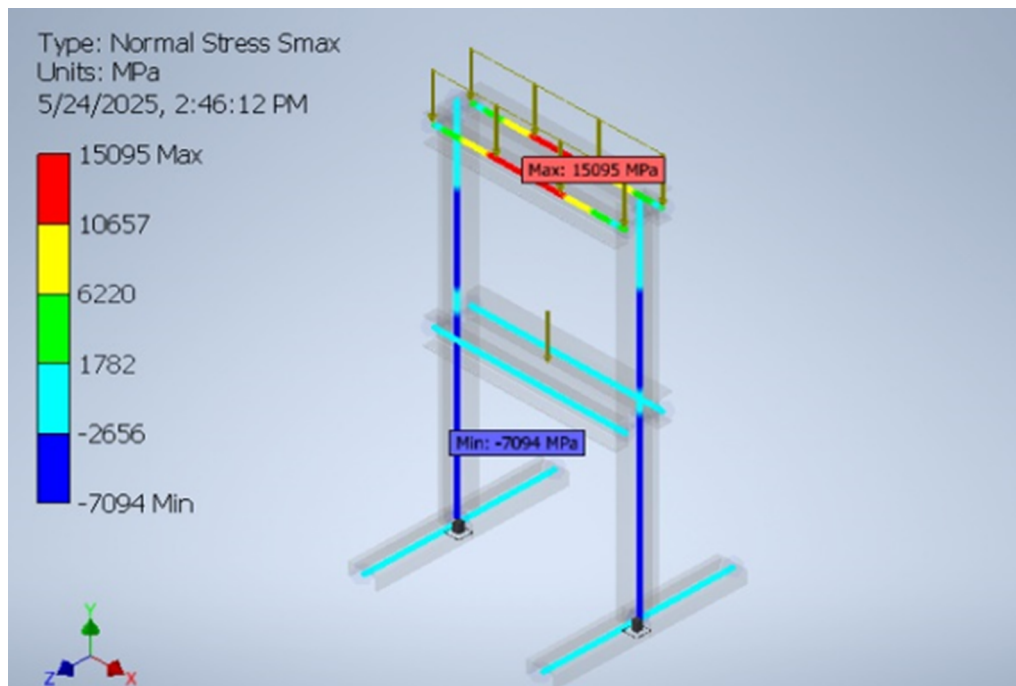


ภาพ 4 การออกแบบโครงสร้างเครื่องอัดกระดาษ

ค่าวัสดุเครื่องอัดกระดาษแบบอัตโนมัติ

ที่	รายการ	จำนวน	หน่วย	ราคา/หน่วย	รวม
1	เหล็กทรง 3 นิ้ว 75x40x5 mm	1	เส้น	1520	1520
2	เหล็กแผ่นกลม 6 นิ้ว x 8 mm	4	แผ่น	230	920
3	เหล็กแผ่นสี่เหลี่ยม 8x8 นิ้ว x 8 mm	2	แผ่น	190	380
4	สกรูตัวหนอน 3/8 นิ้ว	1	เส้น	150	150
5	สกรู-น็อต 3/4 นิ้ว	20	ตัว	15	300
6	สกรู-น็อต 3/8 นิ้ว	20	ตัว	12	240
7	สกรู-น็อต M6x1นิ้ว	15	ตัว	8	120
8	กระบอกไฮดรอลิกส์สองทาง 2 ต้นระยะยึด 350 mm	1	ตัว	2400	2400
9	สายไฮดรอลิกส์ 3/8 นิ้ว	2	เส้น	750	1500
10	ปั๊มไฮดรอลิกส์ AC220V 2 ทาง	1	ตัว	12000	12000
11	น้ำมันไฮดรอลิกส์ 5 ลิตร	1	แกลลอน	800	800
12	ข้อต่อไฮดรอลิกส์ 3/8 นิ้ว	4	ตัว	150	600
13	เพลาลูมิเนียม ขนาดความโต 6 นิ้ว ยาว 5 นิ้ว	2	ท่อน	3240	6480
14	ฮีตเตอร์ทำความร้อนแบบท่อทรงกระบอก 128 mm	1	อัน	1200	1200
15	สายเทอร์โมคัปเปิล 2.5 mm	1	เส้น	400	400
16	ฮีตเตอร์แท่ง 12 mm.	1	อัน	980	980
รวม					29,990

ภาพ 5 ค่าใช้จ่ายวัสดุของเครื่องอัดกระดาษแบบกึ่งอัตโนมัติ



ภาพ 6 การวิเคราะห์ความแข็งแรงจากการออกแบบโครงสร้างเครื่องอัดกระดาษ

ตาราง 1

ผลการวิเคราะห์ความแข็งแรงของโครงสร้างเครื่องอัดขึ้นรูปกระดาษ

ชื่อ	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด
การเคลื่อนที่แรง	0.000 มม.	72.630 มม.
Fx	6619.002 N (0.675 T)	120427.061 N (12.27 T)
Fy	-2500013.555 N	2500013.555 N
Fz	63523.031 N	5000107.664 N
โมเมนต์:		
Mx	-50201798.177 N	262299896.146 N
My	-39445500.424 N	17535987.262 N
Mz	0.000 N m	0.000 N
ความเค้นดก:		
Smax	-7093.757 MPa	15095.031 MPa
Smin	18120.586 MPa	-0.000 MPa
Smax(Mx)	0.000 MPa	15180.555 MPa
Smin(Mx)	15180.555 MPa	0.000 MPa
Smax(My)	-0.000 MPa	5843.179 MPa
Smin(My)	-11018.843 MPa	0.000 MPa
Saxial	-7101.855 MPa	90.224 MPa
ความเค้นเฉือน:		
Tx	-339.346 MPa	18.651 MPa
Ty	-11508.959 MPa	11508.959 MPa
ความเค้นบิด:		
T	0.000 MPa	0.000 MPa

จากตาราง 1 สรุปได้ว่าจากการใช้โปรแกรมออกแบบและเขียนแบบ 3 มิติ เพื่อหาความแข็งแรงของโครงสร้างเครื่องอัดกระถางจากขยะอินทรีย์ขนาดเล็กแบบกึ่งอัตโนมัติโดยใช้วัสดุ เหล็ก ANSI MC/C-U-Shape C3x3.5 ใช้แรงกด 100 N/mm^2 สามารถรับน้ำหนักได้สูงสุด 12.27 ตัน โดยเครื่องอัดกระถางมีน้ำหนัก 70 kg

2. ผลการประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อเครื่องอัดกระถางจากขยะอินทรีย์ขนาดเล็กแบบกึ่งอัตโนมัติ

จากตาราง 3 พบว่า ผลการวิเคราะห์การประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อเครื่องอัดกระถางจากขยะอินทรีย์ขนาดเล็กแบบกึ่งอัตโนมัติโดยเฉลี่ย มีค่าเฉลี่ย 4.44 ($SD=0.56$) โดยด้านการออกแบบและโครงสร้าง ข้อที่มีความคิดเห็นคะแนนมากที่สุด คือ มีความเหมาะสมในการออกแบบ มีความแข็งแรงตามแบบงานที่กำหนด มีความสวยงามและทันสมัย ด้านการใช้งาน ข้อสามารถใช้งานได้จริง มีคู่มือการบำรุงรักษาและข้อควรระวัง มีคะแนนความคิดเห็นมากที่สุด โดยมีคะแนนเฉลี่ย 5.00 ($SD=0.00$) จากแบบประเมินพบว่า เครื่องอัดกระถางขนาดเล็กแบบกึ่ง

อัตโนมัติ มีการออกแบบที่เหมาะสมกับการใช้งาน มีความแข็งแรง สวยงาม ทันสมัย เครื่องสามารถใช้งานได้จริงและมีคู่มือการบำรุงรักษาและข้อควรระวังแก่ผู้ใช้งาน

3. ผลการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องอัดกระถางแบบกึ่งอัตโนมัติโดยใช้วัสดุทดลองแต่ละชนิดแตกต่างกัน

1. ใบตองสด ทำการอัดขึ้นรูปกระถางด้วยแรงดันภายในกระบอกลูกสูบ 96.55 103.44 และ 110.32 bar น้ำหนัก 30 กรัม อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 90 วินาที ผลการทดสอบแสดงดังตาราง 4

ภาพ 7 และ ตาราง 2 พบว่า เครื่องอัดกระถางขนาดเล็กแบบกึ่งอัตโนมัติเมื่อทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพกับเครื่องปั๊มแบบมือโยกมีขนาดใหญ่กว่าเล็กน้อย เครื่องสามารถทำความร้อนได้มากกว่า คือ 0-250 องศาเซลเซียส ใช้กำลังไฟ 2,200 W การสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้ามากกว่า คือ 8-9 บาท/ชม. ความเร็วในการอัดมากกว่าแบบมือโยก คือ 40-60 ต่อชั่วโมง และราคาเครื่องมากกว่า คือ ราคา 45,000 บาท



(ก)



(ข)



ภาพ 7 เครื่องอัดกระถางขนาดเล็กแบบกึ่งอัตโนมัติ (ก) ด้านหน้า (ข) ด้านข้าง

ตาราง 2

แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเครื่องอัดกระถางขนาดเล็กแบบกึ่งอัตโนมัติและเครื่องปั๊มแบบมือโยก

เครื่องอัดกระถางขนาดเล็กแบบกึ่งอัตโนมัติ	เครื่องปั๊มแบบมือโยก
1. ด้านหน้า 50 ซม. สูง 150 ซม.	1. ด้านหน้า 55 ซม. สูง 130 ซม.
2. ด้านกว้าง 80 ซม. สูง 150 ซม.	2. ด้านกว้าง 60 ซม. สูง 130 ซม.
3. อุณหภูมิของเครื่องที่สามารถทำความร้อนได้ 0-250 องศาเซลเซียส	3. อุณหภูมิของเครื่องที่สามารถทำความร้อนได้ 0-200 องศาเซลเซียส
4. กำลังอัด 2 ตัน (ไฮดรอลิกไฟฟ้า)	4. กำลังอัด 4 ตัน (แบบมือโยก)
5. กำลังไฟ 2,200 W	5. กำลังไฟ 1,000 W
6. การสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า 8-9 บาท/ชม.	6. การสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า 3-5 บาท/ชม.
7. ความเร็วในการอัด 40-60 ชิ้นต่อชั่วโมง	7. ความเร็วในการอัด 30-50 ชิ้นต่อชั่วโมง
8. ราคา 45,000 บาท	8. ราคา 39,000 บาท

ตาราง 3

ผลการวิเคราะห์การประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อเครื่องอัดกระถางจากขยะอินทรีย์ขนาดเล็กแบบกึ่งอัตโนมัติ

รายการประเมิน	ผลการประเมิน		
	ค่าเฉลี่ย	SD	แปลผล
1. ด้านการออกแบบและโครงสร้าง			
1) มีความเหมาะสมในการออกแบบ	5.00	0.00	ดีมาก
2) มีความแข็งแรงตามแบบงานที่กำหนด	5.00	0.00	ดีมาก
3) น้ำหนักเหมาะสม	4.00	0.00	ดี
4) ขนาดของเครื่องเหมาะสม	4.00	0.00	ดี
5) มีความสวยงามและทันสมัย	5.00	0.00	ดีมาก
6) วัสดุซ่อมบำรุงหาซื้อได้ตามท้องตลาด	4.33	0.58	ดี
2. ด้านการใช้งาน			
1) การใช้งานง่ายไม่ซับซ้อน	4.33	0.58	ดี
2) สามารถใช้งานได้จริง	5.00	0.00	ดีมาก
3) มีความปลอดภัยในการใช้งาน	4.00	0.00	ดี
4) การเคลื่อนย้ายสะดวก (น้ำหนัก)	3.67	0.58	ดี
5) ปรับเปลี่ยนขนาดแม่พิมพ์ได้หลายขนาด	4.00	0.00	ดี
6) มีคู่มือการบำรุงรักษาและข้อควรระวัง	5.00	0.00	ดีมาก
เฉลี่ย	4.44	0.56	ดี

ตาราง 4

การบันทึกผลการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องอัดกระถางด้วยใบตองสด น้ำหนักวัสดุ 30 กรัม ใช้อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 90 วินาที ที่ระดับแรงดันภายในกระบอกลูกสูบ 96.55 103.44 และ 110.32 bar

แรงดันภายใน กระบอกลูกสูบ (bar)	ผลการทดสอบ			หมายเหตุ
	กระถางหลังอัดขึ้นรูป	ข้อบกพร่องที่รับได้	ข้อบกพร่องที่รับไม่ได้	
1400 psi/ 96.55 bar			✓	- ขอบกระถางค่อนข้างมาก - ขอบกระถางเปิด ไม่แนบชิดกัน
1500 psi/ 103.44 bar		✓		- กระถางเข้ารูปทรงได้ดี - มีร่องรอยการแห้วเล็กน้อย
1600 psi/ 110.32 bar		✓		- กระถางเข้ารูปทรงได้ดี - มีร่องรอยการแห้วเล็กน้อย

จากตาราง 4 ผลการทดสอบการทำงานของเครื่องอัดกระถางที่ทำการอัดขึ้นรูปกระถางด้วยใบตองสด โดยใช้แรงดันภายในกระบอกลูกสูบ 96.55 103.44 และ 110.32 bar น้ำหนัก 30 กรัม อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 90 วินาที จะเห็นว่ากระถางที่อัดขึ้นรูปด้วยแรงดันภายในกระบอกลูกสูบ 103.44 และ 110.32 bar นั้น มีข้อบกพร่องที่สามารถยอมรับได้ เนื่องจากตัวกระถางเข้ารูปทรงได้ดี มีรอยแห้วน้อย เนื้อวัสดุเกาะยึดกันแน่น ไม่เกิดการยุ่ย

แต่กระถางที่อัดขึ้นรูปด้วยแรงดันภายในกระบอกลูกสูบ 96.55 bar นั้น มีข้อบกพร่องที่ไม่สามารถยอมรับได้ เนื่องจากตัวกระถางเข้ารูปทรงได้ไม่ดี เนื้อวัสดุเกาะยึดกันไม่แน่น เกิดการยุ่ย และมีรอยแห้วมาก ดังนั้นค่าแรงดันกระบอกลูกสูบ bar ที่เหมาะสมเท่ากับ 103.44 และ 110.32 bar

2. ใบตองแห้ง ทำการอัดขึ้นรูปกระถางด้วยแรงดันภายในกระบอกลูกสูบ 96.55 103.44 และ 110.32 bar น้ำหนัก 30 กรัม อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 90 วินาที ผลการทดสอบแสดงดังตาราง 5

จากตาราง 5 ผลการทดสอบการทำงานของเครื่องอัดกระถางที่ทำการอัดขึ้นรูปกระถางด้วยใบตองแห้ง โดยใช้แรงดันภายในกระบอกลูกสูบ 96.55 103.44 และ 110.32 bar น้ำหนัก 30 กรัม อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 90 วินาที จะเห็นว่า กระถางที่อัดขึ้นรูปด้วยแรงดันภายในกระบอกลูกสูบขนาด 103.44 และ 110.32 bar นั้น มีข้อบกพร่องที่สามารถยอมรับได้ เนื่องจากตัวกระถางเข้ารูปทรงได้ดี มีรอยแห้วน้อยมาก เนื้อวัสดุเกาะยึดกันแน่น ไม่เกิดการยุ่ย และมีรอยไหม้เพียงเล็กน้อย แต่กระถางที่อัดขึ้นรูปด้วยแรงดันภายในกระบอกลูกสูบขนาด 96.55 bar มีข้อบกพร่องที่ไม่สามารถยอมรับได้ เนื่องจากตัวกระถางเข้ารูปทรงได้ไม่ดี เนื้อวัสดุเกาะยึดกันไม่แน่น เกิดการยุ่ย และมีรอยแห้วมาก ดังนั้น ค่าแรงดันกระบอกลูกสูบ bar ที่เหมาะสมเท่ากับ 103.44 และ 110.32 bar

3. โยมะพร้าว ทำการอัดขึ้นรูปกระถางด้วยด้วยแรงดันภายในกระบอกลูกสูบ 96.55 103.44 และ 110.32 bar น้ำหนัก 30 กรัม อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 90 วินาที ผลการทดสอบแสดงดังตาราง 6

ตาราง 5

การบันทึกผลการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องอัดกระถางด้วยใบตองแห้ง น้ำหนักวัสดุ 30 กรัม ใช้อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 90 วินาที ที่ระดับแรงดันภายในกระบอกลูกสูบ 96.55 103.44 และ 110.32 bar

แรงดันภายใน กระบอกลูกสูบ (bar)	ผลการทดสอบ			หมายเหตุ
	กระถางหลังอัดขึ้นรูป	ข้อบกพร่องที่รับได้	ข้อบกพร่องที่รับไม่ได้	
1400 psi/ 96.55 bar		✓	✓	- ขอบกระถางมีร่องรอยการแตงเล็กน้อย - เนื้อวัสดุเกาะยึดกันแน่น กระถางเข้ารูปทรงได้ดี
1500 psi/ 103.44 bar		✓		- กระถางเข้ารูปทรงได้ดี - เนื้อวัสดุยึดเกาะกันแน่น ไม่ยุ่ย
1600 psi/ 110.32 bar		✓	✓	- กระถางเข้ารูปทรงได้ดี - เนื้อวัสดุยึดเกาะกันแน่น - มีรอยไหม้เล็กน้อย

ตาราง 6

การบันทึกผลการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องอัดกระถางด้วยใยมะพร้าว น้ำหนักวัสดุ 30 กรัม ใช้อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 90 วินาที ที่ระดับแรงดันภายในกระบอกลูกสูบ 96.55 103.44 และ 110.32 bar

แรงดันภายใน กระบอกลูกสูบ (bar)	ผลการทดสอบ			หมายเหตุ
	กระถางหลังอัดขึ้นรูป	ข้อบกพร่องที่รับได้	ข้อบกพร่องที่รับไม่ได้	
1400 psi/ 96.55 bar			✓	- กระถางเข้ารูปทรงได้เล็กน้อย - เนื้อวัสดุยึดเกาะกันไม่แน่นเท่าที่ควร - เนื้อวัสดุยุ่ย
1500 psi/ 103.44 bar			✓	- กระถางเข้ารูปทรงได้ดี - เนื้อวัสดุยุ่ยเล็กน้อย - กระถางมีร่องรอยการแตงเล็กน้อย
1600 psi/ 110.32 bar		✓		- กระถางเข้ารูปทรงได้ดี - เนื้อวัสดุยึดเกาะกันแน่น

จากตาราง 6 ผลการทดสอบการทำงานของเครื่องอัดกระถางที่ทำการอัดขึ้นรูปกระถางด้วยไยมะพร้าวโดยใช้แรงดันภายในกระบอกลูกสูบ 96.55 103.44 และ 110.32 bar น้ำหนัก 30 กรัม อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 90 วินาที จะเห็นว่า กระถางที่อัดขึ้นรูปด้วยแรงดันภายในกระบอกลูกสูบ 110.32 bar นั้น มีข้อบกพร่องที่สามารถยอมรับได้ เนื่องจากตัวกระถางเข้ารูปทรงได้ดี ไม่มีรอยแห้ว เนื้อวัสดุเกาะยึดกันแน่นไม่เกิดการยุ่ย และไม่มีรอยไหม้ แต่กระถางที่อัดขึ้นรูปด้วยแรงดันภายในกระบอกลูกสูบ 96.55 และ 103.44 bar นั้น มีข้อบกพร่องที่ไม่สามารถยอมรับได้ เนื่องจากตัวกระถางเข้ารูปทรงได้ไม่ดี เนื้อวัสดุเกาะยึดกันไม่แน่น เกิดการยุ่ย ขอบกระถางไม่เกาะยึดกัน ดังนั้น ค่าแรงดันกระบอกสูบ bar ที่เหมาะสมเท่ากับ 110.32 bar

จากการทดสอบการอัดขึ้นรูปกระถางจากวัสดุธรรมชาติทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ ใบตองสด ใบตองแห้ง และไยมะพร้าว ด้วยเครื่องอัดขึ้นรูปกระถาง พบว่า แรงดันที่เหมาะสมคือ 110.32 bar โดยวัสดุที่ใช้ในการอัดขึ้นรูปกระถางได้ดีที่สุด คือ ไยมะพร้าว เนื่องจากเป็นวัสดุที่มีขนาดเล็ก และเป็นเส้นใย ส่งผลให้กระถางที่ได้มีการเกาะยึดกันแน่น ไม่มีรอยแห้วหรือไม่สมบูรณ์ อีกทั้งเนื้อวัสดุหลังจากที่ผ่านการอัดขึ้นรูปไม่ยุ่ยเสียรูป รองลงมาคือ กระถางที่อัดขึ้นรูปด้วย

ใบตองสดที่มีเส้นใย จะเห็นว่ากระถางที่ผ่านการขึ้นรูปจะมีรอยแห้วเล็กน้อยบริเวณขอบกระถาง เนื้อวัสดุเกาะยึดกันแต่มีการยุ่ยเล็กน้อย

จากภาพ 8 ตัวอย่างกระถางที่ขึ้นรูปได้ดีที่สุดจากไยมะพร้าว มีปากกระถางเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 110.5 มม. ก้นกระถางเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 77.2 มม. ความสูงของกระถางเฉลี่ย 76.5 มม. และมีความหนาของขอบกระถางเฉลี่ย 2.7 มม. กระถางมีสีน้ำตาลอ่อนจนถึงน้ำตาลเข้ม กระถางขึ้นรูปได้ ผิวสัมผัสกระด้างตามลักษณะของเส้นใย

จากภาพ 9 ตัวอย่างของกระถางที่เกิดข้อบกพร่องของแต่ละวัสดุจากการขึ้นรูปกระถาง โดย (ก) เป็นใบตองสดจะมีร่องรอยการไหม้บริเวณขอบกระถางและรอยแห้ว (ข) เป็นใบตองแห้งจะมีร่องรอยการแห้วบริเวณขอบกระถาง และ (ค) เป็นไยมะพร้าวจะมีร่องรอยการยุ่ยบริเวณขอบกระถางเล็กน้อยและการแห้วก้นกระถาง

จากตาราง 7 สรุปได้ว่า เมื่อเปรียบเทียบขนาดกระถางจากแม่แบบ กระถางจากไยมะพร้าวมีค่าความคลาดเคลื่อนของขนาดน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับใบตองแห้ง และใบตองสด โดยปากกระถาง ก้นกระถาง ความสูง และความหนา มีค่าแตกต่าง 2.5 3.2 1.5 และ 0.3 mm.



(ก)

(ข)

(ค)

ภาพ 8 ตัวอย่างกระถางที่ขึ้นรูปได้ดีที่สุดจากไยมะพร้าว โดยน้ำหนักกระถาง 30 กรัม เวลาที่ใช้ขึ้นรูป 90 วินาที อุณหภูมิที่ใช้ 120 องศาเซลเซียส ความดัน 110.32 bar (ก) ก้นกระถาง (ข) ด้านข้างกระถาง (ค) ปากกระถาง



(ก)

(ข)

(ค)

ภาพ 9 ตัวอย่างกระถางที่เกิดข้อบกพร่องในการขึ้นรูป (ก) ใบตองสดมีร่องรอยการไหม้และแห้ง (ข) ใบตองแห้งมีร่องรอยการแห้ง (ค) โยมะพร้าวมีร่องรอยการยุ่ยและแห้ง

ตาราง 7

การบันทึกผลขนาดกระถางหลังการขึ้นรูปกระถางด้วยเครื่องอัดกระถางขนาดเล็กแบบกึ่งอัตโนมัติ

รายการ	ขนาดกระถางจากแม่แบบ (mm)	ขนาดกระถางเฉลี่ยจากการขึ้นรูป (mm)		
		ใบตองสด	ใบตองแห้ง	โยมะพร้าว
ปากกระถางเส้นผ่านศูนย์กลาง	108	115.3	113.8	110.5
ก้นกระถางเส้นผ่านศูนย์กลาง	74	83.5	80.3	77.2
ความสูงของกระถาง	75	80.7	78.6	76.5
ความหนาของกระถาง	3	3.1	2.8	2.7

4. ผลการศึกษาความพึงพอใจด้านการใช้งานและความรู้จากการใช้เครื่องอัดกระถางจากขยะอินทรีย์ขนาดเล็กแบบกึ่งอัตโนมัติ

ผู้ใช้งานเครื่องอัดกระถางจากขยะอินทรีย์ขนาดเล็กแบบกึ่งอัตโนมัติ ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน และนักศึกษาที่เรียนอยู่ในระดับปริญญาตรี จำนวน 28 คน โดยประเมินความพึงพอใจการใช้งานสรุปได้ดังนี้

จากตาราง 8 พบว่า ผลการวิเคราะห์การประเมินด้านการใช้งานของเครื่องอัดกระถางจากผู้ใช้งานโดยเฉลี่ยมีคะแนนเฉลี่ย 4.51 (SD=0.60) โดยด้านการใช้งาน ข้อที่มีคะแนนมากที่สุดคือ ความเข้าใจง่ายของคู่มือหรือคำแนะนำการใช้งาน โดยมีคะแนนเฉลี่ย 5.00 (SD=0.00) ด้านความรู้ ข้อที่มีคะแนนมากที่สุดคือ ความรู้หลังการถ่ายทอดเทคโนโลยี การนำไปประยุกต์ใช้ในอนาคต โดยมีคะแนนเฉลี่ย 5.00 (SD=0.00) แสดงว่า เครื่องอัดกระถางขนาดเล็กกึ่งอัตโนมัติ มีคู่มือแนะนำการใช้งานที่เข้าใจง่าย

มีความคุ้มค่ากับผลลัพธ์ที่ได้ และผู้ใช้งานเครื่องนี้มีความรู้เพิ่มขึ้นภายหลังการถ่ายทอดเทคโนโลยี และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในอนาคตได้

จากตาราง 9 พบว่า ผลการวิเคราะห์การประเมินด้านการใช้งานของเครื่องอัดกระถางจากผู้ใช้งานโดยเฉลี่ยมีคะแนนเฉลี่ย 4.45 (SD=0.66) โดยด้านการใช้งาน ข้อที่มีคะแนนมากที่สุดคือ ความเข้าใจง่ายของคู่มือหรือคำแนะนำการใช้งาน ความคุ้มค่าของเครื่องจักรเมื่อเทียบกับผลลัพธ์ที่ได้ โดยมีคะแนนเฉลี่ย 4.68 (SD=0.48) ด้านความรู้ ข้อที่มีคะแนนมากที่สุดคือ ความรู้หลังการถ่ายทอดเทคโนโลยี การนำไปประยุกต์ใช้ในอนาคต โดยมีคะแนนเฉลี่ย 4.82 (SD=0.39) แสดงว่า เครื่องอัดกระถางขนาดเล็กกึ่งอัตโนมัติ มีคู่มือแนะนำการใช้งานที่เข้าใจง่าย มีความคุ้มค่ากับผลลัพธ์ที่ได้ และนักศึกษามีความรู้เพิ่มขึ้นภายหลังการถ่ายทอดเทคโนโลยี และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในอนาคตได้

ตาราง 8

ผลการวิเคราะห์การประเมินด้านการใช้งานของเครื่องอัดกระถางจากผู้ใช้งาน (ผู้เชี่ยวชาญ)

รายการประเมิน	ผลการประเมิน		
	ค่าเฉลี่ย	SD	แปลผล
ด้านการใช้งาน			
1) ความสะดวกในการเริ่มต้นใช้งาน	4.33	0.58	ดี
2) ความเข้าใจง่ายของคู่มือหรือคำแนะนำการใช้งาน	5.00	0.00	ดีมาก
3) ความสะดวกในการควบคุมหรือปรับค่าการทำงานของเครื่อง	4.33	0.58	ดี
4) ความแม่นยำในการทำงานของเครื่อง	4.33	0.58	ดี
5) ความรวดเร็วในการทำงานของเครื่อง	4.00	1.00	ดี
6) ความปลอดภัยในการใช้งาน	4.33	0.58	ดี
7) ความทนทานของเครื่องต่อการใช้งานอย่างต่อเนื่อง	4.67	0.58	ดีมาก
8) ความสะดวกในการทำความสะดวกหรือดูแลรักษาเครื่อง	4.67	0.58	ดีมาก
9) ความเหมาะสมของขนาดและรูปร่างของเครื่องกับพื้นที่ปฏิบัติงาน	4.33	1.15	ดี
10) ความคุ้มค่าของเครื่องจักรเมื่อเทียบกับผลลัพธ์ที่ได้	4.67	0.58	ดีมาก
ด้านความรู้			
1) ความรู้ก่อนการถ่ายทอดเทคโนโลยี	4.00	0.00	ดี
2) ความรู้หลังการถ่ายทอดเทคโนโลยี	5.00	0.00	ดีมาก
3) การนำไปประยุกต์ใช้ในอนาคต	5.00	0.00	ดีมาก
เฉลี่ย	4.51	0.60	ดีมาก

ตาราง 9

ผลการวิเคราะห์การประเมินด้านการใช้งานของเครื่องอัดกระถางจากผู้ใช้งาน (นักศึกษา)

รายการประเมิน	ผลการประเมิน		
	ค่าเฉลี่ย	SD	แปลผล
ด้านการใช้งาน			
1) ความสะดวกในการเริ่มต้นใช้งาน	4.46	0.51	ดี
2) ความเข้าใจง่ายของคู่มือหรือคำแนะนำการใช้งาน	4.68	0.55	ดีมาก
3) ความสะดวกในการควบคุมหรือปรับค่าการทำงานของเครื่อง	4.57	0.50	ดีมาก
4) ความแม่นยำในการทำงานของเครื่อง	4.18	0.67	ดี
5) ความรวดเร็วในการทำงานของเครื่อง	4.43	0.69	ดี
6) ความปลอดภัยในการใช้งาน	4.25	0.70	ดี
7) ความทนทานของเครื่องต่อการใช้งานอย่างต่อเนื่อง	4.32	0.72	ดี
8) ความสะดวกในการทำความสะดวกหรือดูแลรักษาเครื่อง	4.43	0.69	ดี

ตาราง 9 (ต่อ)

รายการประเมิน	ผลการประเมิน		
	ค่าเฉลี่ย	SD	แปลผล
9) ความเหมาะสมของขนาดและรูปร่างของเครื่องกับพื้นที่ปฏิบัติงาน	4.50	0.58	ดี
10) ความคุ้มค่าของเครื่องจักรเมื่อเทียบกับผลลัพธ์ที่ได้	4.68	0.48	ดีมาก
ด้านความรู้			
1) ความรู้ก่อนการถ่ายทอดเทคโนโลยี	3.64	0.73	ดี
2) ความรู้หลังการถ่ายทอดเทคโนโลยี	4.82	0.39	ดีมาก
3) การนำไปประยุกต์ใช้ในอนาคต	4.82	0.39	ดีมาก
เฉลี่ย	4.45	0.66	ดี

การอภิปรายผล

ด้านการออกแบบและวิศวกรรมโครงสร้าง จากการออกแบบโครงสร้างเครื่องอัดกระถางโดยใช้เหล็ก ANSI MC/C-U-Shape ขนาด 3x3.5 ซม. พบว่า โครงสร้างมีความแข็งแรงสูง สามารถรองรับแรงกดได้สูงสุดถึง 12.27 ตัน ซึ่งสอดคล้องกับแนวทางการออกแบบของ Sawaiamon et al. (2023) ที่มีการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยออกแบบเพื่อให้ได้ขนาดที่เหมาะสมกับการใช้งาน (65x65x130 ซม.) อย่างไรก็ตาม จุดเด่นที่พัฒนายิ่งขึ้นในงานวิจัยนี้ คือ การออกแบบให้เครื่องมีความคล่องตัว โดยมีน้ำหนักเพียง 70 กิโลกรัม และสามารถถอดประกอบได้ ซึ่งตอบโจทย์การใช้งานในระดับสถานศึกษาและครัวเรือนได้ดีกว่าเครื่องอัดขนาดใหญ่ในอดีต นอกจากนี้ แม้ว่าจะมีต้นทุนการผลิตอยู่ที่ 45,000 บาท ซึ่งสูงกว่าการจัดหาวัสดุเองเนื่องจากรวมค่าแรงและระบบไฟฟ้ากึ่งอัตโนมัติ แต่เมื่อพิจารณาในด้านความคุ้มค่าและความปลอดภัย ตามหลักการของ Charungchittisunthorn (2005) ถือว่า เป็นการลงทุนที่เหมาะสมสำหรับเทคโนโลยีระดับกึ่งอัตโนมัติ

ด้านประสิทธิภาพการขึ้นรูปและคุณสมบัติวัสดุ ผลการทดลองพบว่า เส้นใยมะพร้าวเป็นวัสดุที่เหมาะสมที่สุดในการขึ้นรูป เนื่องจากมีลักษณะเป็นเส้นใยขนาดเล็กที่สร้างพันธะยึดเกาะได้แน่นกว่าใบตองสดและใบตองแห้ง ทำให้ชิ้นงานมีความสมบูรณ์และคงรูปทรงได้ดี สอดคล้องกับงานวิจัยของ Suwanarat et al. (2021) ที่ระบุว่า เส้นใยมะพร้าวเป็นส่วนผสมหลักที่ช่วยเพิ่มความแข็งแรง

และการยึดเกาะให้กับกระถางชีวภาพ ในส่วนของสภาวะที่เหมาะสม งานวิจัยนี้ใช้แรงดันที่ 110.32 bar (1600 psi) ซึ่งต่ำกว่าแรงดันในงานของ Homkhiew et al. (2023) ที่ใช้ 12.41 MPa (ประมาณ 124 bar) เล็กน้อย แต่ผลลัพธ์ที่ได้จากแรงดัน 110.32 bar ในงานนี้สามารถทำให้เส้นใยมะพร้าว 100% ยึดเกาะกันได้โดยไม่เสียรูปทรงและไม่เกิดรอยไหม้ แสดงให้เห็นว่าแรงดันในระดับนี้เพียงพอต่อการสร้างแรงอัดที่สม่ำเสมอในระบบกึ่งอัตโนมัติ

มาตรฐานการออกแบบและคุณภาพทางวิศวกรรม จากการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญซึ่งมีค่าเฉลี่ยสูงถึง 4.44 (SD=0.56) ยืนยันว่าเครื่องอัดกระถางที่พัฒนาขึ้นมีความเหมาะสมทั้งในด้านฟังก์ชันการใช้งาน และสุนทรียภาพ สอดคล้องกับหลักการของ Charungchittisunthorn (2005) ที่ระบุว่า ผลิตภัณฑ์ที่ดีต้องประกอบด้วยความแข็งแรง โครงสร้างที่เหมาะสม และความสวยงามทันสมัยเพื่อสร้างความประทับใจแก่ผู้ใช้ นอกจากนี้ การที่ผู้เชี่ยวชาญให้คะแนนด้านความแข็งแรงสอดคล้องกับผลการทดสอบเชิงโครงสร้างที่ตัวเครื่องสามารถรองรับแรงกดได้ถึง 12.27 ตัน ซึ่งเป็นไปตามแนวทางการออกแบบเครื่องจักรกลขนาดเล็กที่มีประสิทธิภาพสูง เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Sawaiamon et al. (2023) ที่เน้นความแม่นยำในการออกแบบโครงสร้างด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป

การตอบสนองต่อผู้ใช้งานและการถ่ายทอดเทคโนโลยี ผลการประเมินจากผู้ใช้งานจากผู้เชี่ยวชาญและนักศึกษาที่มีค่าเฉลี่ย 4.51 และ 4.45 (SD =0.60 0.66)

สะท้อนให้เห็นว่าเครื่องอัดกระถางนี้มี การยศาสตร์ที่ดี และใช้งานง่าย โดยเฉพาะประเด็นเรื่องคู่มือแนะนำการ ใช้งานที่เข้าใจง่าย ซึ่งถือเป็นจุดแข็งสำคัญในการถ่ายทอด เทคโนโลยี สอดคล้องกับงานวิจัยของ Suwanarat et al. (2021) ที่ชี้ให้เห็นว่านวัตกรรมที่มีความซับซ้อนน้อยและมีคู่มือการใช้งานที่ชัดเจนจะช่วยให้ผู้ใช้เกิดการเรียนรู้และ ยอมรับนวัตกรรมได้รวดเร็วขึ้น ส่งผลให้ผู้ใช้งานมีความรู้ ความเข้าใจและเห็นถึงคุณค่าของผลลัพธ์ที่ได้จากการ เปลี่ยนขยะอินทรีย์ให้เป็นผลิตภัณฑ์มูลค่าเพิ่ม

ความคุ้มค่าและโอกาสในการประยุกต์ใช้ใน อนาคต การที่ผู้ใช้งานมองว่านวัตกรรมนี้ “คุ้มค่ากับผลลัพธ์ ที่ได้” และ “สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในอนาคตได้” แสดงให้เห็นว่า เครื่องอัดกระถางกึ่งอัตโนมัติชุดนี้สามารถตอบ โจทย์ปัญหาสิ่งแวดล้อมในระดับมหาวิทยาลัยได้จริงตาม หลัก เศรษฐกิจหมุนเวียน (circular economy) โดยการ ลดระยะเวลาและพื้นที่ในการจัดการขยะอินทรีย์ (ใบไม้ และเศษอาหาร) เมื่อเทียบกับการทำปุ๋ยหมักแบบเดิมซึ่งใช้ เวลานานและพื้นที่มาก ยืนยันได้ว่านวัตกรรมนี้มีศักยภาพ ในการขยายผลเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในระดับ ชุมชนหรือสถานศึกษาอื่น ๆ ได้อย่างยั่งยืน

สรุปผลการวิจัย

ด้านประสิทธิภาพเครื่องจักร โครงสร้างเครื่องจักร ที่ผลิตจากเหล็ก ANSI MC/C มีความแข็งแรงสูง รองรับ แรงกดได้สูงสุด 12.27 ตัน โดยมีต้นทุนการผลิต 45,000 บาท ตัวเครื่องออกแบบมาให้มีน้ำหนักเบา (70 กิโลกรัม) สามารถถอดประกอบและเคลื่อนย้ายได้สะดวก เหมาะ สำหรับการใช้งานในสถานศึกษา

ด้านวัสดุศาสตร์ จากการทดสอบเปรียบเทียบ วัสดุ 3 ชนิด พบว่า เส้นใยมะพร้าว เป็นวัสดุที่เหมาะสม ที่สุดสำหรับการอัดขึ้นรูป โดยสภาวะที่เหมาะสมที่สุด คือ แรงดัน 110.32 bar (1600 PSI) อุณหภูมิ 120°C และ ระยะเวลาอัด 90 วินาที ซึ่งให้ผลิตภัณฑ์ที่มีความหนาแน่น สูง รูปทรงสมบูรณ์ และไม่มีรอยไหม้

ด้านสังคม ผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ ($\bar{x}$ = 4.44) และผู้ใช้งานจริง ($\bar{x}$ = 4.45) ยืนยันว่า นวัตกรรมนี้มีดีไซน์ที่ ทันสมัย ใช้งานง่ายผ่านคู่มือที่เข้าใจง่าย และเป็นแนวทางที่

มีประสิทธิภาพในการจัดการขยะอินทรีย์เพื่อลดการปล่อย ก๊าซเรือนกระจกภายในมหาวิทยาลัย

ข้อจำกัดของงานวิจัย

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ยังมีข้อจำกัดบางประการ ที่ควรพิจารณา เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับผู้สนใจนำไปพัฒนา ต่อ ยอด

การทดสอบความทนทานในระยะยาว งานวิจัย นี้ยังไม่มี การทดสอบความคงทนและการรักษาคุณภาพของ กระถางหลังจากการใช้งานจริงในสภาวะแวดล้อมต่าง ๆ เช่น การทนต่อความชื้นสะสมจากการรดน้ำติดต่อกันเป็น เวลานาน หรือการทนต่อแสงแดดจัด

ความหลากหลายของส่วนผสมวัสดุ การศึกษา ครั้งนี้เน้นการใช้ใบตองและใยมะพร้าวเป็นหลัก ยังไม่ได้ ทำการทดลองผสมวัสดุหลายชนิดเข้าด้วยกันหรือการใช้ สารประสานชีวภาพเพื่อเพิ่มความแข็งแรงในระดับที่สูงขึ้น

การวิเคราะห์ทางเคมีและชีวภาพ งานวิจัยนี้เน้น สมบัติทางกายภาพและการขึ้นรูป ยังไม่ได้ทำการวิเคราะห์ ปริมาณธาตุอาหารที่พืชจะได้รับ หรือศึกษาอัตราการย่อย สลายที่แน่นชัดในดินแต่ละประเภท

ข้อเสนอแนะ

1. ผู้ใช้งานควรศึกษาคู่มือการบำรุงรักษาอย่าง ครบถ้วน โดยเฉพาะการตรวจสอบระบบไฮดรอลิกและ อุณหภูมิของแม่พิมพ์ เพื่อป้องกันอุบัติเหตุและยืดอายุการ ใช้งานของเครื่องจักร
2. สถานศึกษาหรือวิสาหกิจชุมชนสามารถนำ เครื่องอัดรุ่นนี้ไปใช้เป็นต้นแบบในการผลิตภาชนะจากวัสดุ อินทรีย์อื่น ๆ ที่มีในท้องถิ่น เพื่อสร้างอาชีพและลดปริมาณ ขยะในชุมชนอย่างยั่งยืน
3. ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับอัตราการย่อย สลายของกระถาง เมื่ออยู่ในดินในสภาพภูมิอากาศที่ต่างกัน รวมถึงการวิเคราะห์ธาตุอาหาร (N-P-K) ที่พืชจะได้รับเมื่อ กระถางย่อยสลาย

4. ควรทดลองผสมวัสดุหลายชนิดร่วมกัน เช่น ใบตองผสมโยมะพร้าว หรือการใช้สารยึดเกาะธรรมชาติ เช่น แป้งมันสำปะหลัง หรือกาวจากยางพารา เพื่อเพิ่มความแข็งแรงและการกันน้ำให้ดียิ่งขึ้น

5. ควรมีการทดสอบอายุการใช้งานของกระถาง ภายใต้สภาวะการใช้งานจริง เช่น การรดน้ำวันละ 2 ครั้ง และการวางไว้มากกลางแจ้ง เพื่อดูขีดจำกัดของวัสดุก่อนที่กระถางจะเสียรูปทรง

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี ที่ได้ให้ทุนสนับสนุนอาจารย์ประจำปีงบประมาณ 2567 และวิทยาลัยเทคนิคอุบลราชธานีที่ให้ความอนุเคราะห์ต่อวงจรไฟฟ้าของเครื่องอัดกระถางแบบกึ่งอัตโนมัติในครั้งนี้



References

- Boonchouytan, W., Homkhiew, C., & Cheewawuttipong, W. (2021). The development of splitting flesh and fibers palmyra fruit machine [In Thai]. *Wichcha Journal Nakhon Si Thammarat Rajabhat University*, 40(1), 76–90. <https://li01.tci-thaijo.org/index.php/wichcha/article/view/249835>
- Charungchittisunthorn, W. (2005). *Theory & concept of design* [In Thai]. Appa Printing Group.
- Environmental and Landscape Work, Ubon Ratchathani Rajabhat University. (2023). *Organic waste volume for 2023* [In Thai] [Unpublished raw data].
- Homkhiew, C., Thammachot, N., & Boonchouytan, W. (2023). Development of biodegradable pots from wastes of cockle mushroom cultivation [In Thai]. *Wichcha Journal Nakhon Si Thammarat Rajabhat University*, 42(1), 77–92. <https://doi.org/10.65217/wichchajnsru.2023.v42i1.256634>
- Keawpan, T., Itsaranuwat, S., & Plangnok, J. (2020). Principles and concepts in product design. *Journal of Humanities and Social Sciences Surin Rajabhat University*, 22(2), 161-182. <https://so03.tci-thaijo.org/index.php/jhssru/article/view/248733/168903>
- Kaewphuang, P., & Iamtumrat, T. (2021). *The development of a waste sorting model at building 3* [In Thai] [Bachelor's thesis, Ubon Ratchathani Rajabhat University]. Ubon Ratchathani Rajabhat University Library.
- Maturasamontri, C., Saengsawang, C., Angthong, S., & Angboonta, P. (2006). *Single screw oil press for plant seeds* [In Thai]. Rajamangala University of Technology Thanyaburi.
- Miengarrom, T., & Ketkaew, T. (2021). *The development of molding machine for food packaging from natural materials* [In Thai]. Dhonburi Rajabhat University.
- Nimsamer, C. (2011). *Composition of art* [In Thai]. Amarin.

- Sawaiamon, A., Khotmanee, W., & Muangjaroen, S. (2023). The design and construction of a shape-shifter compression machine with rice straw [In Thai]. *Journal of Science and Technology Thonburi University*, 7(1), 78–87. <https://ph03.tci-thaijo.org/index.php/trusci/article/view/693>
- Siampressure.com. (2023). The common unit of pressure measurement is PSI (pounds per square inch) [In Thai]. <https://siampressure.com/psi-pressure-unit/>
- Suwanarat, Y., Masong, P., & Chanphong, T. (2021). *Development of a molding tool for pot forming and production of plant pots from oil palm male inflorescences* [In Thai]. Rajamangala University of Technology Phra Nakhon.
- Tantrabandit, M. (2002). *Materials engineering* (9th ed.) [In Thai]. Technology Promotion Association (Thailand-Japan).



การพัฒนาแนวทางการพยาบาลในการป้องกัน การติดเชื้อดื้อยาที่ควบคุมพิเศษ

Development of Nursing Practice Guidelines for the Prevention of Specially Controlled Drug-Resistant Infections

ชลิดา เกียรติดิตรัฐ¹ และจันทนา ฌหทัยโกคิน^{2*}

Chalida Kaitdilokrat¹ and Janthana Nahathaiphokin^{2*}

¹โรงพยาบาลสมเด็จพระสังฆราชองค์ที่ 19

¹Somdet Phra Sangharaja 19 Hospital

²วิทยาลัยพยาบาลบรมราชชนนี จักรีราช

²Boromarajonani College of Nursing Chakiraj

*Corresponding author: jantana@ckr.ac.th

Received: December 16, 2025

Revised: March 11, 2026

Accepted: March 19, 2026

บทคัดย่อ

การติดเชื้อดื้อยาที่ควบคุมพิเศษเป็นปัญหาสำคัญของระบบบริการสุขภาพ เนื่องจากส่งผลกระทบต่อความปลอดภัยของผู้ป่วยเพิ่มระยะเวลาการรักษา และเพิ่มภาระค่าใช้จ่ายของโรงพยาบาล การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแนวทางการพยาบาลในการป้องกันการติดเชื้อดื้อยาที่ควบคุมพิเศษในโรงพยาบาลสมเด็จพระสังฆราชองค์ที่ 19 การวิจัยเป็นการวิจัยเชิงพัฒนา ดำเนินการตามวงจรเดมมิง (Deming Cycle: PDCA) กลุ่มตัวอย่างเป็นพยาบาลวิชาชีพที่ปฏิบัติงานในหอผู้ป่วยรับไว้ค้างคืน จำนวน 50 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แบบทดสอบความรู้ แบบประเมินการปฏิบัติตามแนวทางการพยาบาล และแบบสอบถามความพึงพอใจต่อแนวทางที่พัฒนาขึ้น เครื่องมือผ่านการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาโดยผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่าน ค่า IOC อยู่ระหว่าง 0.67–1.00 และมีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.84 วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา และสถิติ Wilcoxon Signed-Ranks Test ผลการศึกษาพบว่า ภายหลังจากนำแนวทางการพยาบาล CHALIDA ไปใช้ พยาบาลมีคะแนนความรู้เกี่ยวกับการป้องกันการแพร่กระจายเชื้อดื้อยาที่ควบคุมพิเศษสูงกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($Z=-4.675$ $p<.001$) ระดับการปฏิบัติตามแนวทางโดยรวมอยู่ในระดับดี และความพึงพอใจต่อแนวทางการพยาบาลอยู่ในระดับมาก ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่า แนวทางการพยาบาลที่พัฒนาขึ้นสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการส่งเสริมความรู้และการปฏิบัติของพยาบาลในการป้องกันการแพร่กระจายเชื้อดื้อยาที่ควบคุมพิเศษในโรงพยาบาลได้ ดังนั้นหน่วยงานด้านการพยาบาลและคณะกรรมการควบคุมการติดเชื้อสามารถนำแนวทางดังกล่าวไปประยุกต์ใช้ในการพัฒนาระบบการป้องกันและควบคุมการติดเชื้อในหน่วยงาน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการป้องกันการแพร่กระจายเชื้อดื้อยาในสถานพยาบาล

คำสำคัญ: แนวทางการพยาบาล การติดเชื้อดื้อยาที่ควบคุมพิเศษ การป้องกันการติดเชื้อ พยาบาลวิชาชีพ

Abstract

Drug-resistant infections requiring special control represent a major challenge to healthcare systems, as they compromise patient safety, prolong hospital stays, and increase healthcare costs. This study aimed to develop nursing practice guidelines for the prevention of specially controlled drug-resistant infections at Somdet Phra Sangharaja Hospital No. 19. A developmental research design based on the Deming Cycle (Plan–Do–Check–Act: PDCA) was employed. The study sample consisted of 50 registered nurses working in inpatient wards. Research instruments included a knowledge test, a nursing practice assessment form, and a satisfaction questionnaire regarding the developed guidelines. Content validity was assessed by three experts, yielding Index of Item–Objective Congruence: IOC values ranging from 0.67 to 1.00. The reliability coefficient of the instruments was 0.84. Data were analyzed using descriptive statistics and the Wilcoxon Signed-Rank Test. The results indicated that, following the implementation of the CHALIDA nursing practice guidelines, nurses' knowledge scores regarding the prevention of specially controlled drug-resistant infections were significantly higher than those measured before implementation ($Z=-4.675$ $p<.001$). The overall level of nursing practice was rated as good, while satisfaction with the developed guidelines was reported at a high level. These findings suggest that the developed nursing practice guidelines can effectively enhance nurses' knowledge and practices related to the prevention of specially controlled drug-resistant infections. Therefore, nursing departments and infection prevention and control committees may consider adopting these guidelines to strengthen infection prevention and control measures in healthcare settings.

Keywords: nursing practice guideline development, drug-resistant infections under special control, infection prevention, registered nurses



บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การดื้อยาต้านจุลชีพ (Antimicrobial resistance: AMR) เป็นหนึ่งในภัยคุกคามสำคัญต่อระบบสุขภาพทั่วโลก เนื่องจากส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพในการรักษาโรคติดเชื้อ ความปลอดภัยของผู้ป่วย และภาระค่าใช้จ่ายของระบบบริการสุขภาพ (Murray et al., 2022; World Health Organization [WHO], 2022) การติดเชื้อจากเชื้อดื้อยาหลายขนาน (Multidrug-Resistant Organisms: MDROs) เป็นสาเหตุสำคัญของการติดเชื้อในโรงพยาบาล โดยเชื้อดื้อยาที่พบได้บ่อยในสถานพยาบาล ได้แก่ อะซิเนโตแบคทีเรีย สปีชีส์ฟลูลัส (*Acinetobacter* spp.) ซีวโดโมนาส เอรูจินอซา (*Pseudomonas aeruginosa*) และเอนเทอโรแบคทีเรีย เอซีอี (Enterobacteriaceae) ที่ดื้อต่อยาคาร์บาเพเนม

(Carbapenem-resistant Enterobacteriaceae: CRE) ซึ่งเป็นเชื้อที่พบได้บ่อยในผู้ป่วยในของโรงพยาบาล นอกจากนี้ยังพบเชื้อที่สร้างเอนไซม์ เอ็กซ์เทนเด็ด-สเปกตรัม เบต้า-แลกแทมเมส (Extended-Spectrum Beta-Lactamase: ESBL) โดยเฉพาะในกลุ่ม โปรติวซิง เอนเทอโรแบคทีเรีย เอซีอี (ESBL-producing Enterobacteriaceae) ซึ่งเชื้อที่พบบ่อย ได้แก่ เคลบซิเอลล่า นิวโมนีอี (*Klebsiella pneumoniae*) และเอสเชอริคิ อาโคไล (*Escherichia coli: E. coli*) เชื้อเหล่านี้สามารถแพร่กระจายได้ง่ายในสถานพยาบาลผ่านการสัมผัสระหว่างผู้ป่วย บุคลากรทางการแพทย์ และสิ่งแวดล้อมรอบผู้ป่วย (Cassini et al., 2019; Tacconelli et al., 2018)

ปัญหาการติดเชื้อดื้อยาต้านจุลชีพมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยมีรายงานว่า การติดเชื้อจากเชื้อดื้อยามีส่วนเกี่ยวข้องกับการเสียชีวิตทั่วโลกมากกว่า 1.27 ล้านราย

ต่อปี และมีผู้เสียชีวิตที่เกี่ยวข้องกับการติดเชื้อดื้อยามากถึง 4.95 ล้านรายต่อปี (Murray et al., 2022) นอกจากนี้ องค์การอนามัยโลกยังระบุว่าหากไม่มีมาตรการควบคุมที่มีประสิทธิภาพ จำนวนผู้เสียชีวิตจากเชื้อดื้อยาอาจเพิ่มสูงถึง 10 ล้านรายต่อปีภายในปี ค.ศ. 2050 (WHO, 2022) สำหรับประเทศไทย ข้อมูลจากระบบเฝ้าระวังเชื้อดื้อยาต้านจุลชีพระดับประเทศ (National Antimicrobial Resistance Surveillance Thailand: NARST) พบว่า เชื้อ *Acinetobacter* spp., *Pseudomonas aeruginosa* และ *Enterobacteriaceae* ที่ดื้อต่อยาคาร์บาเพเนม มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในผู้ป่วยที่เข้ารับการรักษาในโรงพยาบาล ซึ่งส่งผลให้ผู้ป่วยมีระยะเวลาการรักษานานขึ้นและเพิ่มภาระค่าใช้จ่ายของระบบบริการสุขภาพ (Thailand National Strategic Plan on Antimicrobial Resistance Committee, 2017)

ผลกระทบของการติดเชื้อดื้อยาไม่เพียงส่งผลต่อผู้ป่วยเท่านั้น แต่ยังส่งผลต่อระบบบริการสุขภาพในภาพรวม โดยเพิ่มความซับซ้อนในการรักษา การใช้ยาต้านจุลชีพชนิดสำรอง และการเพิ่มความเสี่ยงของการแพร่กระจายเชื้อในสถานพยาบาล (Dadgostar, 2019; Prestinaci et al., 2015) ด้วยเหตุนี้ องค์การอนามัยโลกและศูนย์ควบคุมและป้องกันโรคแห่งสหรัฐอเมริกาจึงได้เสนอแนวทางการควบคุมการติดเชื้อแบบบูรณาการ เช่น การปฏิบัติตาม Standard Precautions และ Transmission-Based Precautions การล้างมืออย่างถูกวิธี การใช้เครื่องป้องกันส่วนบุคคล การแยกผู้ป่วย และการจัดการสิ่งแวดล้อม (Centers for Disease Control and Prevention [CDC], 2023) นอกจากนี้ แนวคิด multimodal strategy ซึ่งประกอบด้วย การให้ความรู้แก่บุคลากร การปรับระบบการทำงาน และการติดตามประเมินผลอย่างต่อเนื่อง ยังถูกเสนอว่าเป็นแนวทางที่มีประสิทธิภาพในการควบคุมการแพร่กระจายของเชื้อดื้อยาในสถานพยาบาล (Tartari et al., 2021)

แม้ว่าจะมีแนวทางการควบคุมการติดเชื้อที่ชัดเจน แต่การนำแนวทางดังกล่าวไปใช้ในสถานพยาบาลยังคงเผชิญกับข้อจำกัดหลายประการ เช่น ความแตกต่างของบริบทหน่วยงาน ภาระงานของบุคลากร ความเข้าใจในมาตรการควบคุมการติดเชื้อ และการขาดระบบสนับสนุนที่เหมาะสม ซึ่งอาจส่งผลให้การปฏิบัติตามแนวทางไม่เป็น

ไปอย่างสม่ำเสมอ (Gould et al., 2017)

โรงพยาบาลสมเด็จพระสังฆราชองค์ที่ 19 เป็นโรงพยาบาลชุมชนขนาด 120 เตียง จากรายงานการเฝ้าระวังการติดเชื้อในโรงพยาบาลพบว่า อัตราการติดเชื้อในโรงพยาบาล และการตรวจพบเชื้อดื้อยามีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะเชื้อดื้อยาที่สำคัญ ได้แก่ *Acinetobacter baumannii*, *Pseudomonas aeruginosa* และ *Carbapenem-resistant Enterobacteriaceae* นอกจากนี้ จากการประเมินการปฏิบัติตามมาตรการป้องกันการแพร่กระจายเชื้อ พบว่า การปฏิบัติตามแนวทางยังต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ สะท้อนให้เห็นถึงช่องว่างในการนำแนวปฏิบัติไปใช้จริงในหน่วยงาน (Somdet Phra Sangharaja 19 Hospital, 2023)

ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจในการพัฒนาแนวทางการพยาบาลในการป้องกันการติดเชื้อดื้อยาที่ควบคุมพิเศษในโรงพยาบาล โดยมุ่งเน้นการพัฒนาแนวทางที่มีความชัดเจน สอดคล้องกับบริบทของหน่วยงาน และสามารถนำไปใช้ได้จริง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการป้องกันและควบคุมการแพร่กระจายเชื้อดื้อยาในสถานพยาบาล อันจะนำไปสู่การเพิ่มความปลอดภัยของผู้ป่วยและบุคลากรทางการแพทย์ในระยะยาว

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาสถานการณ์แนวทางการพยาบาลในการป้องกันการติดเชื้อดื้อยาที่ควบคุมพิเศษ ในโรงพยาบาล
2. เพื่อพัฒนาแนวทางการพยาบาลในการป้องกันการติดเชื้อดื้อยาที่ควบคุมพิเศษในโรงพยาบาล
3. เพื่อประเมินผลของการใช้แนวทางการพยาบาลในการป้องกันการติดเชื้อดื้อยาที่ควบคุมพิเศษในโรงพยาบาล

นิยามศัพท์

การพัฒนาแนวทางการพยาบาล หมายถึง กระบวนการพัฒนาและปรับปรุงแนวทางการพยาบาลในการดูแลผู้ป่วยที่ติดเชื้อดื้อยาที่ควบคุมพิเศษ ภายใต้บริบทของโรงพยาบาล เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการปฏิบัติตามมาตรการควบคุมและป้องกันการแพร่กระจายเชื้อ

การติดเชื้อมีความสำคัญเป็นพิเศษ หมายถึง ภาวะที่ผู้ป่วยมีการติดเชื้อจากเชื้อจุลินทรีย์ที่อาศัยตามผิวหนัง ซึ่งโรงพยาบาลกำหนดให้เป็นเชื้อที่ต้องเฝ้าระวังและควบคุมเป็นพิเศษ โดยได้รับการยืนยันผลจากการตรวจทางห้องปฏิบัติการ และต้องดำเนินการมาตรการป้องกันและควบคุมการติดเชื้อตามแนวทางที่โรงพยาบาลกำหนด

ประโยชน์ที่ได้รับ

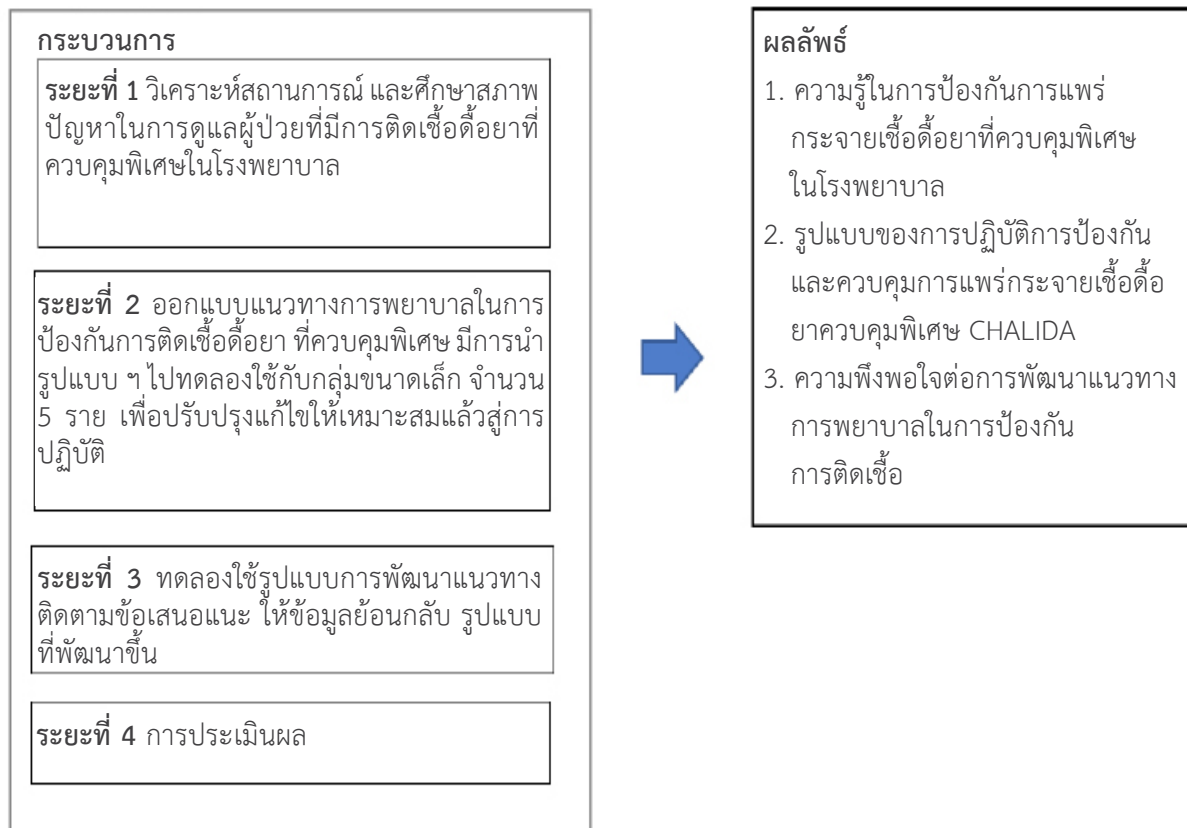
1. โรงพยาบาลมีการพัฒนาแนวทางการพยาบาลการติดเชื้อมีความสำคัญเป็นพิเศษ

2. เพื่อลดการแพร่กระจายเชื้อและลดการติดเชื้อจากการดูแลภายในโรงพยาบาล

3. ผู้ป่วยปลอดภัย ไม่ติดเชื้อมีความสำคัญเป็นพิเศษในโรงพยาบาล

กรอบแนวคิดการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ประยุกต์ใช้วงจรคุณภาพของเดมมิง (Deming Cycle) เป็นกรอบดำเนินการวิจัย ประกอบด้วย 4 ระยะ (Deming, 2000) แสดงดังภาพ 1



ภาพ 1 กรอบแนวคิดการวิจัยการป้องกันการติดเชื้อมีความสำคัญเป็นพิเศษ

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

การศึกษานี้เป็นการวิจัยและพัฒนา (Research and Development: R&D) มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแนวทางการพยาบาลในการป้องกันการติดเชื้อดื้อยาที่ควบคุมพิเศษ โดยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลในหน่วยบริการผู้ป่วยในให้บริการแบบรับไว้ค้างคืนของโรงพยาบาลสมเด็จพระสังฆราชองค์ที่ 19

วิธีการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรในงานวิจัยนี้ได้แก่ พยาบาลที่ปฏิบัติงานในหอผู้ป่วยรับไว้ค้างคืนในโรงพยาบาลสมเด็จพระสังฆราชองค์ที่ 19 จำนวน 7 หอ ได้แก่ หอผู้ป่วยสามัญหญิง หอผู้ป่วยสามัญชาย หอผู้ป่วยสูติ นรีเวชกรรม หอผู้ป่วยหนัก หอผู้ป่วยศัลยกรรม หอผู้ป่วยพิเศษสูติกรรม และหอผู้ป่วยพิเศษอายุรกรรม โดยพยาบาลวิชาชีพ จำนวน 50 ราย

เกณฑ์การคัดเลือก Inclusion criteria

1. เป็นพยาบาลที่ปฏิบัติงานในหอผู้ป่วยรับไว้ค้างคืน โรงพยาบาลพระสังฆราชองค์ที่ 19
2. พยาบาลที่ยินดีเข้าร่วมงานวิจัย

เกณฑ์การคัดออก Exclusion criteria

1. พยาบาลที่มีการลาศึกษาต่อ หรือพยาบาลที่เข้ามาใหม่ น้อยกว่า 3 เดือน
2. พยาบาลที่ไม่มีเวลาเข้าร่วมกิจกรรมได้

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การพัฒนาแนวทางการพยาบาลในการป้องกันการติดเชื้อดื้อยาที่ควบคุมพิเศษ โดยจัดกิจกรรมระยะเวลา 4 สัปดาห์ มีรายละเอียด ดังนี้

1. สร้างสัมพันธภาพ เพื่อเป้าหมายร่วมในการป้องกันการติดเชื้อ เช่น การใช้สื่อกระบวนการสุนทรียสนทนา

2. ปรับเปลี่ยนพฤติกรรมตามมาตรฐานพยาบาล ในการป้องกันการติดเชื้อ โดยการให้ความรู้การสอนในหน่วยงาน การนำเสนอวิดีโอที่เป็นแบบอย่างที่ดีมาให้เห็น

3. สร้างแรงจูงใจ มีการให้คำปรึกษาเพื่อให้เกิดความมั่นใจและมีรางวัลเมื่อทำได้ดี

4. สร้างแรงกระตุ้น เพื่อให้นำไปสู่การปฏิบัติ มีการตรวจเยี่ยมรับฟังปัญหาหน้างาน

5. ติดตามปัญหา/ อุปสรรคและช่วยกันแก้ไขโดยทีมงานป้องกันการติดเชื้อ

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ประกอบด้วย 4 ส่วน คือ

ส่วนที่ 1 แบบประเมินข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบประเมิน จำนวน 8 ข้อ ได้แก่ อายุ แผนกที่ปฏิบัติงาน ระยะเวลาในการทำงาน การได้รับการอบรมเกี่ยวกับการป้องกันการติดเชื้อ

ส่วนที่ 2 แบบสอบถามความรู้ ในการป้องกันการแพร่กระจายเชื้อดื้อยาที่ควบคุมพิเศษ ในโรงพยาบาล ผู้วิจัยสร้างขึ้นเอง ร่วมกับการทบทวนวรรณกรรม มีจำนวน 20 ข้อ ให้เลือกตอบว่าถูก หรือผิด หรือไม่แน่ใจถ้าตอบถูกได้ 1 ถ้าตอบผิดและตอบไม่แน่ใจ ได้ 0 คะแนน โดยระดับความรู้ ตามคะแนน ดังนี้ (Kananit et al., 2021)

ส่วนที่ 3 แนวทางการพยาบาลในการป้องกันการติดเชื้อดื้อยาที่ควบคุมพิเศษ CHALIDA เป็นแบบสอบถามจำนวน 13 ข้อ คะแนนเต็ม 26 คะแนน ลักษณะการตอบคือ ปฏิบัติทุกครั้ง ปฏิบัติ บางครั้ง และไม่ปฏิบัติ เกณฑ์การให้คะแนน คือ ปฏิบัติทุกครั้งได้ 2 คะแนน ปฏิบัติ บางครั้งได้ 1 คะแนน และไม่ปฏิบัติ ได้ 0 คะแนน ในการแปลผลคะแนนการปฏิบัติ โดยใช้เกณฑ์ ดังนี้ (Bloom, 1956) ระดับดีมาก ($\geq 80\%$): ได้ 21 คะแนนขึ้นไป ระดับดี (70–79%): ได้ 18–20 คะแนน ระดับพอใช้ (60–69%): ได้ 16–17 คะแนน และต้องปรับปรุง ($<60\%$): ได้น้อยกว่า 16 คะแนน

ตาราง 1

แนวทางการพยาบาลในการป้องกันการติดเชื้อดื้อยาที่ควบคุมพิเศษ CHALIDA

CHALIDA	จำนวนข้อคำถาม
C = Contac Precaution (การสัมผัส)	2 ข้อ
H = Hand Hygiene (การล้างมือ)	2 ข้อ
A = Alert (แจ้งเตือน)	2 ข้อ
L = Learn (การสื่อสาร แลกเปลี่ยนเรียนรู้)	2 ข้อ
I = Isolation (การแยกผู้ป่วย การใช้เครื่องป้องกัน)	2 ข้อ
D = Detergent น้ำยาทำความสะอาด สิ่งสกปรก และ = Discharge Plan (การส่งกลับ)	2 ข้อ
A = Attitude (ญาติเข้าใจ ทศนคติที่ดี)	1 ข้อ

ส่วนที่ 4 แบบสอบถามความพึงพอใจต่อการพัฒนาแนวทางการพยาบาลในการป้องกันการติดเชื้อดื้อยาที่ควบคุมพิเศษ จำนวน 9 ข้อ (Plodrit et al., 2025; Thato, 2024) แบ่งเป็นมาตราประมาณค่า 5 ระดับ ตั้งแต่ 1-5 คะแนน การแปลผลคะแนนความพึงพอใจใช้ค่าเฉลี่ยโดยกำหนดเกณฑ์ 5 ระดับ ได้แก่

คะแนน 4.50–5.00 = พึงพอใจมากที่สุด

คะแนน 3.50–4.49 = พึงพอใจมาก

คะแนน 2.50–3.49 = พึงพอใจปานกลาง

คะแนน 1.50–2.49 = พึงพอใจน้อย

คะแนน 1.00–1.49 = พึงพอใจน้อยที่สุด

การตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ผู้วิจัยได้ตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยโดยพิจารณาทั้ง ความตรงเชิงเนื้อหา (content validity) และความเชื่อมั่นของเครื่องมือ (reliability) ดังนี้

1. การตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (content validity) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ (1) แบบทดสอบความรู้เกี่ยวกับการป้องกันการแพร่กระจายเชื้อดื้อยาที่ควบคุมพิเศษ (2) แบบประเมินการปฏิบัติตามแนวทางการพยาบาล CHALIDA (3) แบบสอบถามความพึงพอใจต่อแนวทางการพยาบาล CHALIDA ผู้วิจัยได้นำเครื่องมือทั้งหมดไปตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาโดยผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน ซึ่งเป็นอาจารย์พยาบาล 1 ท่าน และพยาบาลผู้รับผิดชอบงานป้องกันและควบคุมการติดเชื้อในโรงพยาบาล 2 ท่าน พิจารณาคำสอดคล้องของข้อ

คำถามกับวัตถุประสงค์ของการวิจัย จากนั้นผู้วิจัยนำผลการประเมินมาคำนวณ ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์ (Index of Item–Objective Congruence: IOC) พบว่าค่า IOC ของข้อคำถามอยู่ในช่วง 0.67–1.00 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ ผู้วิจัยจึงได้ปรับปรุงแก้ไขข้อคำถามตามข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิ ก่อนนำเครื่องมือไปทดลองใช้

2. การตรวจสอบความเชื่อมั่นของเครื่องมือ (reliability) หลังจากปรับปรุงเครื่องมือตามข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิแล้ว ผู้วิจัยได้นำเครื่องมือไปทดลองใช้กับพยาบาล จำนวน 30 คน เพื่อทดสอบความเชื่อมั่นของเครื่องมือ โดยกำหนดเกณฑ์การยอมรับค่าความเชื่อมั่นของเครื่องมือ ไม่น้อยกว่า 0.70 (≥ 0.70) ได้แก่ (1) แบบทดสอบความรู้เกี่ยวกับการป้องกันการแพร่กระจายเชื้อดื้อยาที่ควบคุมพิเศษ ซึ่งเป็นข้อคำถามแบบถูก-ผิด วิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่นโดยใช้ สูตรคูเดอร์-ริชาร์ดสัน (Kuder–Richardson Formula 20: KR-20) ได้ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.86 (2) แบบประเมินการปฏิบัติตามแนวทางการพยาบาล CHALIDA และแบบสอบถามความพึงพอใจต่อแนวทางการพยาบาล CHALIDA ซึ่งเป็นแบบมาตราประมาณค่า วิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่นโดยใช้ ค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach’s alpha coefficient) ผลการวิเคราะห์พบว่า เครื่องมือมีความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.84 แสดงว่า เครื่องมือมีความเชื่อมั่นอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ และสามารถนำไปใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลใน

การวิจัยได้วิธีการดำเนินการวิจัยรูปแบบการวิจัยงานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยและพัฒนา (research and development) โดยศึกษาปัญหาและพัฒนาแนวทางการจัดการเพื่อคัดแยกผู้ป่วยที่ควบคุมพิเศษในโรงพยาบาล ดำเนินการเป็น 4 ระยะ ดังนี้

ระยะที่ 1 การศึกษาสถานการณ์ศึกษาสถานการณ์คัดแยกผู้ป่วยและสภาพการดูแลผู้ป่วยในโรงพยาบาลสมเด็จพระสังฆราชองค์ที่ 19 โดยใช้เครื่องมือ ได้แก่ รายงานข้อมูลอุบัติการณ์การติดเชื้อคัดแยก แบบสอบถามความรู้ระดับพฤติกรรม และปัญหาการจัดการคัดแยกที่ควบคุมพิเศษ รวมทั้งสัมภาษณ์พยาบาล ICWN จากหน่วยงานต่าง ๆ จำนวน 11 คน มีการตอบแบบสอบถามในเรื่องความรู้ในการป้องกันการแพร่กระจายเชื้อคัดแยกที่ควบคุมพิเศษในโรงพยาบาล จำนวน 20 ข้อ ผู้วิจัยสร้างขึ้นเอง (วัดผลก่อน-หลัง)

ระยะที่ 2 การพัฒนาแนวทางการปฏิบัติงานการป้องกันการแพร่กระจายเชื้อคัดแยกในรูปแบบ CHALIDA ผู้วิจัยดำเนินการพัฒนาแนวทางการปฏิบัติงานการป้องกันการแพร่กระจายเชื้อคัดแยกในรูปแบบ CHALIDA Model โดยมีขั้นตอนดำเนินการ ดังนี้

1. การทบทวนวรรณกรรมและหลักฐานเชิงประจักษ์ ผู้วิจัยศึกษาค้นคว้าแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการป้องกันและควบคุมการติดเชื้อคัดแยก ทั้งในประเทศและต่างประเทศ รวมถึงแนวทางมาตรฐานด้านการควบคุมการติดเชื้อ เพื่อนำมาประกอบในการพัฒนาองค์ประกอบของรูปแบบ

2. การกำหนดองค์ประกอบของแนวทางการปฏิบัติงานการป้องกันการแพร่กระจายเชื้อคัดแยกในรูปแบบ CHALIDA จากการสังเคราะห์ข้อมูล กำหนดองค์ประกอบของแนวทางการปฏิบัติ ประกอบด้วย

- 1) การแยกเครื่องมืออุปกรณ์ (Contact Precaution)
- 2) การแยก Zone ติดเชื้อ
- 3) การคัดแยกผู้ป่วย
- 4) การติดป้ายแสดงการติดเชื้อคัดแยก
- 5) การล้างมือ 5 Moments
- 6) การทำความสะอาดสิ่งแวดล้อม
- 7) การสื่อสารปลายทาง
- 8) การให้คำแนะนำแก่ผู้ป่วยและญาติ
- 9) การอบรมเชิงปฏิบัติการด้านการป้องกันและควบคุมการติดเชื้อ

3. การตรวจสอบความตรงของเนื้อหา (content validity) ร่างแนวทางที่พัฒนาขึ้นได้นำเสนอให้ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน ซึ่งมีความเชี่ยวชาญด้านการควบคุมและป้องกันการติดเชื้อ ตรวจสอบความตรงของเนื้อหา และประเมินค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงก์ (Index of Item-Objective Congruence: IOC) จากนั้นปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะ

4. การทดลองใช้ (try-out) ภายหลังการปรับปรุงผู้วิจัยได้นำแนวทางไปทดลองใช้กับกลุ่มพยาบาลจำนวน 5 ราย เพื่อประเมินความเป็นไปได้ ความชัดเจน และความเหมาะสมของรูปแบบ ก่อนนำไปใช้จริงในระยะต่อไป

ระยะที่ 3 การทดลองใช้รูปแบบผู้วิจัยนำแนวทางการปฏิบัติ CHALIDA ไปทดลองใช้ในหน่วยบริการผู้ป่วยในของโรงพยาบาลสมเด็จพระสังฆราชองค์ที่ 19 โดยมีขั้นตอน ดังนี้

1. การเตรียมความพร้อมก่อนดำเนินการทดลอง

1.1 ผู้วิจัยจัดประชุมชี้แจงรายละเอียดของแนวทาง CHALIDA แก่พยาบาลวิชาชีพในหอผู้ป่วยทั้ง 7 แห่ง

1.2 จัดอบรมเชิงปฏิบัติการเกี่ยวกับมาตรการป้องกันและควบคุมการติดเชื้อคัดแยกที่ควบคุมพิเศษ

1.3 แจกคู่มือแนวทางการปฏิบัติและชี้แจงบทบาทหน้าที่ของพยาบาลแต่ละหน่วย

2. การดำเนินการทดลองใช้รูปแบบ

2.1 ดำเนินการทดลองใช้รูปแบบในหอผู้ป่วยทั้ง 7 แห่ง

2.2 พยาบาลวิชาชีพเป็นผู้ปฏิบัติตามแนวทาง CHALIDA ในการดูแลผู้ป่วยที่ติดเชื้อคัดแยกที่ควบคุมพิเศษ

2.3 ผู้วิจัยและพยาบาลควบคุมการติดเชื้อ (ICN) ทำหน้าที่กำกับ ติดตาม ให้คำปรึกษา และแก้ไขปัญหาระหว่างดำเนินการ

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

3.1 ประเมินการปฏิบัติตามแนวทางของพยาบาลโดยใช้แบบประเมินที่พัฒนาขึ้น

3.2 ประเมินอัตราการปฏิบัติตามมาตรการก่อน และหลังการใช้แนวทาง CHALIDA

3.3 บันทึกปัญหา อุปสรรค และข้อเสนอแนะ จากผู้ปฏิบัติ

4. การควบคุมคุณภาพการวิจัย (internal validity) เพื่อควบคุมตัวแปรแทรกซ้อน ผู้วิจัยกำหนดให้พยาบาลที่เข้าร่วมการวิจัยได้รับการอบรมในเนื้อหาเดียวกัน ใช้คู่มือ และแนวทางปฏิบัติฉบับเดียวกันในทุกหน่วยงาน และกำหนดระยะเวลาการเก็บข้อมูลที่ชัดเจน รวมถึงผู้วิจัยจะมีการติดตามกำกับอย่างสม่ำเสมอ

ระยะที่ 4 การประเมินผล ผู้วิจัยดำเนินการประเมินผลอย่างเป็นระบบ โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. การประเมินความรู้ของพยาบาล

1.1 ผู้วิจัยประเมินความรู้เกี่ยวกับการป้องกัน และควบคุมการแพร่กระจายเชื้อดื้อยาที่ควบคุมพิเศษ ก่อน และหลังการใช้รูปแบบ โดยใช้แบบทดสอบความรู้ที่ผ่านการตรวจสอบความตรงของเนื้อหาแล้ว

1.2 เปรียบเทียบคะแนนความรู้ก่อนและหลัง การทดลองใช้รูปแบบ

2. การประเมินการปฏิบัติตามแนวทาง

2.1 ประเมินการปฏิบัติตามแนวทาง CHALIDA ของพยาบาล โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการปฏิบัติงาน

3. การประเมินความพึงพอใจของผู้ปฏิบัติ

3.1 ประเมินความพึงพอใจของพยาบาลต่อแนวทาง CHALIDA

ด้านสถานที่และระยะเวลา

โรงพยาบาลสมเด็จพระสังฆราชองค์ที่ 19 ระยะเวลา 12 เดือน

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS version 26 โดยกำหนดความมีนัยสำคัญทางสถิติ

ที่ กำหนดระดับ $p \leq .05$ โดยมีรายละเอียด ดังนี้

1. ใช้สถิติเชิงพรรณนา (descriptive statistic) วิเคราะห์ ข้อมูลส่วนบุคคลของกลุ่มตัวอย่าง ข้อมูลส่วนบุคคลของผู้ป่วย โดยใช้การแจกแจงความถี่ ร้อยละและ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2. ใช้สถิติวิเคราะห์ข้อมูลของคะแนนความรู้ก่อน และหลังการใช้แนวทาง โดยใช้สถิติ Wilcoxon Signed-Rank Test เนื่องจากข้อมูลเป็นคะแนนจากกลุ่มตัวอย่าง กลุ่มเดียวกัน (paired data) และการทดสอบการกระจาย ของข้อมูลพบว่าไม่เป็นไปตามการกระจายแบบปกติ

ข้อพิจารณาด้านจริยธรรม งานวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัย ได้รับการรับรองจากคณะกรรมการเสนอโครงงานวิจัย พร้อมแบบสัมภาษณ์ ต่อคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัย ในมนุษย์โรงพยาบาลสมเด็จพระสังฆราชองค์ที่ 19 จังหวัด กาญจนบุรี เลขที่ 3/2568 โดยได้คำนึง ถึงหลักความเป็น อิสระความเท่าเทียมและความเป็นธรรมต่อผู้ร่วมโครงการ และได้รับมติขออนุญาตในการเก็บข้อมูลเป็นความลับโดยการให้ รหัสแทนชื่อผู้ให้ข้อมูล หลังจากนั้นจึงเก็บ รวบรวมข้อมูล

ผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของพยาบาลวิชาชีพ โรงพยาบาลสมเด็จพระสังฆราชองค์ที่ 19 จำนวน 50 คน โดยใช้สถิติเชิงพรรณนา พบว่า พยาบาลวิชาชีพ จำนวนทั้งสิ้น 50 คน พบว่า กลุ่มตัวอย่างเป็นเพศหญิงทั้งหมด มีอายุเฉลี่ย 39 ปี มีวุฒิการศึกษาระดับปริญญาตรี ร้อยละ 94 มีระยะเวลาปฏิบัติงานในตำแหน่งพยาบาลวิชาชีพ เฉลี่ย 16.3 ปี มีระยะเวลาปฏิบัติงานในโรงพยาบาลเฉลี่ย 11 ปี การได้รับการอบรม ภายในระยะเวลา 1 ปีที่ผ่านมาเคยได้รับ การอบรมเรื่องการป้องกันการแพร่กระจายเชื้อ จำนวน ร้อยละ 52 ดังตาราง 2

ตาราง 2

ข้อมูลส่วนบุคคล

ข้อมูลส่วนบุคคล	กลุ่มตัวอย่าง (n=50 คน)	
	จำนวน (คน)	ร้อยละ
อายุ		
น้อยกว่า 26 ปี	1	2
26-35 ปี	25	50
36-45 ปี	6	12
46-55 ปี	15	30
มากกว่า 55 ปี	3	6
MAX = 58 Min = 25 Mean= 39 SD = 10.84		
วุฒิการศึกษา		
ปริญญาตรี	47	94
สูงกว่าปริญญาตรี	3	6
ระยะเวลาที่ปฏิบัติงานในตำแหน่งพยาบาลวิชาชีพ		
น้อยกว่า 6 ปี	3	6
6-10 ปี	19	38
มากกว่า 10 ปี	28	56
แผนก		
หอผู้ป่วยสามัญหญิง	11	22
หอผู้ป่วยสามัญชาย	11	22
หอผู้ป่วยสูติ นรีเวชกรรม	5	10
หอผู้ป่วยหนักวิกฤต	6	12
หอผู้ป่วยศัลยกรรม	6	12
หอผู้ป่วยพิเศษสูติกรรม	4	8
หอผู้ป่วยพิเศษอายุรกรรม	7	14
ภายในระยะเวลา 1 ปีที่ผ่านมาเคยได้รับการอบรมเรื่องการป้องกันการแพร่กระจายเชื้อ		
เคยได้รับการอบรม	26	52
ไม่เคยได้รับการอบรม	24	48

ผลการวิจัยตามระยะของการพัฒนา

ผลการประเมินความรู้ของพยาบาลเกี่ยวกับการป้องกันการแพร่กระจายเชื้อดื้อยาที่ควบคุมพิเศษ ก่อนและหลังการพัฒนาแนวทางการ CHALIDA พบว่า ภายหลังจากการนำแนวทางไปใช้ คะแนนความรู้ของพยาบาลเพิ่มขึ้นในทุกข้อคำถาม

ก่อนการพัฒนาแนวทาง คะแนนความรู้ของพยาบาลส่วนใหญ่อยู่ในระดับปานกลาง และบางประเด็นมีคะแนนอยู่ในระดับต่ำ โดยเฉพาะในประเด็นที่เกี่ยวข้องกับการปฏิบัติตามมาตรการป้องกันการแพร่กระจายเชื้ออย่างเคร่งครัด ได้แก่ การล้างมือด้วยน้ำยาฆ่าเชื้อทุกครั้ง หลังสัมผัสผู้ป่วย ร้อยละ 34 และการใช้อุปกรณ์ร่วมกันใน

ผู้ป่วย ร้อยละ 36 สะท้อนให้เห็นถึงช่องว่างด้านความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับมาตรการควบคุมการติดเชื้อที่อยู่ในบางประเด็นสำคัญ

ภายหลังการพัฒนาและนำแนวทาง CHALIDA ไปใช้ พบว่า คะแนนความรู้ของพยาบาลเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนหลายข้อมีคะแนนอยู่ในระดับดีมาก (ร้อยละ 90–100) โดยเฉพาะประเด็นเกี่ยวกับการปฏิบัติตามมาตรการ Standard Precautions และ Contact Precautions ซึ่งมีคะแนนร้อยละ 100 การใช้สัญลักษณ์ “R” ในการสื่อสารผู้ป่วยติดเชื้อดื้อยา คิดเป็นร้อยละ 100 และการทำความสะอาดสิ่งแวดล้อมรวมถึงการควบคุมสิ่งแวดล้อม มีคะแนนอยู่ระหว่างร้อยละ 96–100

ผลการศึกษาดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่า แนวทาง CHALIDA ที่พัฒนาขึ้นสามารถเพิ่มพูนความรู้และความเข้าใจของพยาบาลในการป้องกันการแพร่กระจายเชื้อดื้อยาที่ควบคุมพิเศษได้อย่างมีประสิทธิภาพ และส่งเสริมให้เกิดการปฏิบัติที่ถูกต้องตามมาตรฐานการควบคุมและป้องกัน

การติดเชื้อในโรงพยาบาลดังแสดงในตาราง 3

การทดสอบการกระจายของข้อมูลพบว่า คะแนนความรู้ก่อนและหลังการใช้แนวทางการปฏิบัติไม่เป็นไปตามการกระจายแบบปกติ จึงเลือกใช้สถิติแบบไม่อิงพารามิเตอร์ คือ Wilcoxon Signed-Rank Test เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนความรู้ก่อนและหลังการใช้แนวทาง ผลการวิเคราะห์พบว่า คะแนนความรู้ก่อนและหลังการใช้แนวทางมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($Z = -4.675$ $p < .001$) โดยค่ามัธยฐาน (median) ของคะแนนความรู้ก่อนการใช้แนวทางเท่ากับ 14 และหลังการใช้แนวทางเท่ากับ 16 แสดงให้เห็นว่า คะแนนความรู้ภายหลังการใช้แนวทางมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ทั้งนี้ ค่าเฉลี่ยคะแนนความรู้ก่อนการใช้แนวทางเท่ากับ 14.18 ($SD = 1.66$) และหลังการใช้แนวทางเท่ากับ 16.00 ($SD = 1.59$) ดังแสดงในตาราง 4

ตาราง 3

ความรู้ในการป้องกันการแพร่กระจายเชื้อดื้อยาควบคุมพิเศษในโรงพยาบาล

ข้อ คำถาม	ความรู้ในการป้องกันการแพร่กระจายเชื้อดื้อยาควบคุมพิเศษ ในโรงพยาบาล	คะแนน ก่อน (ร้อยละ)	คะแนน หลัง (ร้อยละ)	ผลการทดสอบ
1	ผู้ป่วยมาอนโรงพยาบาลตั้งแต่แรกรับ แล้วพบว่ามีอาการติดเชื้อแสดงว่าผู้ป่วยมีการติดเชื้อในโรงพยาบาล	48	92	ดีมาก
2	การติดเชื้อดื้อยาที่ควบคุมพิเศษในโรงพยาบาล กำหนดไว้ 5 ตัว คือ <i>Pseudomonas aeruginosa</i> MDR <i>Acinetobacter baumannii</i> MDR <i>Stenotrophomonas maltophilia</i> Carbapenem-Resistant <i>Enterobacteriaceae</i> (CRE) Vancomycin-Resistant Enterococci (VRE)	58	94	ดีมาก
3	ผู้ป่วยติดเชื้อดื้อยาควบคุมพิเศษสามารถติดต่อจาก droplet transmission เท่านั้น	68	82	ดีมาก
4	กรณีห้องแยกไม่เพียงพอสามารถจัดให้ผู้ป่วยอยู่เตียงที่แยกท้ายเตียง ไม่มีคนพลุกพล่าน	84	98	ดีมาก
5	ผู้ป่วยติดเชื้อดื้อยา เป็นเชื้อเดียวกันสามารถใช้อุปกรณ์ร่วมกันได้	36	60	ปานกลาง
6	ล้างมือด้วยน้ำยาฆ่าเชื้อทุกครั้งหลังสัมผัสสิ่งปนเปื้อนของผู้ป่วยติดเชื้อดื้อยาควบคุมพิเศษ	34	56	ปานกลาง
7	การทำความสะอาดมือก่อนและหลังด้วยแอลกอฮอล์เจลก็เพียงพอในผู้ป่วยติดเชื้อดื้อยาควบคุมพิเศษ	52	66	ดี
8	การสวมอุปกรณ์ป้องกันร่างกายในการดูแลผู้ป่วยติดเชื้อดื้อยา MDR แคสวม Mask ก็เพียงพอ	58	78	ดี

ตาราง 3 (ต่อ)

ข้อ คำถาม	ความรู้ในการป้องกันการแพร่กระจายเชื้อดื้อยาควบคุมพิเศษ ในโรงพยาบาล	คะแนน ก่อน (ร้อยละ)	คะแนน หลัง (ร้อยละ)	ผลการ ทดสอบ
9	เมื่อถอดอุปกรณ์ป้องกันร่างกายแบบใช้ครั้งเดียวให้ทิ้งในถังขยะติดเชื้อทั้งหมด	86	96	ดีมาก
10	ขณะให้การดูแลผู้ป่วยติดเชื้อดื้อยา TB ให้สวม surgical Mask ดีที่สุด	74	80	ดี
11	สวมผ้าพลาสติกกันเปื้อนขณะให้การดูแลผู้ป่วยติดเชื้อดื้อยาควบคุมพิเศษ ทุกครั้ง	70	84	ดีมาก
12	การควบคุมสิ่งแวดล้อม โดยการให้เน้นการทำความสะอาดเช็ด ทำความสะอาด ตู้ เตียง ทุกวัน	92	96	ดีมาก
13	การเก็บสิ่งส่งตรวจ ผู้ป่วยติดเชื้อดื้อยาควบคุมพิเศษ ต้องมีการทำติดต่อย่าง น้อยทุกเดือน	46	52	ปานกลาง
14	จัดให้เตียงผู้ป่วยห่างกันมากกว่า 3 ฟุต และปิดม่านระหว่างเตียงเพื่อลดโอกาส สัมผัสเชื้อทุกครั้ง	82	90	ดีมาก
15	การจัดการผ้าที่ใช้ผู้ป่วยติดเชื้อดื้อยาให้ส่งซักตามปกติ	56	74	ดี
16	การทำความสะอาดเช็ดพื้นผิวที่เปื้อนเลือดหรือสารคัดหลั่งของผู้ป่วยติดเชื้อ ดื้อยาควบคุมพิเศษ เช็ดด้วยผ้าชุบน้ำผสมผงซักฟอกทุกครั้ง	66	70	ดี
17	ทำความสะอาดพื้นผิวหรือบริเวณที่ใช้เก็บสิ่งส่งตรวจทางโรงพยาบาลกำหนด ให้ใช้ โซเดียมไฮโปคลอไรต์ ใช้ความเข้มข้น 1:100 (500-615 parts per million [ppm])	84	84	ดีมาก
18	ปฏิบัติตามหลักการ Standard Precautions ปฏิบัติตามหลักการ Contact Precautions ขณะให้การดูแลผู้ป่วยติดเชื้อดื้อยาควบคุมพิเศษทุกราย	94	100	ดีมาก
19	ใช้สัญลักษณ์ “R” ในการสื่อสาร ในผู้ป่วยติดเชื้อดื้อยาควบคุมพิเศษเพื่อให้ บุคลากรระมัดระวังเวลาส่งต่อไปทำหัตถการ	100	100	ดีมาก
20	การจำหน่ายผู้ป่วยกลับบ้านการสื่อสารกับผู้ป่วยและญาติเกี่ยวกับการปฏิบัติ ตัวต้องมีการตรวจเพาะเชื้อว่าไม่มีเชื้อดื้อยา ถึงสามารถกลับบ้านได้เพื่อป้องกัน การแพร่กระจายเชื้อในชุมชน	40	64	ดี

ตาราง 4

การประเมินความรู้ ก่อนและหลังการใช้แนวทางปฏิบัติในการป้องกันการควบคุมการแพร่กระจายเชื้อดื้อยา

คะแนนความรู้การใช้แนวทางปฏิบัติในการป้องกัน การควบคุมการแพร่กระจายเชื้อดื้อยา	N	mean	SD	Median	Z	P- Value
ก่อน	50	14.18	1.66	14	- 4.675	< .001*
หลัง	50	16.00	1.59	16		

*P<0.001

แนวทางการพยาบาลในการป้องกันการติดเชื้อ
ดื้อยาที่ควบคุมพิเศษ CHALIDAไปใช้ พบว่า โดยภาพรวม
พยาบาลมีการปฏิบัติกิจกรรมตามแนวทางในระดับดี โดย
กิจกรรมส่วนใหญ่มีสัดส่วนการปฏิบัติตามครบถ้วนมากกว่าร้อยละ
60-80 ของกลุ่มตัวอย่าง สะท้อนให้เห็นว่ารูปแบบที่พัฒนา

ขึ้นสามารถนำไปใช้ได้จริงในบริบทของหน่วยงานเมื่อ
พิจารณาภาพรวมของทุกกิจกรรม พบว่า กิจกรรมด้านการ
จัดระบบ เช่น การแยกผู้ป่วย การจัดอุปกรณ์เฉพาะราย
และการติดสัญลักษณ์เตือน มีร้อยละการปฏิบัติอยู่ในระดับ
ดีและดีมาก ขณะที่การล้างมือ 5 Moments กิจกรรมด้าน

การติดตามเฝ้าระวัง การรายงานผ่านระบบ และการทบทวน ร่วมกับทีมสหสาขาวิชาชีพ มีร้อยละการปฏิบัติอยู่ในระดับปานกลาง และบางกิจกรรมยังมีการไม่ปฏิบัติในบางส่วน กิจกรรมที่ยังมีส่วนการปฏิบัติไม่ครบถ้วน อาจเนื่องมาจากข้อจำกัดด้านภาระงาน ความซับซ้อนของระบบรายงาน และความต่อเนื่องของการกำกับติดตาม ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าการพัฒนาระบบควบคุมการติดเชื้อจำเป็นต้องได้รับการสนับสนุนทั้งในระดับบุคคลและระดับองค์กร โดยสรุป แนวทาง CHALIDA ส่งผลให้ระดับการปฏิบัติโดยรวมอยู่ในระดับดี และกิจกรรมสำคัญส่วนใหญ่มีร้อยละการปฏิบัติในระดับสูง อย่างไรก็ตาม ยังควรพัฒนากิจกรรมที่มีสัดส่วนการปฏิบัติระดับปานกลางหรือยังไม่ครบถ้วน เพื่อยกระดับคุณภาพระบบควบคุมการติดเชื้อให้มีความยั่งยืน ดังตาราง 5

ผลการประเมินความพึงพอใจต่อแนวทางการพยาบาลในการป้องกันการติดเชื้อดื้อยาที่ควบคุมพิเศษ

ตาราง 5

ผลการปฏิบัติการป้องกัน และควบคุมการแพร่กระจายเชื้อดื้อยาควบคุมพิเศษ CHALIDA

No	การปฏิบัติการป้องกันและควบคุมการแพร่กระจายเชื้อดื้อยา	ไม่ปฏิบัติ (0)	ปฏิบัติ บางครั้ง (1)	ปฏิบัติ ทุกครั้ง (2)	ระดับ ประเมิน
1	มีการจัดแยกผู้ป่วยไว้ในห้องแยก Zone ติดเชื้อ (contact)	-	14 (28)	36 (72)	ระดับดี
2	มีเครื่องมืออุปกรณ์ แยกใช้ ที่เสี่ยงต่อการแพร่กระจายเชื้อ เช่น หูฟัง เครื่องวัดความดัน โปรท	-	8 (16)	42 (84)	ระดับดีมาก
3	เน้นการล้างมือ 5 moment ครบทุกขั้นตอน	3 (6)	14 (28)	33 (66)	ระดับพอใช้
4	จัดอุปกรณ์ แอลกอฮอล์เจลให้กับบุคลากรและผู้ป่วยใช้ที่ท้ายเตียง	-	12 (24)	38 (76)	ระดับดี
5	ติดป้าย “R” แขนงไว้ที่เตียงผู้ป่วย	-	14 (28)	36 (72)	ระดับดี
6	การแสดงผลข้อมูล pop up ในคอมพิวเตอร์เมื่อพบเชื้อดื้อยา	4 (8)	5 (10)	41 (82)	ระดับดีมาก
7	การย้ายผู้ป่วยมีการสื่อสารปลายทางทุกครั้ง	5 (10)	10 (20)	35 (70)	ระดับดี
8	รายงานผู้ป่วยพบเชื้อดื้อยากับ ICN	1 (2)	13 (26)	36 (72)	ระดับดี
9	การสวมเครื่องป้องกันเหมาะสม ถุงมือ กาวน เมื่อทำกิจกรรม	-	29 (58)	21 (42)	ปรับปรุง
10	จัดถังขยะติดเชื้อ 1 ใบ ถังใส่ผ้าผู้ป่วยติดเชื้อ 1 ใบ	2 (4)	17 (34)	31 (62)	ระดับพอใช้
11	ทำความสะอาด ตู้โต๊ะเตียง ด้วยน้ำยาฆ่าเชื้อ (ผ้าใช้ครั้งเดียวทิ้ง)	6 (12)	15 (30)	29 (58)	ปรับปรุง
12	มีการรายงานการส่งต่อใน Thai COC เมื่อผู้ป่วยกลับบ้าน	14 (28)	15 (30)	21 (42)	ปรับปรุง
13	ให้คำแนะนำ กับผู้ป่วยและญาติ ให้เข้าใจในเรื่องการติดเชื้อดื้อยา เพื่อการปฏิบัติตัว	4 (8)	9 (18)	37 (74)	ระดับดี

CHALIDA จากการประเมินความพึงพอใจของพยาบาล จำนวน 50 คน พบว่า โดยภาพรวมมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก (Mean=4.21 SD=0.64) แสดงให้เห็นว่ารูปแบบที่พัฒนาขึ้นได้รับการยอมรับและสามารถนำไปใช้ได้จริงในหน่วยงาน ประเด็นที่ได้รับการประเมินในระดับมากที่สุด ได้แก่ ความสำคัญและประโยชน์ของแนวทางต่อการป้องกันและควบคุมการแพร่กระจายเชื้อ ความสามารถในการนำไปประยุกต์ใช้ในกระบวนการทำงาน และความพึงพอใจต่อภาพรวมของรูปแบบ สะท้อนถึงความเหมาะสมเชิงวิชาการและเชิงปฏิบัติของแนวทางที่พัฒนาขึ้น อย่างไรก็ตาม ด้านการมีส่วนร่วมของบุคลากรในการเสนอแนวทาง มีระดับความพึงพอใจอยู่ในระดับปานกลาง ซึ่งเป็นประเด็นที่ควรนำไปพัฒนาเพิ่มเติมเพื่อส่งเสริมความยั่งยืนของระบบ ในระยะยาวดังตาราง 6

ตาราง 6

ความพึงพอใจต่อการพัฒนาแนวทางการพยาบาลในการป้องกันการติดเชื้อดื้อยาที่ควบคุมพิเศษ

No	ความพึงพอใจต่อแนวปฏิบัติทางการพยาบาลการดูแลผู้ป่วยติดเชื้อดื้อยาควบคุมพิเศษ	mean	SD	ระดับความพึงพอใจ
1	เนื้อหาของแนวปฏิบัติที่วางไว้มีความชัดเจนและเข้าใจง่าย	4.2	0.85	มาก
2	แนวทางมีความสำคัญและมีประโยชน์นำไปใช้เพื่อป้องกันการแพร่กระจายเชื้อดื้อยาได้อย่างมีประสิทธิภาพ	4.76	0.517	มากที่สุด
3	แนวทางปฏิบัติที่วางไว้ สามารถนำไปใช้ได้กับทุกหน่วยงาน	3.5	0.86	มาก
4	แนวทางการป้องกันการติดเชื้อดื้อยา สามารถช่วยให้บุคลากรตระหนักในการควบคุมการแพร่กระจายเชื้อ	4.64	0.56	มากที่สุด
5	แนวทางการป้องกันการติดเชื้อดื้อยาช่วยลดอุบัติการณ์การติดเชื้อดื้อยา	4.60	0.60	มากที่สุด
6	ความพึงพอใจต่อการใช้นโยบายปฏิบัติเพื่อป้องกันการแพร่กระจายเชื้อดื้อยา	4.62	0.56	มากที่สุด
7	สามารถนำไปใช้ในการสอนหรือปฐมนิเทศแก่เจ้าหน้าที่ใหม่	4.72	0.57	มากที่สุด
8	บุคลากรมีส่วนร่วมในการนำเสนอแนวทางการควบคุมการแพร่กระจายเชื้อ	2.98	0.95	ปานกลาง
9	แนวทางมีมาตรฐาน เหมาะสมกับบริบทตามหน่วยงาน	4.18	0.85	มาก
10	สรุปความพึงพอใจในภาพรวม	4.21	0.64	มาก

อภิปรายผลการวิจัย

ลักษณะทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง

การศึกษาครั้งนี้มีกลุ่มตัวอย่างเป็นพยาบาลวิชาชีพเพศหญิงทั้งหมด มีอายุเฉลี่ย 39 ปี และมีประสบการณ์ในการปฏิบัติงานเฉลี่ย 16.3 ปี ซึ่งระยะเวลาดังกล่าวสะท้อนให้เห็นถึงความเชี่ยวชาญและประสบการณ์ที่เพียงพอในการให้ข้อมูลที่มีความน่าเชื่อถือ นอกจากนี้ กลุ่มตัวอย่างร้อยละ 94 สำเร็จการศึกษาในระดับปริญญาตรี ซึ่งแสดงให้เห็นว่ามีพื้นฐานความรู้ทางวิชาการที่เหมาะสม สอดคล้องกับแนวทางของ Centers for Disease Control and Prevention (CDC, 2023) ที่เน้นย้ำถึงความสำคัญของการพัฒนาศักยภาพบุคลากรทางการแพทย์ในการป้องกันและควบคุมการแพร่กระจายของเชื้อดื้อยาหลายขนาน (Multidrug-Resistant Organisms: MDRO) อย่างไรก็ตาม ผลการศึกษพบว่า มีเพียงร้อยละ 52 ของกลุ่มตัวอย่างที่ได้รับการอบรมเกี่ยวกับการป้องกันการแพร่กระจายเชื้อในช่วง 1 ปีที่ผ่านมา ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงช่องว่างในการพัฒนาบุคลากรอย่างต่อเนื่อง ข้อค้นพบนี้สอดคล้องกับการศึกษาของ Qureshi et al. (2022) ที่ระบุว่า การขาดการอบรมเชิงลึกและต่อเนื่องเป็นปัญหาสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อ

ต่อประสิทธิภาพในการป้องกันการติดเชื้อในสถานพยาบาล จึงจำเป็นต้องมีการพัฒนาระบบการฝึกอบรมที่เป็นรูปธรรมและต่อเนื่อง

ความรู้ก่อนการใช้นโยบายปฏิบัติ

ผลการประเมินความรู้ก่อนการทดลองพบว่า พยาบาลวิชาชีพมีความรู้เกี่ยวกับการป้องกันการแพร่กระจายเชื้อดื้อยาอยู่ในระดับปานกลาง โดยมีคะแนนเฉลี่ย 14.18 (SD=1.66) จากคะแนนเต็ม 20 คะแนน เมื่อวิเคราะห์เป็นรายประเด็นพบว่าประเด็นที่กลุ่มตัวอย่างมีความรู้ที่น้อยที่สุด คือ “การล้างมือด้วยน้ำยาฆ่าเชื้อทุกครั้งหลังสัมผัสสิ่งปนเปื้อนของผู้ป่วยติดเชื้อดื้อยาควบคุมพิเศษ” โดยมีผู้ตอบคำถามถูกต้องเพียงร้อยละ 34 เท่านั้น ผลการศึกษาดังกล่าวสอดคล้องกับงานวิจัยของ Geng et al. (2025) ที่ระบุว่า การปฏิบัติตามมาตรฐานการล้างมือยังคงเป็นปัญหาที่พบได้บ่อยในสถานพยาบาลหลายแห่งทั่วโลก แม้ว่าการล้างมือจะเป็นมาตรการพื้นฐานและสำคัญที่สุดในการป้องกันการแพร่กระจายของเชื้อโรคก็ตาม ข้อค้นพบนี้ชี้ให้เห็นว่าจำเป็นต้องมีการเสริมสร้างความรู้ความเข้าใจและปรับเปลี่ยนทัศนคติเกี่ยวกับความสำคัญของการล้างมืออย่างถูกวิธีและครบถ้วน รวมทั้งอาจมีปัจจัยอื่นที่ส่งผลต่อการปฏิบัติ เช่น ภาระงาน หรือความไม่สะดวกในการเข้าถึงอุปกรณ์

ความรู้หลังการใช้แนวทางปฏิบัติ

หลังการนำแนวทาง CHALIDA ไปใช้ พบว่าคะแนนความรู้ของพยาบาลเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Tanseng et al. (2023) พบว่าการจัดการอบรมร่วมกับแนวปฏิบัติที่ชัดเจน สามารถเพิ่มระดับความรู้และความตระหนักรู้ด้านการป้องกันการติดเชื้อในบุคลากรทางการแพทย์ได้อย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ ผลการศึกษายังสอดคล้องกับ Nakornpat et al. (2023) ที่พบว่า การพัฒนาแนวทางปฏิบัติร่วมกับการนิเทศติดตามอย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้คะแนนความรู้และการปฏิบัติเพิ่มขึ้นภายหลังการดำเนินโครงการ แม้จะเป็นการศึกษาแบบก่อน-หลัง เช่นเดียวกัน การศึกษา Tartari et al. (2021) ได้ชี้ให้เห็นว่า การมีแนวปฏิบัติด้านการควบคุมการติดเชื้อเพียงอย่างเดียวอาจไม่เพียงพอ หากขาดองค์ประกอบสนับสนุนเชิงระบบ เช่น การฝึกอบรมอย่างต่อเนื่อง การกำกับติดตาม และการเสริมสร้างวัฒนธรรมความปลอดภัยในองค์กร เน้นแนวคิด ที่ผสมผสานการให้ความรู้ การปรับระบบงาน และการประเมินผลอย่างสม่ำเสมอ ซึ่งสอดคล้องกับองค์ประกอบของแนวทาง CHALIDA ที่บูรณาการทั้งด้านความรู้และกระบวนการทำงานในระดับหน่วยงาน

อย่างไรก็ตาม แม้ผลการศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นแนวโน้มเชิงบวก แต่ด้วยข้อจำกัดของการออกแบบการวิจัยแบบกลุ่มเดียวก่อน-หลัง จึงไม่สามารถสรุปเชิงเหตุ-ผลได้โดยตรง ทั้งนี้สอดคล้องกับข้อเสนอของ Polit and Beck (2021) ที่ระบุว่า การศึกษาที่ทดลองควรตีความผลด้วยความระมัดระวังด้านความเที่ยงตรงภายใน (internal validity) และควรมีการศึกษาที่มีกลุ่มเปรียบเทียบในอนาคต

ผลการประเมินการปฏิบัติตามแนวทาง CHALIDA

การประเมินการปฏิบัติตามแนวทาง CHALIDA พบว่ามี 2 ประเด็นที่มีผลการปฏิบัติอยู่ในระดับดีมาก ได้แก่ การแยกเครื่องมือและอุปกรณ์สำหรับผู้ป่วยที่ต้องใช้ มาตรการป้องกันการแพร่กระจายเชื้อทางการสัมผัส (Contact Precaution) โดยมีอัตราการปฏิบัติถูกต้องร้อยละ 87 ซึ่งการปฏิบัติจะเน้นย้ำในเรื่องความสะอาด ตามทฤษฎีการพยาบาลของไนติงเกล (Wanawanant & Rujiwatthanakorn, 2022) โดยมีการ

ปฏิบัติร้อยละ 82 ความสำเร็จของทั้งสองประเด็นนี้อาจเป็นเพราะเป็นแนวปฏิบัติที่เกี่ยวข้องกับระบบ (system-based) ซึ่งสามารถควบคุม กำกับ และตรวจสอบได้ง่ายกว่าพฤติกรรมที่ขึ้นอยู่กับบุคคล (human-based) ซึ่งอาจมีความแปรปรวนสูงตามสถานการณ์และปัจจัยส่วนบุคคล ผลลัพธ์เหล่านี้สอดคล้องกับคำแนะนำของ Management of Multidrug-Resistant Organisms in Healthcare Settings ของ CDC (Siegel et al., 2017) ประเด็นการจัดการเชื้อดื้อยาหลายขนาน (MDRO) ในสถานพยาบาลอย่างเป็นระบบที่เน้นความสำคัญของการแยกอุปกรณ์เฉพาะผู้ป่วยแต่ละราย มีระบบการสื่อสารที่มีประสิทธิภาพเพื่อลดความเสี่ยงในการแพร่กระจายเชื้อไปยังผู้ป่วยอื่น ๆ (cross transmissions)

ความพึงพอใจต่อแนวทางปฏิบัติ CHALIDA

ผลการประเมินความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างต่อแนวทางปฏิบัติ CHALIDA พบว่า มีความพึงพอใจในภาพรวมอยู่ในระดับดีถึงดีมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในประเด็นที่แนวทางปฏิบัติสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้จริง (Mean=4.76) สามารถนำไปใช้ในการสอนหรือปฐมนิเทศแก่เจ้าหน้าที่ใหม่ (Mean=4.72) และช่วยให้บุคลากรตระหนักและให้ความสำคัญในการควบคุมการแพร่กระจายเชื้อมากขึ้น (Mean=4.64) อย่างไรก็ตาม ในด้านการมีส่วนร่วมของบุคลากรในการนำเสนอแนวทางการควบคุมการแพร่กระจายเชื้อ พบว่า มีคะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ 2.98 ซึ่งอยู่ในระดับปานกลาง ผลการศึกษานี้สามารถอธิบายได้ว่าแม้แนวปฏิบัติที่พัฒนาขึ้นจะมีคุณภาพและเป็นที่ยอมรับ แต่กระบวนการพัฒนาอาจยังขาดการมีส่วนร่วมจากผู้ปฏิบัติงานในพื้นที่จริงเท่าที่ควร ซึ่งเป็นข้อเสนอแนะที่สำคัญอย่างยิ่งสำหรับการพัฒนาแนวปฏิบัติในอนาคต โดยควรเน้นกระบวนการแบบมีส่วนร่วม (participatory approach) เพื่อให้บุคลากรเกิดความรู้สึกเป็นเจ้าของ (ownership) และนำไปสู่การปฏิบัติที่มีความยั่งยืนในระยะยาว ทำให้เห็นว่า การมีรูปแบบการพัฒนาที่ชัดเจนและเป็นแนวทางเดียวกันจะช่วยให้พยาบาลมีแนวทางในการดูแลผู้ป่วยที่ดีขึ้น ส่งผลให้พยาบาลมีความพึงพอใจเพิ่มขึ้นในการทำงาน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Kasettath et al. (2023) ที่พบว่าความพึงพอใจของพยาบาลวิชาชีพที่ร่วมใช้แนวปฏิบัติ

ทางการพยาบาลในการควบคุมการแพร่กระจายเชื้อดื้อยาในโรงพยาบาลลำพูนมีภาพรวมความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด และยังสอดคล้องกับการศึกษาของ Kayachat (2025) ที่พบว่า ความพึงพอใจของพยาบาลวิชาชีพต่อการป้องกันการแพร่กระจายเชื้อของโรคติดต่อระบบทางเดินหายใจในห้องผ่าตัดโรงพยาบาลโสธรอยู่ในระดับมาก

สรุป

การศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่า ภายหลังจากนำแนวทางปฏิบัติ CHALIDA ไปใช้ ระดับคะแนนความรู้ของพยาบาลเกี่ยวกับการป้องกันและควบคุมการแพร่กระจายเชื้อดื้อยามีค่าสูงกว่าก่อนการดำเนินการอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ขณะเดียวกันระดับการปฏิบัติโดยรวมอยู่ในระดับดี และความพึงพอใจต่อรูปแบบอยู่ในระดับมาก

ผลการศึกษาดังกล่าวสะท้อนถึงความเป็นไปได้ของการใช้แนวทางที่พัฒนาขึ้นในบริบทของหน่วยงาน อย่างไรก็ตาม ด้วยข้อจำกัดของการออกแบบการวิจัยแบบกลุ่มเดียววัดก่อน-หลัง การตีความผลควรดำเนินการด้วยความระมัดระวัง และไม่อาจสรุปความสัมพันธ์เชิงเหตุ-ผล (causation) ได้โดยตรง การศึกษาต่อไปควรใช้รูปแบบการวิจัยที่มีกลุ่มเปรียบเทียบและติดตามผลระยะยาว เพื่อยืนยันความสอดคล้องของผลลัพธ์และประเมินผลกระทบเชิงระบบเพิ่มเติม

ข้อเสนอแนะ

จากผลการวิจัยที่พบว่า ภายหลังจากใช้แนวทาง CHALIDA ระดับคะแนนความรู้ของพยาบาลมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น และระดับการปฏิบัติโดยรวมอยู่ในระดับดี รวมทั้งความพึงพอใจต่อรูปแบบอยู่ในระดับมาก ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะ ดังนี้

1. ด้านการนำไปใช้ในหน่วยงานควรสนับสนุนให้มีการจัดอบรมทบทวนความรู้เกี่ยวกับมาตรการป้องกันการแพร่กระจายเชื้อดื้อยาอย่างต่อเนื่อง เพื่อคงระดับความรู้และความเข้าใจของบุคลากร

2. ด้านการติดตามผล ควรมีการประเมินระดับความรู้และการปฏิบัติเป็นระยะ เพื่อสะท้อนผลการดำเนินงานและใช้เป็นข้อมูลสำหรับปรับปรุงแนวทางให้เหมาะสมกับบริบทของหน่วยงาน

3. ด้านการวิจัยในอนาคตควรศึกษาวิจัยในรูปแบบที่มีกลุ่มเปรียบเทียบ หรือมีการติดตามผลระยะยาว เพื่อเพิ่มความเข้มแข็งด้านความเที่ยงตรงภายใน และศึกษาผลลัพธ์ด้านอุบัติการณ์การติดเชื้อควบคู่กับการประเมินความรู้และการปฏิบัติ



References

- Bloom, B. S. (1956). *Taxonomy of educational objectives: The classification of educational goals: Handbook I cognitive domain*. Longmans.
- Cassini, A., Högberg, L. D., Plachouras, D., Quattrocchi, A., Hoxha, A., Simonsen, G. S., Colomb-Cotinat, M., Kretzschmar, M. E., Devleeschauwer, B., Cecchini, M., Ouakrim, D. A., Oliveira, T. C., Struelens, M. J., Suetens, C., Monnet, D. L., & Burden of AMR Collaborative Group. (2019). Attributable deaths and disability-adjusted life-years caused by infections with antibiotic-resistant bacteria in the EU and the European Economic Area in 2015: a population-level modelling analysis. *The Lancet Infectious diseases*, 19(1), 56–66. [https://doi.org/10.1016/S1473-3099\(18\)30605-4](https://doi.org/10.1016/S1473-3099(18)30605-4)
- Centers for Disease Control and Prevention [CDC]. (2023). III. Precautions to prevent transmission of infectious agents. <https://www.cdc.gov/infection-control/hcp/isolation-precautions/precautions.html>

- Dadgostar, P. (2019). Antimicrobial resistance: Implications and costs. *Infection and Drug Resistance*, 12, 3903–3910. <https://doi.org/10.2147/IDR.S234610>
- Deming, W. E. (2000). *Out of the crisis* (2nd ed.). MIT Press.
- Geng, Y., Liu, Z., Ma, X., Pan, T., Chen, M., Dang, J., Zhang, P., Chen, C., Zhao, Y., Pan, D., & Liang, P. (2025). Infection prevention and control measures for multidrug-resistant organisms: a systematic review and network meta-analysis. *Infection*, 53(5), 1789–1800. <https://doi.org/10.1007/s15010-025-02498-9>
- Gould, D. J., Moralejo, D., Drey, N., Chudleigh, J. H., & Taljaard, M. (2017). Interventions to improve hand hygiene compliance in patient care. *The Cochrane database of systematic reviews*, 9(9), CD005186. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD005186.pub4>
- Kananit, T., Bouphan, P., & Songsri, C. (2021). The development of an antimicrobial guidelines, Phen Hospital [In Thai]. *Udon Thani Hospital Medical Journal*, 29(2), 232–248. <https://he02.tci-thaijo.org/index.php/udhhosmj/article/view/253269/172199>
- Kasettath, M., Tansuwat, S., & Yimkosol, S. (2023). The development of nursing practice guidelines for controlling the spread of antimicrobial resistance in Lamphun Hospital [In Thai]. *Lanna Journal of Health Promotion and Environmental Health*, 13, 17–30. <https://he01.tci-thaijo.org/index.php/lannaHealth/article/view/261646>
- Kayachat, P. (2025). Development of a surgical patient care model for the prevention of respiratory infectious disease transmission in the operating room, Yasothon Hospital [In Thai]. *Yasothon Medical Journal*, 27(1), 1-14. <https://he04.tci-thaijo.org/index.php/hciyasohos/article/view/2990>
- Plodrit, L. Wongsombat, J., & Nucaiphot, P. (2025). Development of a nursing care model for patients with sepsis in Krabi Hospital [In Thai]. *Journal of Research for Health Improvement and Quality of Life*, 5(1), 41-54. <https://he02.tci-thaijo.org/index.php/RHQJ/article/view/272342/186515>
- Polit, D. F., & Beck, C. T. (2021). *Nursing research: Generating and assessing evidence for nursing practice* (11th ed.). Wolters Kluwer.
- Murray, C. J. L., Ikuta, K. S., Sharara, F., Swetschinski, L., Aguilar, G. R., Gray, A., Han, C., Bisignano, C., Rao, P., Wool, E., Johnson, S. C., Browne, A. J., Chipeta, M. G., Fell, F., Hackett, S., Haines-Woodhouse, G., Hamadani, B. H. K., Kumaran, E. A. P., McManigal, B., ... Naghavi, M. (2022). Global burden of bacterial antimicrobial resistance in 2019: A systematic analysis. *The Lancet*, 399(10325), 629–655. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(21\)02724-0](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(21)02724-0)
- Nakornpat, B., Kalapak, N., & Srisubut, A. (2023). The development of patients care with drug resistant organisms in chumphon khet udomsakdi hospital [In Thai]. *Primary Health Care Journal (Northeastern Edition)*, 38(2), 35–51. <https://thaidj.org/index.php/pjne/article/view/13989>
- Prestinaci, F., Pezzotti, P., & Pantosti, A. (2015). Antimicrobial resistance: A global multifaceted phenomenon. *Pathogens and Global Health*, 109(7), 309–318. <https://doi.org/10.1179/2047773215Y.0000000030>

- Qureshi, M., Chughtai, A. A., & Seale, H. (2022). Supporting the delivery of infection prevention and control training to healthcare workers: Insights from the sector. *Healthcare*, 10(5), 936. <https://doi.org/10.3390/healthcare10050936>
- Siegel, J. D., Rhinehart, E., Jackson, M., & Chiarello, L. (2017). *Management of multidrug-resistant organisms in healthcare settings, 2006*. Centers for Disease Control and Prevention. <https://www.cdc.gov/infection-control/media/pdfs/Guideline-MDRO-H.pdf>
- Somdet Phra Sangharaja 19 Hospital. (2023). *Hospital infection report statistics 2023* [In Thai].
- Tacconelli, E., Carrara, E., Savoldi, A., Harbarth, S., Mendelson, M., Monnet, D. L., Pulcini, C., Kahlmeter, G., Kluytmans, J., Carmeli, Y., Ouellette, M., Outterson, K., Patel, J., Cavaleri, M., Cox, E. M., Houchens, C. R., Grayson, M. L., Hansen, P., Singh, N., Theuretzbacher, U., ... WHO Pathogens Priority List Working Group (2018). Discovery, research, and development of new antibiotics: The WHO priority list of antibiotic-resistant bacteria and tuberculosis. *The Lancet. Infectious diseases*, 18(3), 318–327. [https://doi.org/10.1016/S1473-3099\(17\)30753-3](https://doi.org/10.1016/S1473-3099(17)30753-3)
- Tanseng, K., Unahalekhaka, A., Kasatpibal, N., & Viseskul, N. (2023). Effectiveness of preventive nursing program for multidrug-resistant organism transmission: A quasi-experimental study [In Thai]. *Pacific Rim International Journal of Nursing Research*, 27(4), 736–752. <https://doi.org/10.60099/prijnr.2023.262568>
- Thato. (2024). *Nursing research: Concepts to application* (8th ed.) [In Thai]. Chulalongkorn University Press.
- Thailand National Strategic Plan on Antimicrobial Resistance Committee. (2017). *Thailand national strategic plan on antimicrobial resistance 2017–2021* [In Thai]. Ministry of Public Health.
- Tartari, E., Tomczyk, S., Pires, D., Zayed, B., Coutinho Rehse, A. P., Kariyo, P., Stempliuk, V., Zingg, W., Pittet, D., & Allegranzi, B. (2021). Implementation of the infection prevention and control core components at the national level: a global situational analysis. *The Journal of hospital infection*, 108, 94–103. <https://doi.org/10.1016/j.jhin.2020.11.025>
- Thailand National Strategic Plan on Antimicrobial Resistance Committee. (2017). *Thailand National Strategic Plan on Antimicrobial Resistance 2017–2021* [In Thai]. Ministry of Public Health. <https://amrthailand.net>
- Wanawanant, S., & Rujiwatthanakorn, D. (2022). Nightingale's Nursing Theory. In D. Rujiwatthanakorn & Benchaporn Chuengkriangkrai (Eds.), *Teaching materials for the nursing profession* [In Thai] [e-Book]. Ramathibodi Hospital, Faculty of Medicine, Bangkok. Ramathibodi Hospital, Mahidol University. <https://anyflip.com/qvmyw/hefu/basic>
- World Health Organization [WHO]. (2022). Global antimicrobial resistance and use surveillance system (GLASS) report: 2022. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240062702>



การออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ดัดรูปตัววีแบบปรับค่าได้สำหรับโลหะแผ่นบาง

Design and Construction of Adjustable V-bending Die for Thin Metal Sheets

ณัฐกร แซ่เอี้ยว¹ พัตร์พิมล สุวรรณกาญจน์¹ และกัลยา อุบลทิพย์^{1*}

Nuttakorn Sae-eaw¹ Patpimol Suwankan¹ and Kanlaya Ubontip^{1*}

¹ภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมเครื่องกล วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

¹Department of Mechanical Engineering Technology, College of Industrial Technology,
King Mongkut's University of Technology North Bangkok

*Corresponding author: kanlaya.u@cit.kmutnb.ac.th

Received: December 16, 2025

Revised: February 11, 2026

Accepted: February 17, 2026

บทคัดย่อ

การดัดขึ้นงานเป็นรูปตัววีนั้นสามารถพบเห็นได้ง่ายในชิ้นส่วนต่าง ๆ โดยอุปกรณ์ในการดัดขึ้นรูปที่เหมาะสมจะต้องสามารถขึ้นรูปชิ้นงานภายใต้เงื่อนไขของชนิดวัสดุ ความหนาโลหะแผ่น และขนาดเครื่องมือที่แตกต่างกันได้ ในงานวิจัยนี้ แม่พิมพ์ดัดแบบปรับค่าได้สำหรับกระบวนการดัดแบบ 3 จุด (3-point bending) ถูกออกแบบและพัฒนาเพื่อรองรับการขึ้นรูปที่หลากหลาย โดยแม่พิมพ์สามารถปรับเปลี่ยนขนาดของเครื่องมือให้เหมาะสมกับเงื่อนไขการศึกษาได้ โปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์ (FEM) ถูกใช้ในการศึกษาอิทธิพลของเครื่องมือได้แก่รัศมีของพunch (R_p) รัศมีของแม่พิมพ์ (R_d) และความกว้างของแม่พิมพ์ (W) พบว่า ค่ามุมดัดมีความสัมพันธ์กับค่าระยะกดของพunch จากการวิเคราะห์ความอ่อนไหวมุมดัดจะมีลักษณะแหลมขึ้นเมื่อระยะกดของพunch และรัศมีของเครื่องมือมีค่ามากขึ้น ในขณะที่ความกว้างของช่องแม่พิมพ์น้อยลง การวิเคราะห์ความแข็งแรงของชิ้นส่วนแม่พิมพ์ที่ผลิตจากวัสดุ AISI1045 แสดงให้เห็นว่าชิ้นส่วน Insert punch และ Insert die สามารถรับแรงได้โดยไม่มีการเสียรูปแบบถาวร การตรวจสอบเครื่องมือโดยการดัดขึ้นรูปชิ้นงานจริงพบว่าค่าความแตกต่างของมุมระหว่างการทดลองจริงกับการคำนวณด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์มีค่าความแตกต่างไม่เกิน 3% แสดงให้เห็นความแม่นยำและความน่าเชื่อถือของแม่พิมพ์ที่ออกแบบ นอกจากนี้แม่พิมพ์ดัดถูกใช้ในการศึกษาพฤติกรรมการดัดกลับของแผ่นโลหะ AA1100 และ AISI1005 การทดลองดัดขึ้นงานให้ได้มุม 80 90 และ 100 องศา สามารถทำได้โดยการชดเชยการดัดกลับด้วยการเพิ่มค่าระยะกดของพunch ให้เพิ่มขึ้น

คำสำคัญ: กระบวนการดัดโลหะแผ่น การดัดแบบ 3 จุด การดัดรูปตัววี แม่พิมพ์ดัด การชดเชยการดัดกลับ

Abstract

V-shaped profiles are commonly found in sheet metal bending applications. The selection of an appropriate bending die is essential for producing workpieces under various forming conditions, including material type, sheet thickness, and tool geometry. In this study, an adjustable V-bending die for a three-point bending process was designed and developed to enhance forming flexibility. The tool components were designed to be interchangeable, allowing different configurations to be tested. Finite Element Modeling: FEM was employed to investigate the effects of key tool geometrical parameters, including Punch Radius: R_p , Die Radius: R_d , and Die Opening: W . The results indicated that the bending angle was strongly dependent on the punch stroke. Sensitivity analysis revealed that sharper bending angles were achieved with increased punch stroke and larger tool radii, while a smaller die opening resulted in greater bending deformation. Structural analysis of the die components manufactured from AISI 1045 steel confirmed that both the punch insert and die insert possessed sufficient strength to withstand the applied forming loads without undergoing plastic deformation. Experimental validation demonstrated that the deviation between the simulated and measured bending angles was less than 3%, confirming the accuracy and reliability of the developed die. Furthermore, the developed tool was applied to investigate the springback behavior of AA1100 aluminum alloy and AISI 1005 steel. Specimens were tested at target bending angles of 80° , 90° , and 100° , and springback compensation was successfully achieved by increasing the punch stroke.

Keywords: sheet bending, 3-point bending, V-bending, bending die, springback compensation

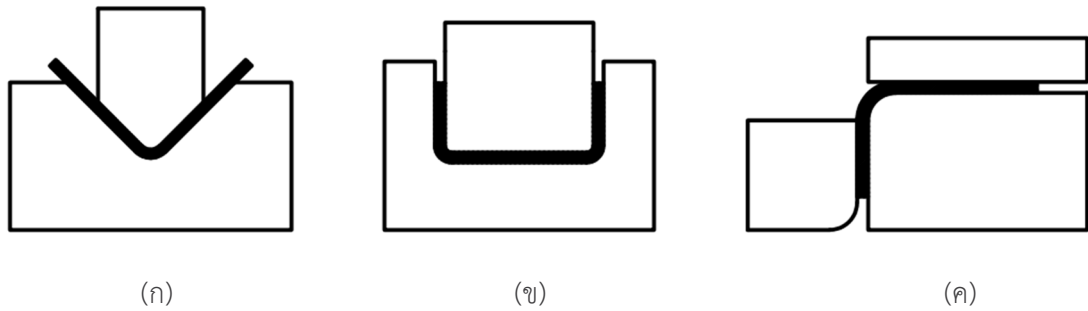


บทนำ

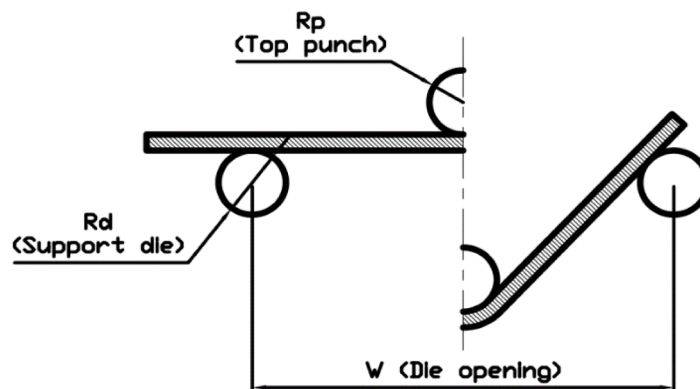
การขึ้นรูปโลหะแผ่น (sheet forming) เป็นกระบวนการที่นำแผ่นโลหะ (blank sheet) มาทำให้เกิดรูปร่างที่ซับซ้อนตามแบบ ซึ่งวิธีการแปรรูปที่พบได้บ่อยประกอบด้วย การตัด (shearing) การลากขึ้นรูป (drawing) การรีดลดความหนา (ironing) และการดัด (bending) (Billur & Altan, 2010) สำหรับชิ้นงานที่มีรูปทรงเรขาคณิตที่ไม่ซับซ้อน การดัดโลหะแผ่นถือเป็นกระบวนการที่เหมาะสม โดยรูปแบบการดัดที่ใช้กันทั่วไป ได้แก่ การดัดเป็นรูปตัววี (V-profile) รูปตัวยู (U-profile) และรูปตัวย่อ (L-profile) ซึ่งพบได้ในชิ้นส่วนเครื่องกลและอุตสาหกรรมยานยนต์ ภาพ 1 แสดงกระบวนการดัดแบบต่าง ๆ โดยใช้แม่พิมพ์ สำหรับการดัดรูปตัววีสามารถแบ่งออกได้เป็นสองวิธี ได้แก่ การดัดด้วยแม่พิมพ์รูปตัววี (V-die bending) และการดัดแบบ 3 จุด (3-point bending) วิธีแรกสามารถให้รูปร่างและมุมดัดที่แม่นยำตามรูปแบบแม่พิมพ์ แต่ไม่สามารถปรับค่ามุมดัดได้ ทำให้ต้องเตรียมแม่พิมพ์หลายชุดถ้าหากต้องการมุมดัดที่แตกต่างกันหลายองศา (Thipprakmas, 2010) ในขณะที่การดัดแบบ 3 จุดจัดเป็นการดัดแบบอิสระ (air bending) เนื่องจากไม่มีแม่พิมพ์รองรับชิ้นงาน (Pornputsiri, 2017)

พันธังจะกดแผ่นโลหะลงในช่องว่าง ทำให้สามารถดัดได้มุมหลากหลายค่า ส่วนประกอบของกระบวนการดัดแบบ 3 จุดแสดงในภาพ 2

ในกระบวนการดัดมีตัวแปรที่สามารถส่งผลกระทบต่อมุมดัดของชิ้นงานได้โดยมาจากอิทธิพลของเครื่องมือและอิทธิพลของวัสดุ (Gupta, 2017) นักวิจัยจำนวนมากได้ศึกษาอิทธิพลของเครื่องมือ โดยทำการจำลองกระบวนการดัดขึ้นรูปในห้องปฏิบัติการ (simulate testing) แม่พิมพ์ดัดรูปตัววีขนาดเล็กได้ถูกออกแบบและทดลองดัดขึ้นรูปชิ้นงานโดยใช้ขนาดของเครื่องมือที่แตกต่างกัน (Nur et al., 2023; Watcharasresomroeng et al., 2022) ข้อดีของการทดสอบในห้องปฏิบัติการคือสามารถควบคุมตัวแปรที่สนใจศึกษาได้ สำหรับกระบวนการดัดรูปตัววีนั้นตัวแปรที่สนใจได้แก่ขนาดรัศมีของพันธัง (R_p) ขนาดรัศมีของแม่พิมพ์ (R_d) และความกว้างของช่องแม่พิมพ์ (W) เพื่อเปลี่ยนขนาดของเครื่องมือขึ้นส่วน Insert punch และ Insert die ถูกนำมาใช้แทนที่แม่พิมพ์แบบคงที่ (fixed punch และ die) มุมดัดของชิ้นงานที่ได้รับจะถูกวัดผลและใช้เป็นตัวบ่งชี้อิทธิพลของตัวแปรที่กำลังศึกษา



ภาพ 1 กระบวนการดัดโลหะแผ่น (sheet bending processes) (ก) V-bending (ข) U-bending และ (ค) L-bending



ภาพ 2 กระบวนการดัดแบบ 3 จุด (3-point bending)

ในกระบวนการดัดมีปัญหาที่สำคัญ คือ การดีดกลับของชิ้นงาน (springback) ทำให้ค่าของมุมดัดภายหลังเสร็จสิ้นการขึ้นรูปเปลี่ยนแปลงไป เครื่องมือที่ใช้ศึกษากระบวนการดัดสามารถนำมาใช้ศึกษาพฤติกรรมการดีดกลับของวัสดุได้ จากการค้นคว้าพบว่า การดีดกลับมีสาเหตุมาจากการคืนตัวของช่วงการเสียรูปในช่วงอีลาสติกภายในวัสดุ (Alhammadi et al., 2018; Boonchua & Thanakijkasem, 2012) ซึ่งมีผลมาจากเงื่อนไขการขึ้นรูปทางด้านวัสดุและเครื่องมือที่ใช้ สมบัติทางกลอย่างเช่นค่าความแข็งแรงของวัสดุ (yield และ tensile strength) และความอดุลย์ยืดหยุ่น (young's modulus) ล้วนมีผลต่อปริมาณการดีดกลับของวัสดุ ขนาดของมุมดัดที่เปลี่ยนแปลงไปทำให้คุณภาพด้านขนาดและรูปร่างของชิ้นงานไม่เหมาะสม นับเป็นปัญหาสำหรับวิศวกรผู้ผลิต แนวทางศึกษาการชดเชยการดีดกลับ (springback compensation) จึงได้ถูกทำการวิจัย (Wang et al., 2008; Karabulut et al., 2024; Kut et al., 2023) สำหรับกระบวนการดัดรูปตัววีสามารถทำได้โดยวิธีการกดย้ำ (coining) และวิธีการดัดเพิ่ม (overbending) (Lange, 1985) ทั้ง 2 แนวคิดใช้หลักการเดียวกันคือการทำให้ชิ้นงาน

เกิดการเสียรูปแบบพลาสติกเพิ่มมากขึ้น เพื่อลดปริมาณการคืนตัวในช่วงอีลาสติกให้น้อยลง ชิ้นงานที่ได้จะแสดงการดีดกลับที่ลดลง

วัสดุแต่ละชนิดที่ใช้ในงานวิศวกรรมตอบสนองต่อการดัดและการดีดกลับแตกต่างกัน เพื่อให้ครอบคลุมการศึกษาอิทธิพลของวัสดุและเครื่องมือจำเป็นต้องใช้ชุดแม่พิมพ์ทดสอบที่สามารถปรับค่าได้ แทนที่จะใช้เครื่องมือแบบคงที่ (fixed die)

ในงานวิจัยนี้มีเป้าหมายเพื่อออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ดัดรูปตัววีแบบปรับค่าได้ สำหรับศึกษากระบวนการดัด ศึกษาอิทธิพลของเครื่องมือ และศึกษาวิธีการชดเชยการดีดกลับ ดังนั้นชุดแม่พิมพ์จะต้องปรับค่าได้เพื่อรองรับเงื่อนไขการทดสอบต่าง ๆ โดยเริ่มต้นของการวิจัยจะศึกษาวิเคราะห์กระบวนการดัดด้วยโปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์ การศึกษาเพื่อสังเกตอิทธิพลของเครื่องมือที่ส่งผลต่อค่ามุมดัดที่เกิดขึ้น จากนั้นจะออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ดัดตามหลักการทางวิศวกรรม การวิเคราะห์ความแข็งแรงของเครื่องมือสุดท้าย คือ การใช้อุปกรณ์ที่ออกแบบดัดขึ้นรูปชิ้นงานจริง การตรวจสอบการทำงานของเครื่องมือจะถูกวิเคราะห์

และการศึกษาการชดเชยการบิดกลับในกระบวนการดัดรูปตัววี วัสดุแต่ละชนิดจะถูกนำมาทดลอง

$$\lambda = \left| \frac{k_i - k_0}{k_0} \right| \quad (1)$$

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. ศึกษากระบวนการดัดขึ้นงานรูปตัววีด้วยวิธีการดัดแบบ 3 จุด (3-point bending) และศึกษาอิทธิพลของเครื่องมือต่อมุมดัดของชิ้นงานโดยใช้โปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์
2. ออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ดัดรูปตัววีแบบปรับค่าได้ตามหลักการทางวิศวกรรม
3. ตรวจสอบการทำงานของแม่พิมพ์ด้วยการทดลองดัดขึ้นรูปจริงและนำเครื่องมือที่พัฒนามาใช้ศึกษาพฤติกรรมการบิดกลับ รวมถึงการศึกษาวิธีการชดเชยการบิดกลับในกระบวนการดัดแบบ 3 จุด

วิธีดำเนินการวิจัย

แผนดำเนินการวิจัยแสดงในภาพ 3 โดยงานวิจัยแบ่งออกเป็น 3 ระยะ

การวิเคราะห์กระบวนการดัดขึ้นรูปด้วยโปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์

แบบจำลองกระบวนการดัดขึ้นรูปตัววีด้วยวิธีการดัดแบบ 3 จุด (3-point bending) ถูกสร้างโดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์ทางวิศวกรรม นั่นคือ โปรแกรม DEFORM2D เพื่อวิเคราะห์ผลของการดัดที่เกิดขึ้นภายใต้เงื่อนไขของขนาดเครื่องมือที่แตกต่างกัน ได้แก่ ขนาดของรัศมีพันซ์ (Rp) รัศมีแม่พิมพ์ (Rd) และความกว้างของช่องแม่พิมพ์ (W) เพื่อสังเกตค่ามุมดัดที่เกิดขึ้นบนชิ้นงานในกระบวนการดัดแบบ 3 จุด ตาราง 1 แสดงค่าขนาดของเครื่องมือที่ใช้ศึกษา ความสัมพันธ์ระหว่างมุมดัดกับระยะกดของพันซ์จะถูกบันทึกเพื่อใช้เป็นเงื่อนไขสำหรับการออกแบบการทดลองดัดขึ้นรูปชิ้นงานจริง

นอกจากนี้อิทธิพลของเครื่องมือต่อมุมดัดจะถูกวิเคราะห์โดยใช้หลักการการวิเคราะห์ความอ่อนไหว (sensitivity analysis) (Zhang et al., 2009) ค่าความอ่อนไหวของมุมดัด (λ) ภายใต้เงื่อนไขของขนาดเครื่องมือที่แตกต่างกันจะถูกคำนวณโดยสมการที่ (1) การวิเคราะห์อิทธิพลของเครื่องมือจะเป็นข้อมูลที่สำคัญในการออกแบบแม่พิมพ์ดัดขึ้นรูปตัววีแบบปรับค่าได้

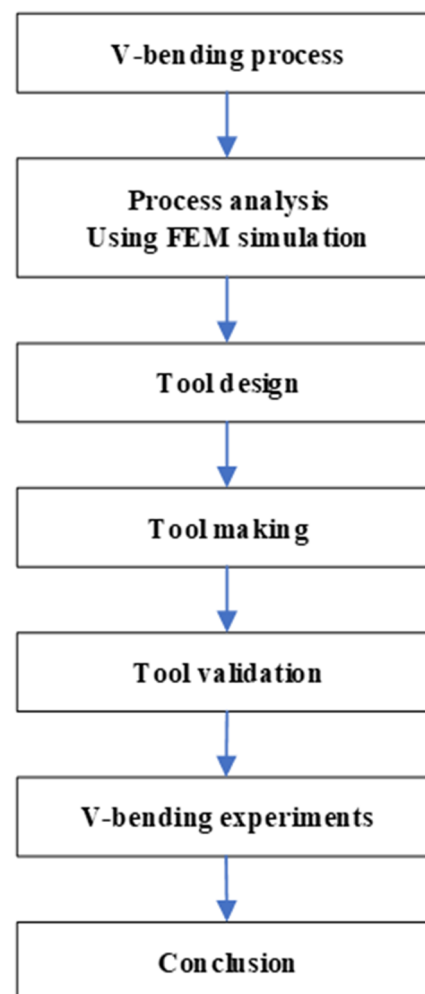
โดยที่ k_0 คือ มุมดัดของชิ้นงานเริ่มต้น (องศา)

k_i คือ มุมดัดของชิ้นงานภายใต้ขนาด

เครื่องมือใด ๆ (องศา)

การออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ดัดรูปตัววีแบบปรับค่าได้

การทำบทบทวนวรรณกรรมของ Kut et al. (2023) และ Pornputsiri (2017) กระบวนการดัดขึ้นงานด้วยวิธีแบบ 3 จุด ทำให้พบลักษณะรูปแบบที่เหมาะสมของเครื่องมือ แม่พิมพ์จะต้องสามารถใช้ดัดขึ้นงานภายใต้เงื่อนไขขนาดแม่พิมพ์ที่แตกต่างกันได้เพื่อรองรับชิ้นงานที่มีขนาดหลากหลาย โดยขนาดของรัศมีพันซ์ ขนาดรัศมีของแม่พิมพ์ และความกว้างของช่องแม่พิมพ์จะต้องเปลี่ยนแปลงค่าได้



ภาพ 3 แผนดำเนินการวิจัย

ตาราง 1

ตัวแปรที่ศึกษาสำหรับกระบวนการดัดขึ้นรูป

ตัวแปร	รายละเอียด
รัศมีของพินช์ (Rp)	4, 7, 10 mm
รัศมีของแม่พิมพ์ (Rd)	4, 7, 10 mm
ความกว้างช่องแม่พิมพ์ (W)	50, 60, 70 mm

การออกแบบเครื่องมือจะเป็นไปตามหลักการทางวิศวกรรม การวิเคราะห์ความแข็งแรงของเครื่องมือโดยใช้โปรแกรมออกแบบทางวิศวกรรม โดยพิจารณาค่าความเค้น (stress) ค่าความเครียด (strain) และค่าความปลอดภัยทางวิศวกรรม (Safety Factor: F.O.S) เครื่องมือที่ออกแบบจะต้องสามารถรับภาระได้โดยไม่มีการเสียหายขณะทำการขึ้นรูปดัดขึ้นงาน

การทดสอบดัดขึ้นรูปขึ้นงานจริง

การทดลองแรก คือ การตรวจสอบการทำงานของแม่พิมพ์ดัด ผลลัพธ์จากการวิเคราะห์ความอ่อนไหวแสดงให้เห็นเงื่อนไขที่เหมาะสมในการดัดขึ้นงาน ที่สามารถแสดงรูปตัววีที่มีมุมดัดหลาย ๆ ขนาด เงื่อนไขที่ใช้ในการทดสอบแสดงในตาราง 2 เป็นการทดสอบดัดขึ้นรูปขึ้นงานที่ระยะกุดของพินช์แตกต่างกันหลายระดับ มุมดัดที่เกิดขึ้นจะถูกวัดค่าและนำมาเปรียบเทียบกับผลการจำลองด้วยโปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์ ค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างระหว่างผลการทดลองจริงกับการคำนวณด้วยคอมพิวเตอร์แสดงในสมการที่ (2) เพื่อบ่งบอกถึงความแม่นยำและความน่าเชื่อถือของเครื่องมือที่พัฒนา

$$Error = \left| \frac{\theta_{EXP} - \theta_{FEM}}{\theta_{FEM}} \right| 100\% \quad (2)$$

โดยที่ θ_{EXP} คือ มุมดัดจากการทดลองจริง (องศา)

θ_{FEM} คือ มุมดัดจากการคำนวณด้วยโปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์ (องศา)

ตาราง 2

เงื่อนไขการทดสอบการดัดขึ้นงานสำหรับการตรวจสอบเครื่องมือ

เงื่อนไข	รายละเอียด
รัศมีของพินช์ (Rp)	4 mm
รัศมีของแม่พิมพ์ (Rd)	4 mm
ความกว้างช่องแม่พิมพ์ (W)	60 mm
วัสดุขึ้นงาน	
ความหนาแผ่นโลหะ	AA1100
ระยะกุดของพินช์	1 mm
	10, 20, 30, 40 mm

ตาราง 3

เงื่อนไขการทดสอบการดัดขึ้นงานสำหรับการศึกษาพฤติกรรมการดีดกลับและการชดเชยการดีดกลับ

เงื่อนไข	รายละเอียด
1. การศึกษาพฤติกรรม	
การดีดกลับ	
รัศมีของพินช์ (Rp)	4 mm
รัศมีของแม่พิมพ์ (Rd)	4 mm
ความกว้างช่องแม่พิมพ์ (W)	60 mm
วัสดุขึ้นงาน	AA1100, AISI1005
ความหนาแผ่นโลหะ	1 mm
ระยะกุดของพินช์	10, 20, 30, 40 mm
2. การชดเชยการดีดกลับ	
มุมที่ต้องการดัด	80, 90, 100 Deg.

การทดลองถัดไปคือการใช้เครื่องมือเพื่อศึกษาพฤติกรรมการดีดกลับของขึ้นงาน วัสดุที่แตกต่างกันนำมาทดสอบดัดขึ้นรูป เงื่อนไขการทดลองแสดงในตาราง 3 มุมดัดของขึ้นงานก่อนและหลังการดีดกลับจะถูกวัดค่าและบันทึกผลเพื่อแสดงปริมาณการดีดกลับที่เกิดขึ้นของขึ้นงานทดสอบ

เป้าหมายของการศึกษาการดีดกลับคือการหาวิธีชดเชยการดีดกลับ (springback compensation)

สำหรับการดัดชิ้นงานแบบ 3 จุด สามารถชดเชยการบิดกลับได้ด้วยวิธี Overbending โดยทางปฏิบัติทำได้โดยกดดัดชิ้นงานด้วยระยะกดที่ลึกมากกว่าเดิม ผลของการศึกษาพฤติกรรมการบิดกลับของวัสดุจะถูกนำมาวิเคราะห์เพื่อคำนวณหาค่าระยะกดลึกใหม่ที่สามารถชดเชยการบิดกลับได้ ในงานวิจัยนี้จะทำการทดสอบดัดชิ้นงานให้ได้ค่ามุมที่ 80 90 และ 100 องศา การทดลองทั้งหมดจะถูกทดลองโดยใช้แม่พิมพ์ดัดที่ถูกพัฒนา

ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

ผลการวิเคราะห์กระบวนการดัดแบบ 3 จุด (3-point bending) ด้วยโปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์

แบบจำลองกระบวนการดัดแบบ 3 จุดแสดงในภาพ 4 เนื่องจากชิ้นส่วนของเครื่องมือและชิ้นงานมีความสมมาตร (symmetry) ดังนั้นแบบจำลองแบบครึ่งส่วน (half model) ถูกใช้ในการวิเคราะห์กระบวนการดัดเพื่อลดเวลาในการคำนวณ ตาราง 4 แสดงเงื่อนไขขอบเขต (boundary conditions) ที่กำหนดในแบบจำลอง วัสดุที่เลือกใช้คือแผ่นอลูมิเนียมชนิด AA1100 ที่มีความหนาแผ่น 1 มิลลิเมตร ค่าสมบัติทางกลและเส้นโค้งความเค้น-โหลของวัสดุในช่วงการเสียรูปแบบพลาสติกใช้ค่าที่กำหนดในตัวโปรแกรม DEFORM2D ขนาดของเครื่องมือแสดงในตาราง 1 ชิ้นส่วนพUNCHจะเคลื่อนที่ลงมากดชิ้นงานให้เข้าไปในช่องว่างระหว่างแม่พิมพ์เพื่อทำการดัดขึ้นรูป ระยะการเคลื่อนที่ของพUNCHสูงสุดกำหนดที่ 40 มิลลิเมตร ผลลัพธ์จากการจำลองกระบวนการขึ้นรูปจะถูกแบ่งเป็น 2 ส่วน ได้แก่ การวิเคราะห์การเสียรูปของชิ้นงานและการวิเคราะห์อิทธิพลของเครื่องมือต่อมุมดัดที่เกิดขึ้นบนชิ้นงาน

พฤติกรรมการเสียรูปถูกพิจารณาตั้งแต่เริ่มกดชิ้นงานจนถึงระยะกดสูงสุดของพUNCH ผลลัพธ์จากการจำลองกระบวนการดัดขึ้นรูปแสดงในภาพ 5 โดยค่าความเค้นที่กระจายตัวบนชิ้นงานแสดงถึงภาระที่วัสดุโดนกระทำจากแรงภายนอกแสดงในภาพ 6(ก) ความเค้นเฉลี่ย (mean stress) บ่งบอกสถานะความเค้นโดยเฉลี่ยที่วัสดุโดนกระทำ ซึ่งสามารถบอกสถานะการเสียรูปภายใต้ความเค้นดึงหรือความเค้นกด พบว่า ค่าความเค้นสูงสุดเกิดขึ้นบริเวณชิ้นงานรอบรัศมีของพUNCH ที่บริเวณรอบรัศมีการดัดจะมีสถานะ

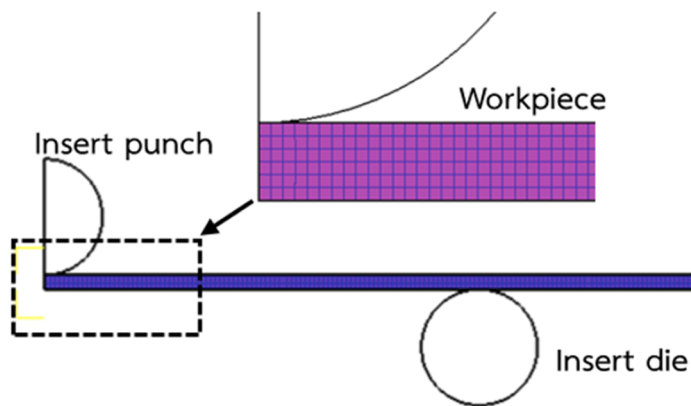
ความเค้นที่แตกต่างกันเกิดขึ้น โดยความเค้นดึงจะเกิดขึ้นที่ด้านนอกของชิ้นงานและความเค้นกดจะเกิดขึ้นที่ด้านในของชิ้นงานฝั่งติดกับตัวพUNCH การกระจายตัวของค่าความเค้นแสดงให้เห็นว่า ค่าความเค้นดึงและกดจะมีค่าสูงสุดที่บริเวณขอบด้านนอกของชิ้นงาน ในขณะที่บริเวณตรงกลางของความหนาแผ่นโลหะจะมีค่าความเค้นเกิดขึ้นน้อยมาก นี่คือนิยามเฉพาะของความเค้นที่เกิดขึ้นในกระบวนการดัดโลหะแผ่นซึ่งโปรแกรมจำลองกระบวนการขึ้นรูปสามารถแสดงผลได้จริง จากการศึกษาพบว่าค่าความเค้นเหล่านี้จะมีค่าสูงขึ้นเมื่อระยะกดของพUNCHเพิ่มขึ้น ในภาพ 6(ข) ค่าความเครียดสามารถแสดงถึงปริมาณการเสียรูปที่เกิดขึ้นบนชิ้นงานได้ พบว่า ค่าความเครียดสัมพันธ์กับค่าความเค้นบริเวณที่เสียรูปสูงสุดพบที่ขอบที่ด้านนอกและขอบด้านในของแผ่นโลหะ บริเวณตรงกลางแผ่นโลหะเกิดการเสียรูปที่น้อยมาก ทำให้การเสียรูปที่เกิดขึ้นยังคงอยู่ในช่วงการเสียรูปแบบอีลาสติก และนี่คือสาเหตุของการเกิดการบิดกลับของชิ้นงานภายหลังการดัดขึ้นรูป การคืนตัวของวัสดุในช่วงอีลาสติก (elastic recovery) คือ ตัวการบริเวณที่ไม่เกิดการเสียรูปแบบถาวรจะคืนตัวกลับสู่รูปร่างเดิม เมื่อพUNCHกดชิ้นงานลึกขึ้นค่าความเครียดก็จะสูงขึ้นด้วยเช่นกัน

นอกจากนี้ผลการจำลองกระบวนการดัดขึ้นรูปยังสามารถบันทึกค่ามุมดัดที่เกิดขึ้นบนชิ้นงานได้ เริ่มต้นการดัดนั้นมุมดัดจะมีค่าเท่ากับ 180 องศา และเมื่อพUNCHกดดัดชิ้นงานพบว่า มุมดัดนั้นจะมีเริ่มมีค่าน้อยลง ทำให้ชิ้นงานที่ถูกดัดนั้นมีลักษณะเป็นมุมแหลม

ความสัมพันธ์ระหว่างมุมดัดกับระยะกดของพUNCHภายใต้เงื่อนไขขนาดของเครื่องมือที่แตกต่างกันแสดงในภาพ 7 ขนาดของเครื่องมือส่งผลต่อมุมดัดของชิ้นงานชัดเจน ที่ระยะกดเท่ากันนั้นขนาดเครื่องมือของพUNCHและแม่พิมพ์ขนาดใหญ่จะให้ค่ามุมดัดที่แหลมกว่า โดยพบว่า ที่รัศมีพUNCH 10 มิลลิเมตร กับรัศมีแม่พิมพ์ 10 มิลลิเมตร ได้มุมแหลมมากกว่าที่รัศมีพUNCH 4 มิลลิเมตร กับรัศมีแม่พิมพ์ 4 มิลลิเมตร ในขณะที่ความกว้างของช่องแม่พิมพ์เมื่อปรับให้มีค่าน้อยลงก็จะทำให้ได้ชิ้นงานที่เป็นมุมแหลมมากขึ้น การที่ขนาดของเครื่องมือมีขนาดใหญ่ขึ้นและความกว้างของช่องแม่พิมพ์แคบลงจะส่งผลให้ช่องว่างภายในแม่พิมพ์ (die cavity) ถูกลดปริมาตรลงเช่นกัน แม่พิมพ์จะเป็นตัวบังคับให้เกิดการดัดเป็นมุมแหลมได้ขึ้น

อิทธิพลของเครื่องมือต่อมุมตัดของชิ้นงานถูกพิจารณาโดยใช้หลักการวิเคราะห์ความอ่อนไหว (sensitivity analysis) จากสมการ (1) ค่าความอ่อนไหวของมุมตัด (λ) สามารถคำนวณได้และแสดงผลลัพธ์ในภาพ 8 ผลการคำนวณสอดคล้องกับการวิเคราะห์กระบวนการตัดขึ้นรูป โดยแสดงให้เห็นว่าที่มุมตัดจะมีค่าน้อยลง (เป็นมุมแหลม

มากขึ้น) ในกรณีที่ขนาดของเครื่องมือ (ขนาดรัศมีของฟันซ์และรัศมีของแม่พิมพ์) ใหญ่ขึ้น และในกรณีที่ความกว้างของช่องแม่พิมพ์น้อยลง กรณีเหล่านี้จะให้ค่าความอ่อนไหวของมุมตัด (λ) ที่สูง ดังนั้นในกระบวนการตัดขึ้นรูปแบบ 3 จุด ความสัมพันธ์ของมุมตัดกับระยะกดของฟันซ์จะเปลี่ยนแปลงตามขนาดของเครื่องมือที่ใช้

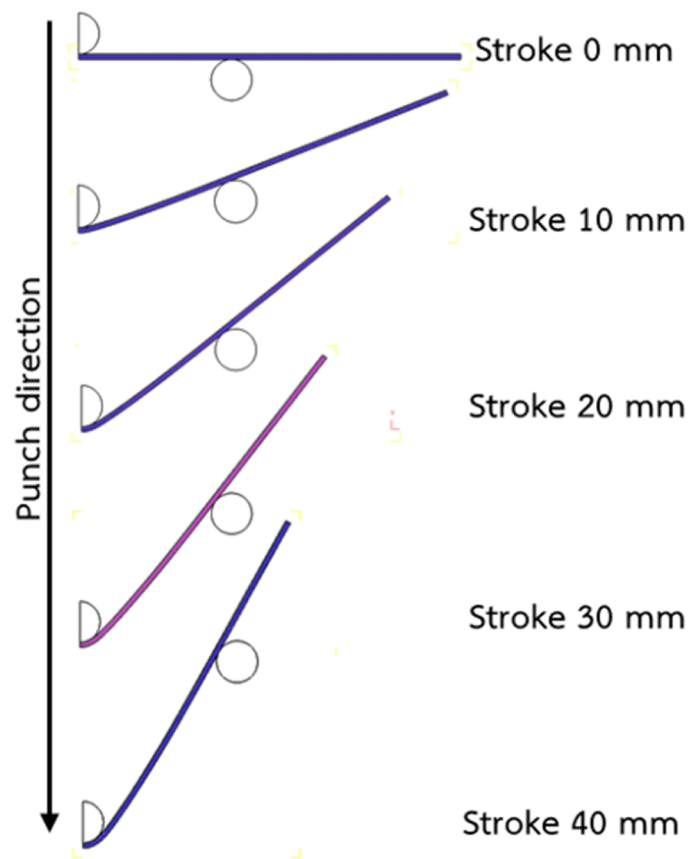


ภาพ 4 แบบจำลองกระบวนการตัดแบบ 3 จุด

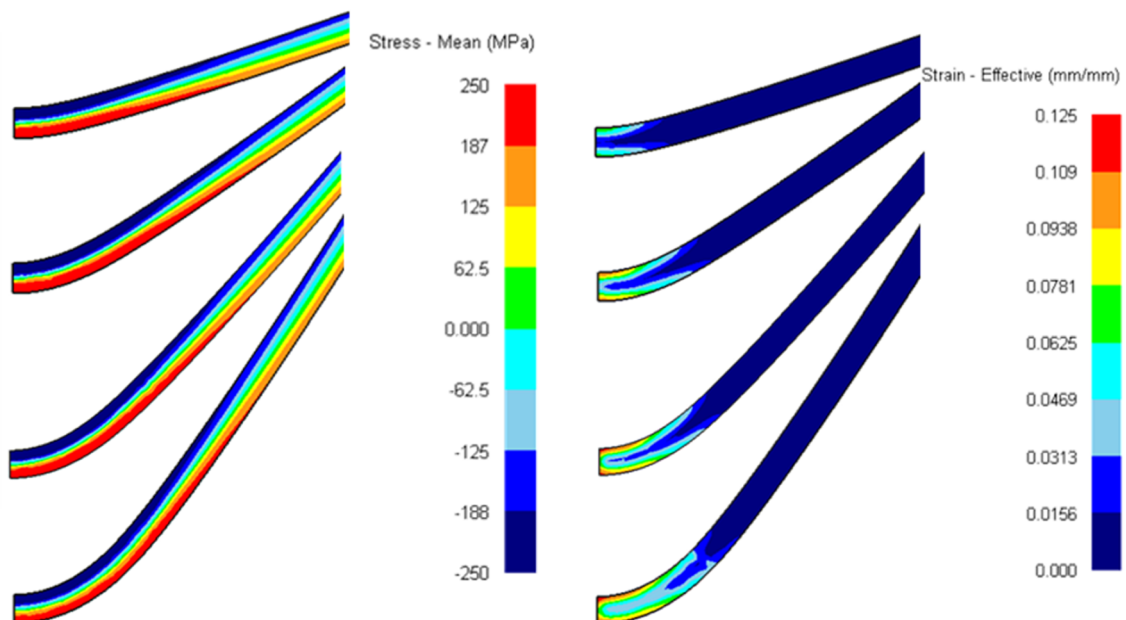
ตาราง 4

เงื่อนไขที่ใช้ในการจำลองกระบวนการตัดขึ้นรูป (boundary conditions)

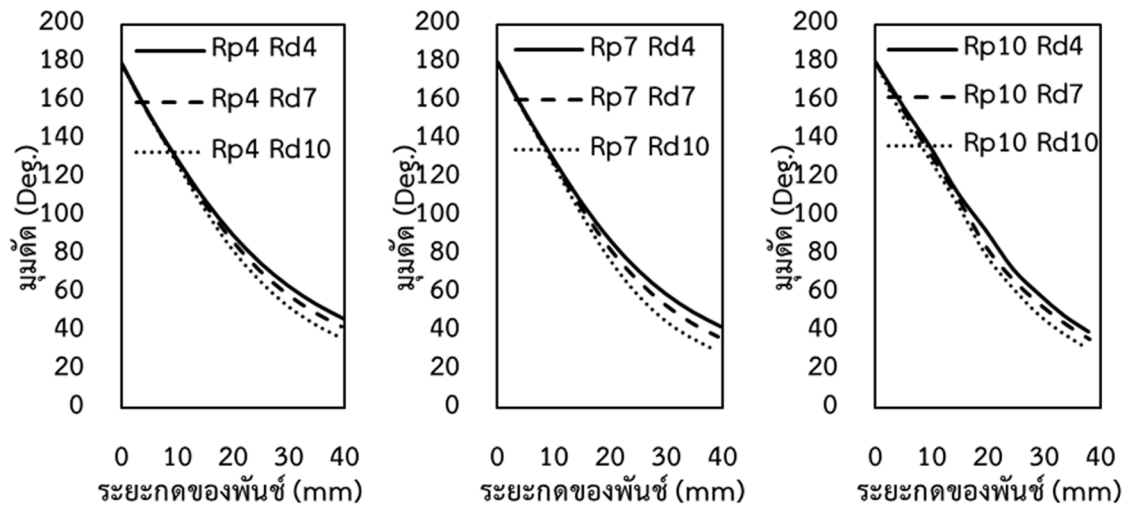
เงื่อนไข	รายละเอียด
แบบจำลอง	
รูปแบบของแบบจำลอง	2D 1/2 model
ชิ้นงาน	
ชนิดของวัสดุ	AA1100
เส้นโค้งความเค้น-โหลของวัสดุ	DEFORM2D
ชนิดของเอลิเมนต์	2D quad element
จำนวนของเอลิเมนต์	3,000 elements
เครื่องมือ	
ชนิดของฟันซ์และแม่พิมพ์	Rigid body
เงื่อนไขการขึ้นรูป	
ความเร็วของฟันซ์	1 mm/s
ระยะกดสูงสุดของฟันซ์	40 mm
ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน (μ)	0.1



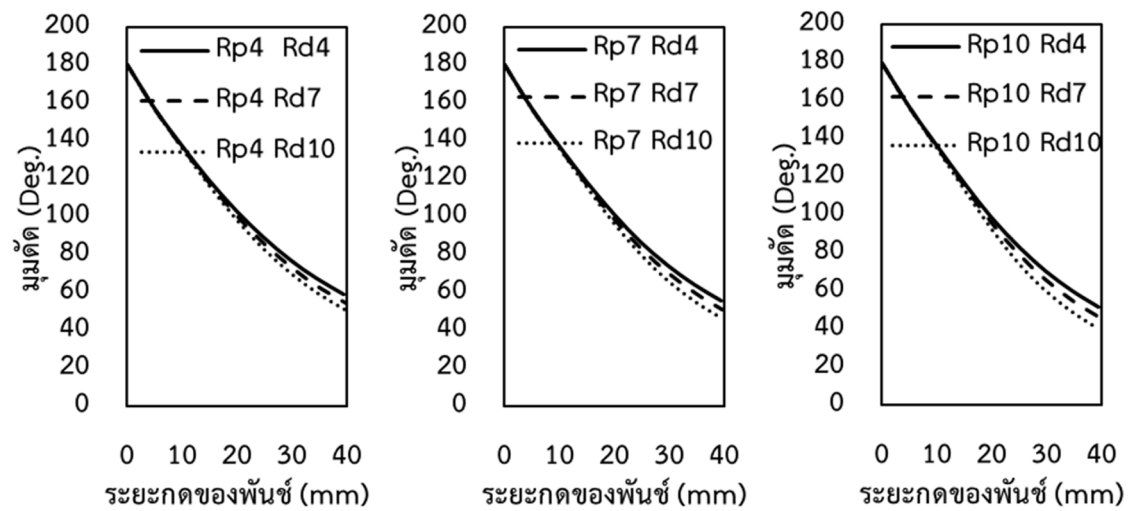
ภาพ 5 ผลลัพธ์การจำลองกระบวนการดัดขึ้นรูป (เงื่อนไข Rp 4 mm Rd 4 mm และ W 60 mm)



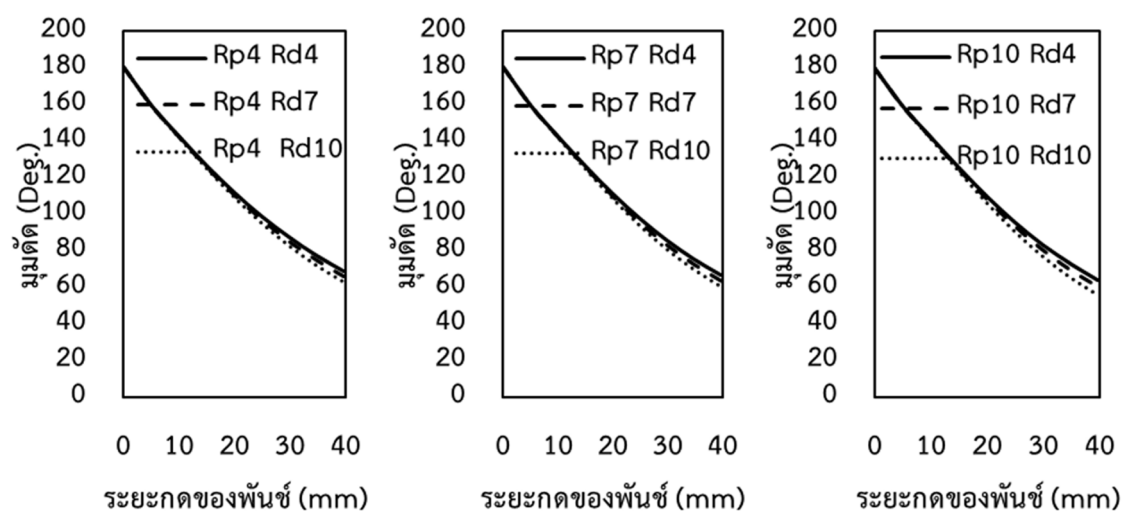
ภาพ 6 ผลลัพธ์การจำลองกระบวนการดัดขึ้นรูป (เงื่อนไข Rp 4 mm Rd 4 mm และ W 60 mm) (ก) ค่าความเค้นเฉลี่ย (mean stress) และ (ข) ค่าความเครียดประสิทธิผล (effective strain)



(ก)

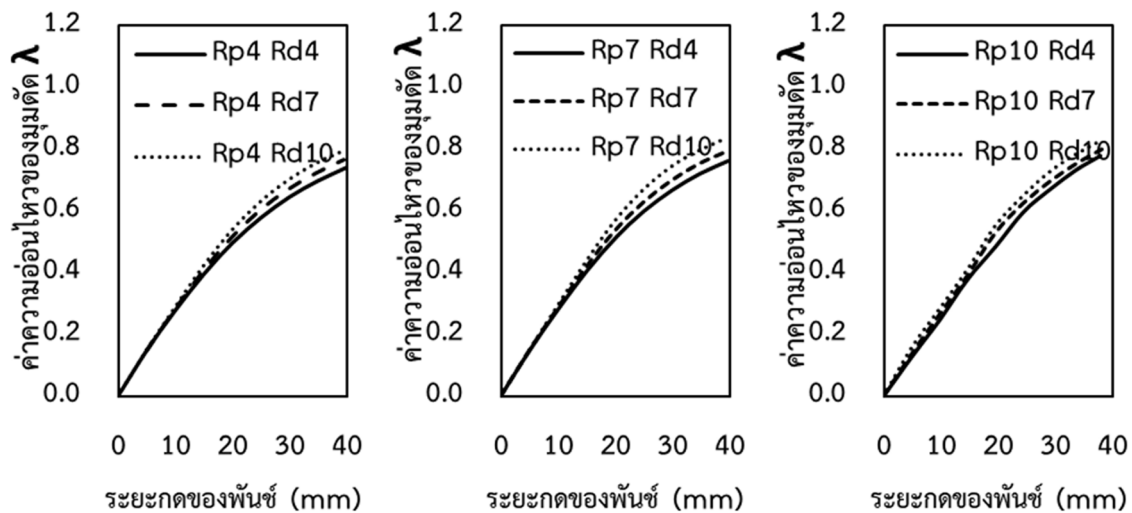


(ข)

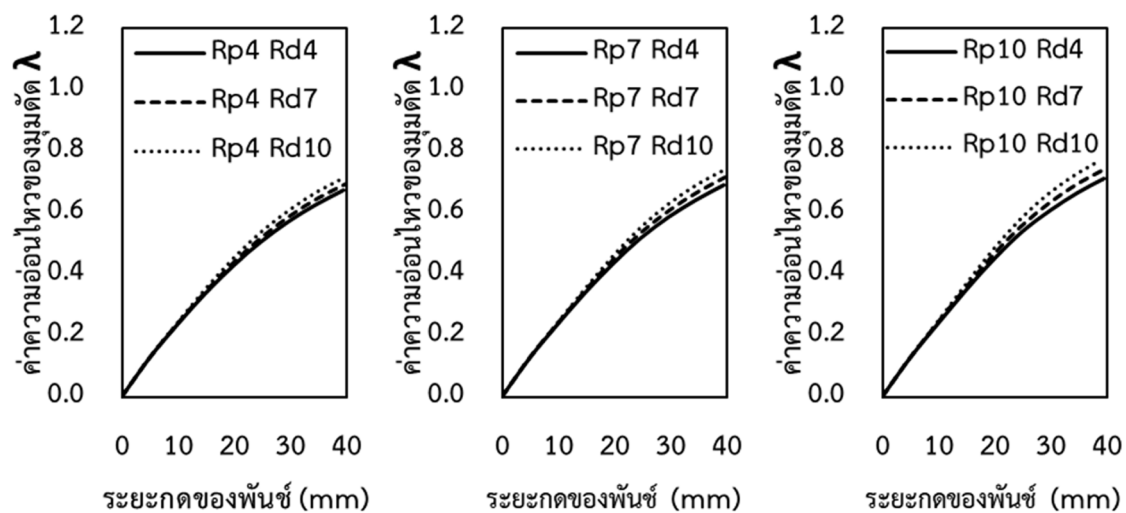


(ค)

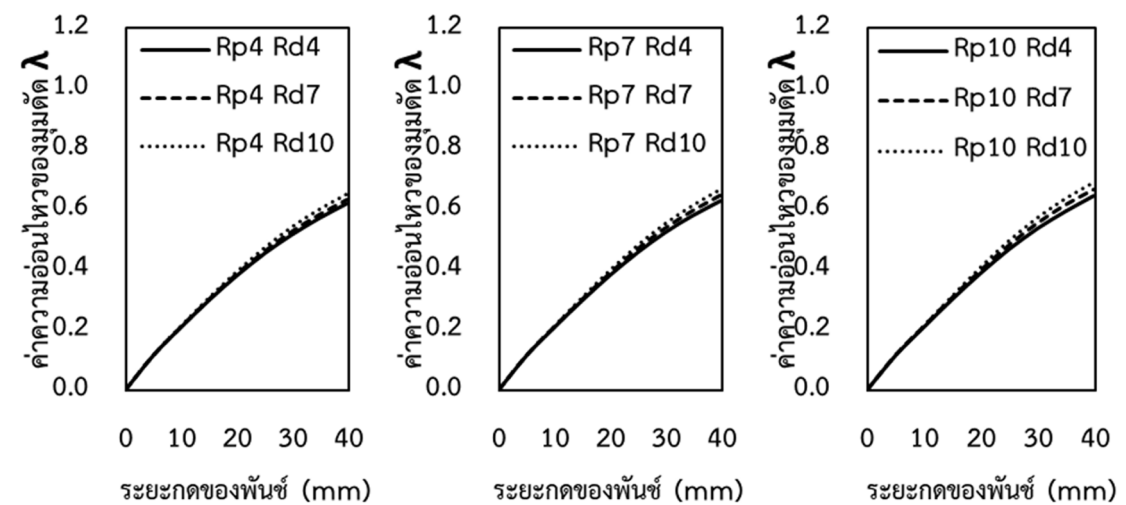
ภาพ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างมุมตัดกับระยะกดของฟันซ์ (ก) W 50 mm (ข) W 60 mm และ (ค) W 70 mm



(ก)



(ข)



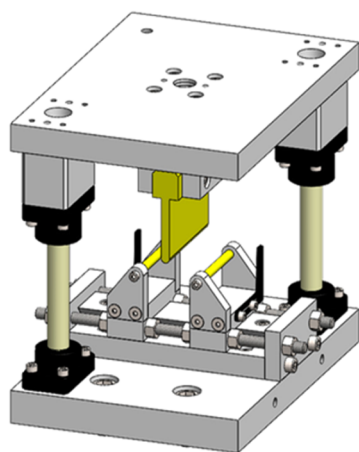
(ค)

ภาพ 8 ค่าความอ่อนไหวของมุมตัด (ก) W 50 mm (ข) W 60 mm และ (ค) W 70 mm

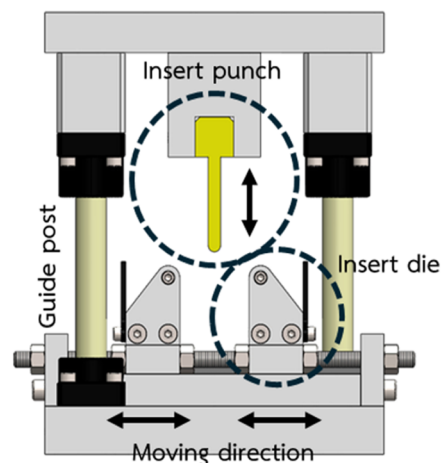
การออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ตัดขึ้นรูปตัววีแบบปรับค่าได้

ภาพ 9 แสดงชุดแม่พิมพ์ที่ถูกพัฒนาสำหรับกระบวนการตัดขึ้นรูปแบบ 3 จุด ส่วนประกอบหลักได้แก่ ชุดพินซ์ ชุดแม่พิมพ์ตัวล่าง และชุดไกด์ เพื่อให้สามารถปรับเปลี่ยนขนาดของเครื่องมือทดสอบได้ Insert punch และ Insert die ถูกเลือกนำมาใช้งาน ทำให้ขนาดของรีซีมพินซ์ และรีซีมของแม่พิมพ์สามารถเลือกใช้ตามที่ต้องการได้ ที่ชุดแม่พิมพ์ตัวล่างสามารถเคลื่อนที่เข้าและออกได้บนร่องทางเหยี่ยว ทำให้สามารถตั้งค่าความกว้างของช่องแม่พิมพ์ได้ เมื่อได้ค่าความกว้างที่ต้องการจะใช้นัทสกรูล็อกตำแหน่งให้อยู่กับที่ขณะโดนกดขึ้นรูป นอกจากนี้ชุดเครื่องมือยังได้ติดตั้งเสา Guide post เป็นตัวประคองการเคลื่อนที่ขึ้นและลงของแม่พิมพ์ตัวบน ทำให้แม่พิมพ์มีการเคลื่อนที่ร่วมศูนย์กันในการตัดขึ้นงานแต่ละชิ้น

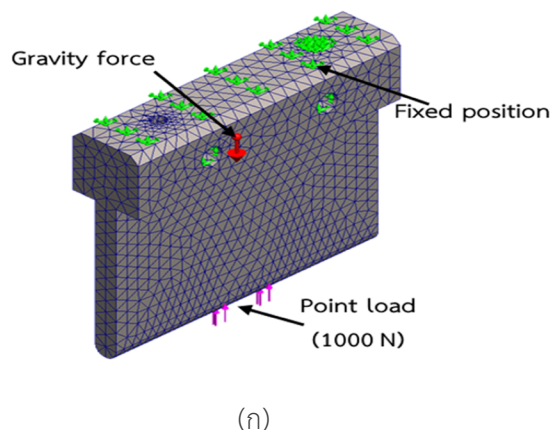
แบบจำลองของเครื่องมือที่ออกแบบถูกนำมาวิเคราะห์ความแข็งแรงด้วยโปรแกรม Solidworks simulation แบบจำลองของชุด Insert punch และ Insert die แสดงในภาพ



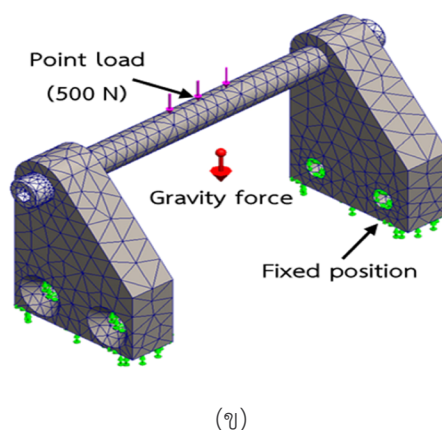
10 วัสดุที่นำมาสร้างเครื่องมือ คือ เหล็กกล้า AISI1045 มีค่าสมบัติทางกลดังนี้ค่าอัตราส่วนปัวซอง (poisson's ratio) ที่ 0.29 ค่ามอดูลัสยืดหยุ่น (young's modulus) ที่ 205000 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร และค่าความแข็งแรงที่จุดคราก (yield strength) ที่ 530 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร ในการคำนวณจะกำหนดให้วัสดุมีลักษณะแบบ Isotropic elastic และสำหรับการกำหนดเงื่อนไขขอบ (boundary condition) เพื่อต้องการตรวจสอบความแข็งแรงของเครื่องมือขณะทำการขึ้นรูปจะกำหนดแรงกระทำแบบจุดกับเครื่องมือ (point load) ที่ขนาดแรงกดเท่ากับ 1000 นิวตัน และ 500 นิวตัน สำหรับชุด Insert punch และ Insert die ขนาดแรงกดนี้สูงกว่าแรงที่เกิดขึ้นในการขึ้นรูปเหล็กกล้าทั่วไปประมาณ 10 เท่า ซึ่งสามารถครอบคลุมแรงตัดขึ้นรูปวัสดุชนิดอื่น ๆ ได้ การกำหนดการจับยึดจะเลียนแบบของจริงโดยชุด Insert punch จะจับยึดที่ผิวด้านบนและชุด Insert die จะจับยึดที่ผิวด้านล่าง ในการคำนวณเอลิเมนต์รูปสามเหลี่ยมถูกสร้างบนชิ้นงาน



ภาพ 9 โมเดลแม่พิมพ์ตัดรูปตัววีแบบปรับค่าได้

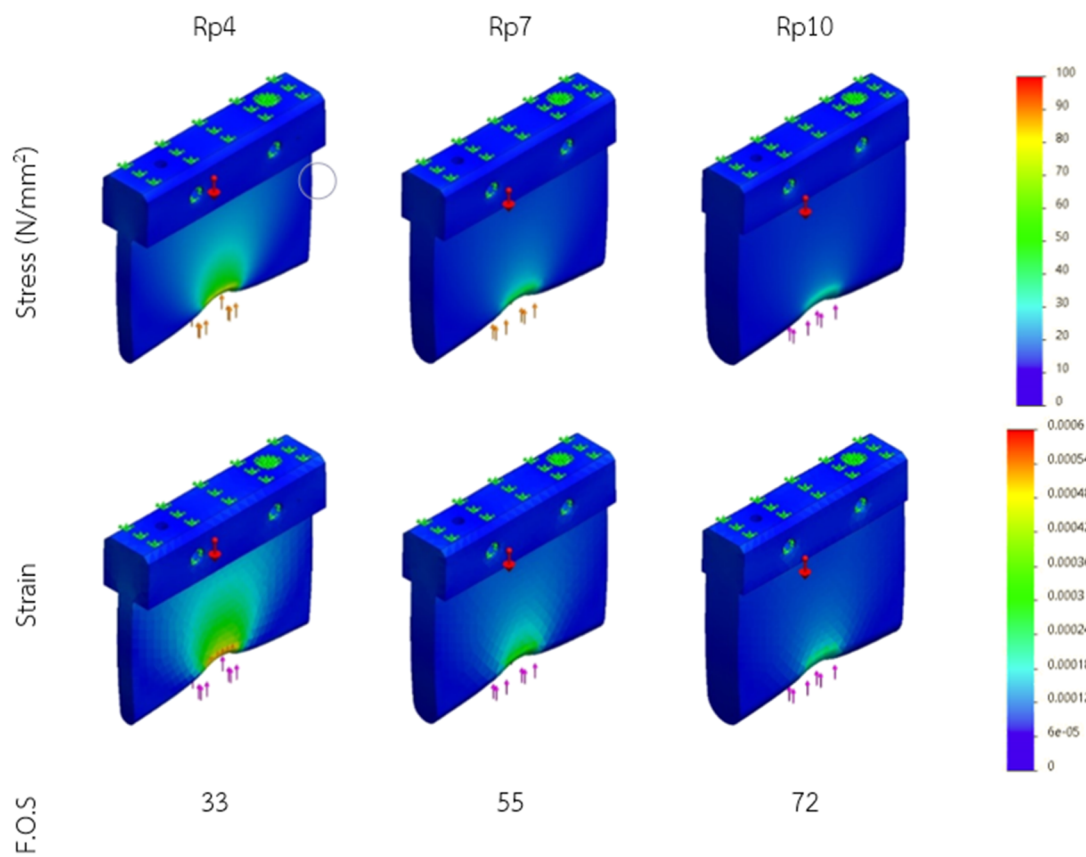


(ก)

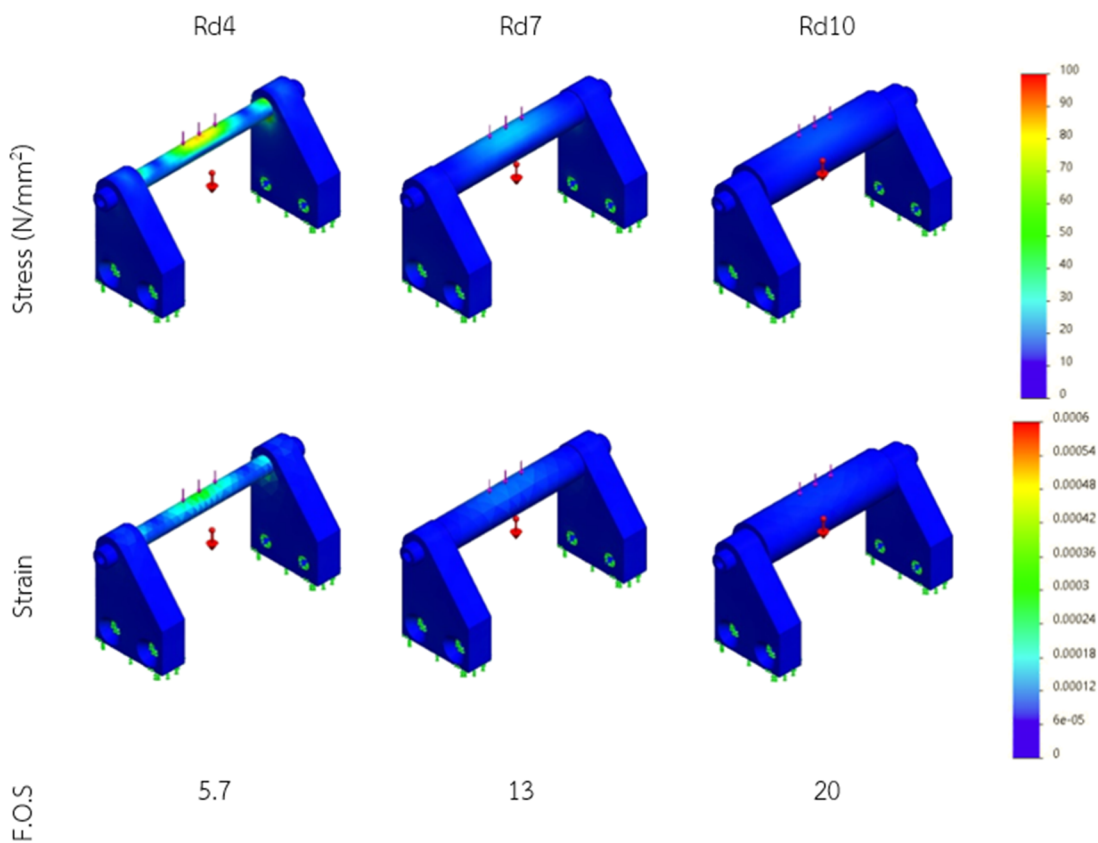


(ข)

ภาพ 10 เงื่อนไขขอบของแบบจำลอง (ก) ชุด Insert punch และ (ข) ชุด Insert die



ภาพ 11 ผลลัพธ์การวิเคราะห์ความแข็งแรงของชุด Insert punch



ภาพ 12 ผลลัพธ์การวิเคราะห์ความแข็งแรงของชุด Insert die

ผลการวิเคราะห์ตามหลักการไฟไนต์เอลิเมนต์ของชุด Insert punch แสดงในภาพ 11 แบบจำลองได้เปลี่ยนค่ารัศมีของเครื่องมือที่ 4, 7 และ 10 มิลลิเมตร ตามลำดับ พบว่าค่าความเค้นที่เกิดจากแรงภายนอกกระทำมีค่าต่ำกว่าค่าความเค้นครากของวัสดุเหล็กกล้า AISI1045 โดยที่ค่ารัศมี 4 7 และ 10 มิลลิเมตร ค่าความเค้นสูงสุดที่ 15.97 9.70 และ 7.31 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร ตามลำดับ ความเค้นทั้งหมดที่เกิดขึ้นอยู่ในช่วงการเสียรูปแบบอีลาสติก ปริมาณการเสียรูปแสดงผลโดยใช้ค่าความเครียดพหุคูณที่ค่ารัศมี 4 7 และ 10 มิลลิเมตร มีค่าสูงสุดเท่ากับ 5.43×10^{-5} 3.16×10^{-5} และ 2.43×10^{-5} ตามลำดับ ซึ่งมีค่าน้อยมาก การคำนวณค่าความปลอดภัยทางวิศวกรรมของทุกเงื่อนไขพบว่ามีความมากกว่า 2.5 ซึ่งมากกว่างานออกแบบชิ้นส่วนเครื่องจักรกลทั่วไป ผลรวมการวิเคราะห์ความแข็งแรงของชุด Insert punch สามารถใช้งานได้ตามภาระที่กำหนดโดยไม่เกิดการเสียรูปแบบถาวร

ภาพ 12 แสดงผลการวิเคราะห์ความแข็งแรงของชุด Insert die โดยแบบจำลองมีการปรับเปลี่ยนค่ารัศมีที่ 4 - 10 มิลลิเมตร แรงกระทำที่กึ่งกลางของแม่พิมพ์ในชิ้นงานประกอบพบว่า บริเวณที่เกิดความเค้นสูงสุดคือบริเวณที่กึ่งกลางเพลและบริเวณที่รองรับ Inset die แบบจำลองที่ใช้ค่ารัศมี 4 มิลลิเมตร ให้ค่าความเค้นสูงสุดที่ 93.70 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร ซึ่งยังคงมีค่าน้อยกว่าค่าความเค้นที่จุดครากของ AISI1045 ค่าความเค้นสัมพันธ์กับค่าความเครียด ที่รัศมีเล็กสุดให้ค่าความเครียดสูงสุดซึ่งมีค่าเท่ากับ 2.97×10^{-5} การเปรียบเทียบค่าความปลอดภัยทางวิศวกรรมในทุกเงื่อนไขมีความมากกว่า 2.5 ซึ่งยอมรับได้ชุด Insert die มีความแข็งแรงเพียงพอในการใช้งาน

การวิเคราะห์ความแข็งแรงของชุดแม่พิมพ์ดัดขึ้นรูปพบว่า มีความแข็งแรงและสามารถใช้เป็นอุปกรณ์ดัดขึ้นรูปชิ้นงานได้ ลำดับถัดไปคือการสร้างและผลิตแม่พิมพ์ดัดตามแบบ โครงสร้างและชิ้นส่วนต่าง ๆ ทำมาจากเหล็กกล้า AISI1045 ชิ้นส่วนมาตรฐานถูกนำมาใช้ประกอบ

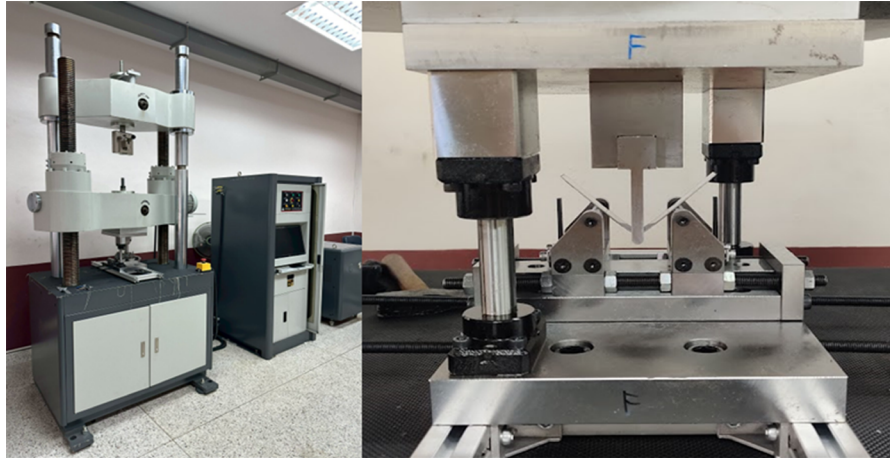
ตัวแม่พิมพ์ ภาพ 13 แสดงการติดตั้งชุดเครื่องมือกับเครื่องทดสอบแรงดึง

ผลการทดสอบการดัดขึ้นรูปชิ้นงานจริง (bending experiments)

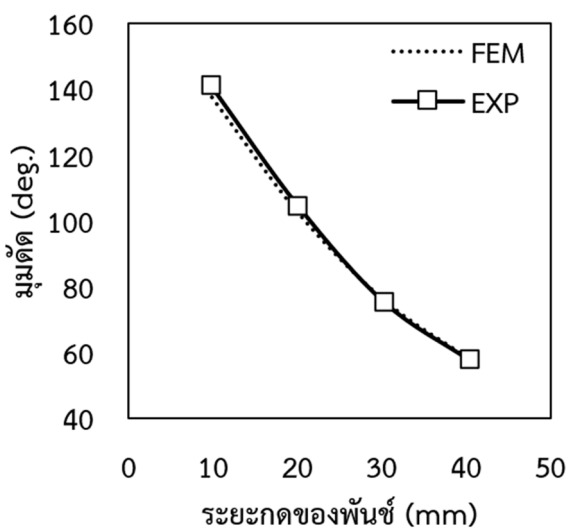
การตรวจสอบเครื่องมือ (tool validation)

การทดสอบดัดขึ้นรูปชิ้นงานเป็นรูปตัววีโดยขนาดของเครื่องมือถูกกำหนดดังแสดงในตาราง 2 การทดลองนี้กำหนดค่ารัศมีของพันธ์ ค่ารัศมีของแม่พิมพ์ และค่าความกว้างของช่องแม่พิมพ์เท่ากับ 4 4 และ 60 มิลลิเมตร ชิ้นงานที่ใช้ทดสอบคือแผ่นอลูมิเนียมชนิด AA1100 ที่มีค่าความหนาแผ่นโลหะเท่ากับ 1 มิลลิเมตร ทดสอบดัดขึ้นรูปโดยใช้ระยะกดของพันธ์ที่ 10 20 30 และ 40 มิลลิเมตร ตามลำดับ แต่ละเงื่อนไขจะถูกทดลองซ้ำอย่างละ 5 ชิ้น จากนั้นทำการวัดมุมดัดของชิ้นงานตอนอยู่ในแม่พิมพ์ อุปกรณ์ที่ใช้วัดค่ามุมดัด คือ ไบวดมูมดิจิตอล (digital projector) ที่มีค่าความแม่นยำที่ 0.01 องศา นำมุมที่วัดได้เทียบกับค่ามุมที่ได้จากการจำลองกระบวนการดัดขึ้นรูปโดยใช้โปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์

ภาพ 14 แสดงค่ามุมดัดของชิ้นงานที่ระยะกดแตกต่างกัน เมื่อระยะกดของพันธ์เพิ่มขึ้นจะพบว่า มุมดัดของชิ้นงานจะน้อยลงหรือเป็นมุมแหลมมากขึ้น ผลลัพธ์การดัดขึ้นรูปตัววีเหมือนกับผลการทดลองของจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง Aday (2019) และ Kut et al. (2023) แนวโน้มของผลการทดลองจริงสอดคล้องกับผลลัพธ์จากการจำลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ค่ามุมดัดที่วัดได้ใกล้เคียงกับค่าการจำลองกระบวนการขึ้นรูป โดยมีค่าความแตกต่างไม่เกิน 3% การทดลองนี้แสดงให้เห็นว่า เครื่องมือดัดขึ้นรูปชิ้นงานที่ออกแบบสามารถทำงานได้จริง เครื่องมือมีความแข็งแรงโดยไม่เกิดการเสียรูปขณะดัดขึ้นรูปชิ้นงานทำให้ผลการทดลองมีความถูกต้องและมีความน่าเชื่อถือ



ภาพ 13 แม่พิมพ์ตัดรูปตัววีแบบปรับค่าได้



ภาพ 14 การเปรียบเทียบผลการทดลองจริงกับการจำลองด้วยโปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์

การศึกษาพฤติกรรมการดีดกลับ (springback behavior investigation)

เครื่องมือที่ถูกพัฒนาถูกนำมาใช้ศึกษาพฤติกรรมการดีดกลับของโลหะแผ่นในกระบวนการตัด เจื่อนไขการทดสอบแสดงในตาราง 3 โลหะแผ่น 2 ชนิดถูกนำมาทดสอบได้แก่อลูมิเนียม AA1100 และเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ AISI1005 ซึ่งมีค่าความหนาที่ 1 มิลลิเมตร ทำการดัดขึ้นรูปโดยใช้ค่าระยะกดของพินซ์ในช่วง 10-40 มิลลิเมตร มุมดัดของชิ้นงานก่อนและหลังเกิดการดีดกลับถูกวัดค่าและนำมาเปรียบเทียบกัน การทดลองจะทำซ้ำเงื่อนไขละ 5 ชิ้น

ภาพ 15 แสดงการเปรียบเทียบมุมดัดที่เกิดขึ้นของทั้ง 2 วัสดุ ทำการวัดค่ามุมภายหลังการขึ้นรูปเสร็จที่ให้เกิดการดีดกลับแล้ว พบว่า เมื่อเกิดการดีดกลับจะทำให้

มุมดัดของชิ้นงานเปลี่ยนแปลงไปโดยมีขนาดของมุมที่เพิ่มขึ้นภายใต้เงื่อนไขการทดสอบเดียวกันนั้นวัสดุอลูมิเนียมแสดงการดีดกลับมากกว่าเหล็กกล้า สาเหตุของการดีดกลับเกิดมาจากการคืนตัวของวัสดุในช่วงอีลาสติก (elastic recovery) ตอนทำการดัดชิ้นงานนั้นการเสียรูปทั้งหมดจะประกอบไปด้วยการเสียรูปแบบอีลาสติกและพลาสติก ผลจากการวิเคราะห์กระบวนการขึ้นรูปด้วยโปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์สามารถแสดงการเสียรูปที่เกิดขึ้นได้ สำหรับปริมาณการเสียรูปที่เกิดขึ้นนั้นถึงแม้เหล็กกล้าจะมีความแข็งแรงมากกว่า แต่อลูมิเนียมมีค่ามอดูลัสยืดหยุ่นน้อยกว่า ซึ่งมีค่าน้อยกว่าของเหล็กกล้าประมาณ 3 เท่า วัสดุที่มีค่ามอดูลัสยืดหยุ่นต่ำจะทำให้มีช่วงการเสียรูปในช่วงอีลาสติกที่กว้างกว่า ทำให้เมื่อเกิดการขึ้นรูปชิ้นงานจะสามารถเกิดการคืนตัวของช่วงอีลาสติกได้มากกว่า ผลการทดลองสอดคล้องกับผลงานวิจัยอื่น ๆ ที่พบว่า อลูมิเนียมมีการดีดกลับมากกว่าเหล็กกล้า (Aday, 2019)

การชดเชยการดีดกลับ (springback compensation)

ปัญหาการดีดกลับในกระบวนการดัดส่งผลต่อขนาดและรูปร่างที่ไม่ได้คุณภาพในการเอาไปใช้งานต่อ ดังนั้นการชดเชยการดีดกลับจึงได้ถูกศึกษา วิธีการ Overbending ในการดัดชิ้นงานแบบ 3 จุด สามารถทำได้โดยเพิ่มค่าระยะกดของพินซ์ เพื่อเป็นการทำให้ชิ้นงานเกิดการเสียรูปแบบพลาสติกมากขึ้น ทำให้การดีดกลับเกิดขึ้นน้อยลงหรือเมื่อเกิดการดีดกลับแล้วจะได้ขนาดตามที่ต้องการ จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างมุมการดีดกลับกับระยะกดของพินซ์ในภาพ 15 สามารถสร้างเป็นสมการตัวเลขได้แสดงในสมการที่ (3) และ (4) สำหรับอลูมิเนียมและเหล็กกล้าตามลำดับ โดยค่า R-square (R^2) ของทั้ง 2 สมการมีค่าเท่ากับ 0.995 กับ 0.997 สำหรับสมการที่ (3) และ (4)

$$\theta_{AI} = 0.0429x^2 - 4.5271x + 188.51 \quad (3)$$

$$\theta_{SI} = 0.0218x^2 - 3.4295x + 167.71 \quad (4)$$

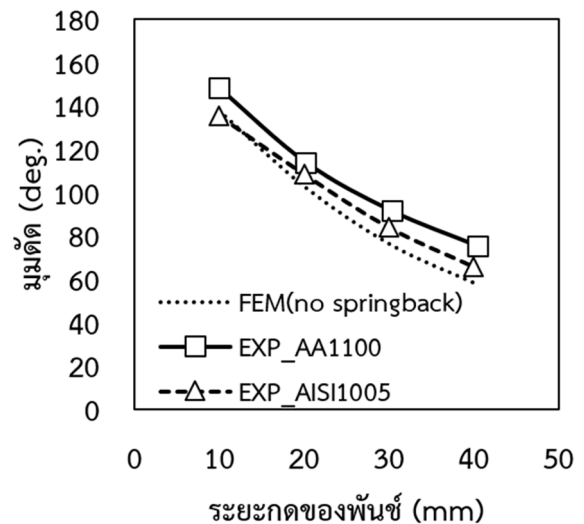
โดยที่ x คือ ระยะกดของพินซ์ที่พิจารณาการตีดกลับ (มิลลิเมตร)

θ_{AI} คือ มุมการตีดกลับของ AA1100 (องศา)

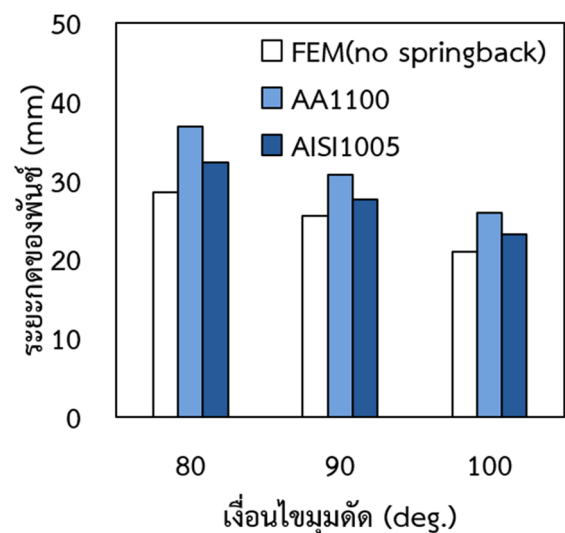
θ_{SI} คือ มุมการตีดกลับของ AISI1005 (องศา)

การทดสอบการชดเชยการตีดกลับในกระบวนการดัดชิ้นงานรูปตัววีโดยใช้เครื่องมือที่ถูกพัฒนา เงื่อนไขการทดสอบแสดงในตาราง 3 จะทดลองดัดชิ้นงานให้ได้มุมดัดที่ 80 90 และ 100 องศา ภาพ 16 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะกดของพินซ์ที่ต้องใช้ โดยได้มาจากการใช้สมการคำนวณค่าระยะกดใหม่ที่จะพิจารณาพฤติกรรมตีดกลับ การชดเชยการตีดกลับจะต้องใช้ระยะกดที่เพิ่มขึ้น โดยอนุมานะยมที่มีการตีดกลับมากกว่าจะใช้ระยะกดที่มากกว่าเล็กน้อย

การทดลองซ้ำเงื่อนไขละ 5 ชิ้น ชิ้นงานที่ผ่านการดัดถูกวัดค่ามุมดัดที่เกิดขึ้นภาพหลังการตีดกลับแสดงในภาพ 17 การเปรียบเทียบค่ามุมดัดภายหลังการเสร็จสิ้นการตีดกลับแสดงในภาพ 18 พบว่า ทั้งสองวัสดุที่ใช้ระยะกดของพินซ์ใหม่ที่ได้จากการคำนวณโดยใช้สมการสามารถชดเชยการตีดกลับได้ ค่ามุมที่ได้ใกล้เคียงกับที่ต้องการ ผลการทดลองพบว่า ค่าความแตกต่างของมุมดัดไม่เกิด 1 องศาในแต่ละเงื่อนไขของการทดลอง เครื่องมือดัดรูปตัววีแบบปรับค่าได้นอกจากใช้ดัดชิ้นงานยังสามารถใช้ศึกษาวิธีการชดเชยการตีดกลับได้เช่นกัน



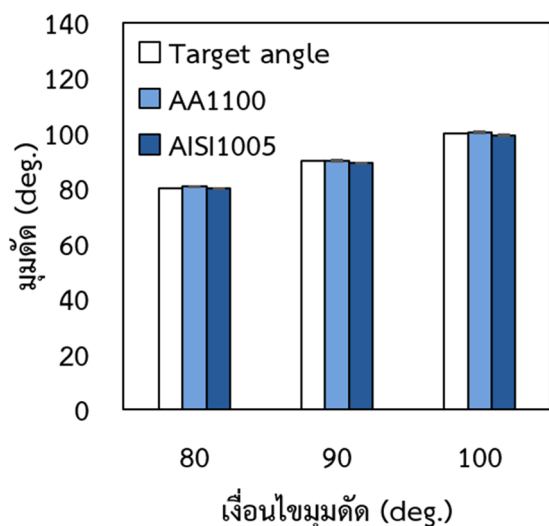
ภาพ 15 พฤติกรรมการตีดกลับภายหลังการดัดชิ้นรูป



ภาพ 16 การชดเชยการตีดกลับแบบ Overbending



ภาพ 17 การวัดค่ามุมดัดภายหลังการขึ้นรูป



ภาพ 18 การเปรียบเทียบมุมดัดภายหลังขดเซยการตีกลับ

สรุปผลการวิจัย

กระบวนการดัดขึ้นงานเป็นรูปตัววีด้วยวิธีการดัดแบบ 3 จุด (3-point bending) นั้นขนาดของเครื่องมือสามารถส่งผลโดยตรงมุมดัดขึ้นงานได้ ตัวแปรที่สำคัญได้แก่คาร์ซีของพังก์ (Rp) คาร์ซีของแม่พิมพ์ (Rd) และค่าความกว้างของแม่พิมพ์ (W) การจำลองกระบวนการดัดขึ้นรูปด้วยโปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์ (FEM simulation) ควบคู่กับการวิเคราะห์ความอ่อนไหว (sensitivity analysis) แสดงให้เห็นว่ามุมดัดจะเล็กลงเมื่อระยะกุดของพังก์และขนาดของพังก์/แม่พิมพ์มีค่ามากขึ้น, ในขณะที่ช่องว่างของแม่พิมพ์น้อยลง แม่พิมพ์ดัดรูปตัววีแบบปรับค่าได้ถูกออกแบบและสร้างเพื่อประโยชน์การรองรับการดัดขึ้นรูปภายใต้เงื่อนไขที่ใช้ขนาดแม่พิมพ์ที่แตกต่างกัน การวิเคราะห์

ความแข็งแรงตามหลักการทางวิศวกรรมพบว่าชิ้นส่วนของแม่พิมพ์สามารถทำงานได้โดยไม่มีความเสี่ยงจากความเสียหายจากการดัด การตรวจสอบการทำงานของแม่พิมพ์ดัดโดยใช้การทดสอบดัดขึ้นรูปขึ้นงานจริงแสดงให้เห็นว่า ค่ามุมดัดจากการวัดมีค่าใกล้เคียงกับค่ามุมดัดจากการจำลองกระบวนการขึ้นรูป ให้ค่าความแตกต่างของมุมดัดน้อยกว่า 3% ในทุกเงื่อนไข เครื่องมือที่พัฒนามีความน่าเชื่อถือและให้ผลการทดลองที่แม่นยำ นอกจากนี้แม่พิมพ์ดัดถูกนำมาใช้ศึกษาพฤติกรรมการตีกลับของโลหะแผ่นอลูมิเนียม AA1100 กับเหล็กกล้า AISI1005 พบว่า อลูมิเนียมที่มีค่ามอดูลัสยืดหยุ่น (young's modulus) น้อยกว่าแสดงค่ามุมการตีกลับที่มากกว่าเหล็กกล้า ความสัมพันธ์ระหว่างมุมการตีกลับกับระยะกุดของพังก์ถูกนำมาสร้างสมการทำนายพฤติกรรมการตีกลับของวัสดุแต่ละชนิด ระยะกุดของพังก์ใหม่ที่พิจารณาการตีกลับถูกคำนวณและทดลองดัดขึ้นงานให้ได้มุม 80, 90 และ 100 องศา พบว่า สามารถขดเซยการตีกลับได้ โดยค่าความแตกต่างของมุมที่เกิดขึ้นไม่เกิน 1 องศา ในแต่ละเงื่อนไขการทดลอง สำหรับวัสดุทั้ง 2 ชนิด แสดงแนวโน้มการลดลงของการตีกลับเหมือนกัน

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยต้องขอขอบคุณ รศ.ดร.ยิ่งยศ เอื้ออุฬาร อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมวัสดุและกระบวนการผลิต คณะบัณฑิตวิทยาลัยวิศวกรรมศาสตร์นานาชาติสิรินธร ไทย-เยอรมัน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ที่ให้ความอนุเคราะห์สนับสนุนโปรแกรม DEFORM2D เป็นเครื่องมือสำหรับการทำวิจัย

References

- Aday, A. J. (2019). Analysis of springback behavior in steel and aluminum sheets using FEM. *Annales de Chimie: Science des Materiaux*, 43(2), 95-98. <https://doi.org/10.18280/acsm.430205>
- Alhammadi, A., Rafique, H., Alkaabi, M., & Qudeiri, J. A. (2018). Experimental investigation of springback in air bending process. *Materials Science and Engineering*, 323, 012021. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/323/1/012021>
- Billur, E., & Altan, T. (2010). *Challenges in forming advanced high strength steels*. Engineering Research Center for Net Shape Manufacturing (ERC/NSM). <https://bit.ly/4fBLqVL>

- Boonchua, N., & Thanakijkasem, P. (2012). Springback control by applying drawbead in u-channel forming [In Thai]. *The Journal of KMUTNB*, 22(3), 572-581.
<https://ph01.tci-thaijo.org/index.php/kmutnb-journal/article/view/16163/14677>
- Gupta, T. R. (2017). Effect of tooling parameters on bending force in air bending of CR4 steel. *International Journal of Theoretical and Applied Mechanics*, 12(3), 375-388.
<https://dx.doi.org/10.37622/IJTAM/12.3.2017.375-388>
- Karabulut, S., Esen, I., & Sahin, E. (2024). Springback prediction performance and experimental analysis in the v-bending process of SCGADUB1180 advanced high strength steel. *Jordan Journal of Mechanical and Industrial Engineering*, 18(2), 441-453. <https://doi.org/10.59038/jjmie/180216>
- Kut, S., Pasowicz, G., & Stachowicz, F. (2023). On the springback and load in three-point air bending of the AW-2024 aluminium alloy sheet with AW-1050A aluminium cladding. *Materials*, 16, 2945.
<https://doi.org/10.3390/ma16082945>
- Lange, K. (1985). *Handbook of metal forming*. McGraw-Hill.
- Nur, R., Suyut, M. A., & Iswar, M. (2023). Press tool for the v-bending process of stainless steel plate: designing and manufacturing. *AIP Conference Proceedings*, 2719, 050001.
<https://doi.org/10.1063/5.0133291>
- Pornputsiri, N. (2017). Effect of process parameters on springback behavior during air bending of aluminum alloy sheet AA6061 [In Thai]. *RMUTP Research Journal Sciences and Technology*, 11(2), 155–166. <https://doi.org/10.14456/jrmutp.2017.30>
- Thipprakmas, S. (2010). Finite element analysis on v-die bending process. In D. Moratal (Ed.), *Finite element analysis* (pp. 407-428). Sciyo. <https://doi.org/10.5772/10220>
- Wang, J., Verma, S., Alexander, R., & Gau, J.T. (2008). Springback control of sheet metal air bending process. *Journal of Manufacturing Processes*, 10(1), 21-27.
<https://doi.org/10.1016/j.manpro.2007.09.001>
- Watcharasresomroeng, B., Khunead, C., Kanjanakarn, P., & Kumjing, S. (2022). V-bending of sheet metal with a polymer die by selective laser sintering technology [In Thai]. *Journal of Manufacturing & Management Technology*, 1(1), 70–77.
<https://ph01.tci-thaijo.org/index.php/jMMT/article/view/248830>
- Zhang, Q., Felder, E., & Bruschi, S. (2009). Evaluation of friction condition in cold forging by using T-shape compression test. *Journal of Materials Processing Technology*, 209, 5720–5729.
<https://doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2009.06.002>



ระบบแปลงภาษาธรรมชาติเป็น SQL โดยใช้ ChatGPT

A Text-to-SQL System Based on ChatGPT

ปิยะพงษ์ แดงขำ¹ และวดีนาถ วรรณสวัสดิ์กุล^{1*}

Piyapong Dangkham¹ and Wadeenat Wannasawaskul^{1*}

¹คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

¹Faculty of Industrial Technology, Thepsatri Rajabhat University

*Corresponding author: wadeenat.w@lawasri.tru.ac.th

Received: December 16, 2025

Revised: February 5, 2026

Accepted: February 12, 2026

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอการพัฒนาและประเมินระบบต้นแบบที่สามารถแปลงข้อความภาษาธรรมชาติภาษาไทยให้เป็นคำสั่ง SQL ได้อย่างแม่นยำ โดยอาศัยความสามารถของโมเดลภาษาขนาดใหญ่ (Large Language Model: LLM) ที่ออกแบบในรูปแบบ My GPTs บนแพลตฟอร์ม ChatGPT ซึ่งเชื่อมต่อกับระบบฐานข้อมูล MySQL จริงผ่าน Web API ผู้ใช้งานสามารถสอบถามข้อมูลด้วยภาษาธรรมชาติผ่านอินเทอร์เฟซแบบโต้ตอบ และระบบจะทำหน้าที่แปลงข้อความเป็นคำสั่ง SQL ส่งไปยังฐานข้อมูล และแสดงผลลัพธ์กลับมาในรูปแบบตาราง ผลการประเมินดำเนินการผ่านชุดคำถามจำนวน 30 ข้อ ผลการทดลองพบว่า ระบบมีความถูกต้องของคำสั่ง SQL เฉลี่ยร้อยละ 90.00 ความสมบูรณ์ของการทำงานร้อยละ 100.00 และเวลาเฉลี่ยในการตอบกลับ 0.0045 วินาทีต่อคำถาม สะท้อนถึงศักยภาพของระบบในการนำไปประยุกต์ใช้ในงานจริง โดยเฉพาะในบริบทที่ต้องการเข้าถึงข้อมูลจากฐานข้อมูลด้วยวิธีที่สะดวก รวดเร็ว และไม่ต้องอาศัยความรู้ด้านเทคนิค

คำสำคัญ: ภาษาธรรมชาติเป็น SQL โมเดลภาษาใหญ่ ฐานข้อมูล ChatGPT

Abstract

This research presents the development and evaluation of a prototype system capable of accurately translating Thai natural language queries into SQL statements. The system leverages a Large Language Model (LLM) implemented as a customized GPT on the ChatGPT platform and connected to a MySQL database through a Web API. Users interact with the system through a conversational interface by submitting queries in natural language. The system then translates these queries into executable SQL statements, executes them against the database, and returns the results in tabular form. The system was evaluated using a dataset of 30 Thai natural language queries. The experimental results demonstrated that the proposed system achieved an average SQL generation accuracy of 90.00%, a query execution success rate of 100.00%, and an average response time of 0.0045 seconds per query. These findings indicate the potential of the system for practical deployment, particularly in scenarios where users need efficient access to structured data without requiring specialized knowledge of database query languages.

Keywords: Text-to-SQL, Large Language Model, database, ChatGPT



บทนำ

การแปลงข้อความภาษาธรรมชาติให้เป็นคำสั่ง SQL: Text-to-SQL เป็นเทคนิคที่ช่วยลดช่องว่างระหว่างผู้ใช้งานทั่วไปกับระบบฐานข้อมูลเชิงโครงสร้าง โดยเฉพาะในยุคที่เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์มีความก้าวหน้าอย่างรวดเร็ว การนำโมเดลภาษาใหญ่ (Large Language Models: LLMs) เช่น ChatGPT Bard หรือ Copilot มาใช้ในการสร้างคำสั่ง SQL ที่ถูกต้องและเข้าใจได้ง่าย ได้กลายเป็นเครื่องมือสำคัญที่ช่วยให้การเข้าถึงข้อมูลมีประสิทธิภาพมากขึ้น (Pornphol & Chittayasothorn, 2023) นอกจากนี้ยังม้งานวิจัยที่นำเสนอ ChatGPT มาประยุกต์ในการเรียนการสอนรายวิชาฐานข้อมูล โดยพบว่า ช่วยสนับสนุนและเพิ่มประสิทธิภาพอย่างมีนัยสำคัญ (Carr et al., 2023) แนวโน้มหนึ่งที่ได้รับคามนิยม คือ การใช้ prompt engineering ร่วมกับ LLM เพื่อช่วยในการพัฒนา source code และ SQL queries อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ ซึ่งมีประโยชน์ทั้งในด้านการเรียนรู้และการพัฒนาโปรแกรม (Srisuruk & Chittayasothorn, 2023) สอดคล้องกับงานวิจัยที่นำเสนอ ChatGPT ทำหน้าที่เป็นผู้ช่วยสอน ซึ่งช่วยลดภาระของผู้สอน และเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้รับข้อเสนอ

อย่างทันท่วงที (Cagliero et al., 2024) จากการเปรียบเทียบโมเดล LLM หลายตัวในงานที่เกี่ยวข้อง พบว่า โมเดลเหล่านี้มีศักยภาพสูงในการสร้างคำสั่ง SQL ที่ซับซ้อนและสอดคล้องกับโครงสร้างฐานข้อมูล โดยเฉพาะ ChatGPT และ Copilot ที่สามารถสร้างคำตอบพร้อมคำอธิบายเชิงตรรกะได้อย่างชัดเจน (Pornphol & Chittayasothorn, 2023) ซึ่งคล้ายกันกับเป้าหมายในการเพิ่มความสามารถในการเข้าถึงฐานข้อมูลสำหรับผู้ใช้งานที่ไม่ใช่สายเทคนิค (Nilsiam et al., 2025) ในขณะที่งานทบทวนวรรณกรรมโดย Ning et al. (2022) ได้เสนอภาพรวมของวิวัฒนาการในเทคโนโลยี Text-to-SQL ตั้งแต่ระบบแบบ rule-based และ template-based ไปจนถึงระบบที่ใช้ deep learning และ pre-trained models พร้อมชี้ให้เห็นถึงข้อจำกัดของชุดข้อมูลฝึกที่ยังไม่สามารถครอบคลุมความหลากหลายของภาษาและโดเมนได้อย่างทั่วถึง

ในด้านของเครื่องมือเพื่อรองรับการใช้งานจริง งานวิจัยของ Deshpande et al. (2022) ได้นำเสนอแพลตฟอร์ม Querylizer ซึ่งเป็นระบบเชิงโต้ตอบที่ผสานความสามารถของ NLP เข้ากับกระบวนการออกแบบฐานข้อมูล ช่วยให้ผู้ใช้สามารถแปลงคำถามจากภาษาธรรมชาติเป็น SQL ได้

โดยไม่ต้องมีความรู้ด้านเทคนิคอีกทั้งยังมีการแสดงผล schema แบบ visual ที่ช่วยให้เข้าใจโครงสร้างข้อมูลได้ชัดเจนยิ่งขึ้น การปรับปรุงความแม่นยำของการเชื่อมโยง schema ก็เป็นอีกหัวข้อที่ได้รับความสนใจ โดย Lan and Li (2024) ได้เสนอโมเดล PS-SQL ที่ใช้ schema-linking แบบ phrase-based ร่วมกับ pre-trained language models เพื่อจับคู่คำถามกับ schema ได้อย่างแม่นยำและมีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยเฉพาะในฐานข้อมูลที่มีหลายตารางและความซับซ้อนเชิงโครงสร้าง ในขณะเดียวกัน Shen et al. (2023) ได้เสนอแนวทางเพิ่มความทนทานให้กับโมเดล Text-to-SQL ด้วยเทคนิค Sequential Feature Augmentation: SFAM ซึ่งออกแบบให้โมเดลสามารถจัดการกับคำถามที่มีรูปแบบหรือลำดับคำที่เปลี่ยนแปลงไปได้ โดยไม่ลดทอนความแม่นยำของผลลัพธ์ นอกจากนี้ ยังมีงานที่ศึกษาศักยภาพของ LLM ในฐานะผู้ช่วยการเขียน SQL โดยเฉพาะในโจทย์ที่มีความซับซ้อนหลายระดับ พบว่าโมเดลอย่าง ChatGPT และ Bard สามารถสร้างคำสั่ง SQL ได้อย่างแม่นยำ และรองรับการใช้งานในเชิงการเรียนรู้และสื่อสารกับฐานข้อมูลได้เป็นอย่างดี (Pornphol & Chittayasothorn, 2024) ส่วนมิติของการขยายข้อมูลฝึกได้ปรากฏในงานวิจัยของ Liu et al. (2025) ได้เสนอ REFORMER ซึ่งเป็นเฟรมเวิร์กที่ใช้ ChatGPT สังเคราะห์ชุดข้อมูลใหม่ผ่านกระบวนการ retrieve-and-edit และตรวจสอบความสอดคล้องของคำถามกับ SQL ด้วย cycle consistency แนวทางนี้ไม่เพียงช่วยให้โมเดลมีความสามารถในการ generalize ไปยังโดเมนใหม่ ๆ แต่ยังช่วยลดต้นทุนในการเตรียมชุดข้อมูลฝึกได้อย่างมีนัยสำคัญ

อย่างไรก็ตาม งานวิจัยที่ผ่านมาแม้จะแสดงให้เห็นถึงศักยภาพของ LLM ในการแปลงข้อความธรรมชาติเป็นคำสั่ง SQL ได้อย่างแม่นยำ แต่ยังคงมีข้อจำกัดในด้านการนำไปใช้งานจริง โดยเฉพาะการที่ผู้ใช้จำเป็นต้องเรียกใช้งานโมเดลและรันคำสั่ง SQL บนเครื่องเซิร์ฟเวอร์ภายนอกด้วยตนเอง ซึ่งเป็นอุปสรรคต่อการเข้าถึงและใช้งานสำหรับผู้ทั่วไป งานวิจัยนี้จึงเสนอแนวทางใหม่โดยใช้ ChatGPT ร่วมกับความสามารถของ CustomGPT เพื่อเชื่อมต่อกับฐานข้อมูลโดยตรง ทำให้สามารถสร้างและรันคำสั่ง SQL

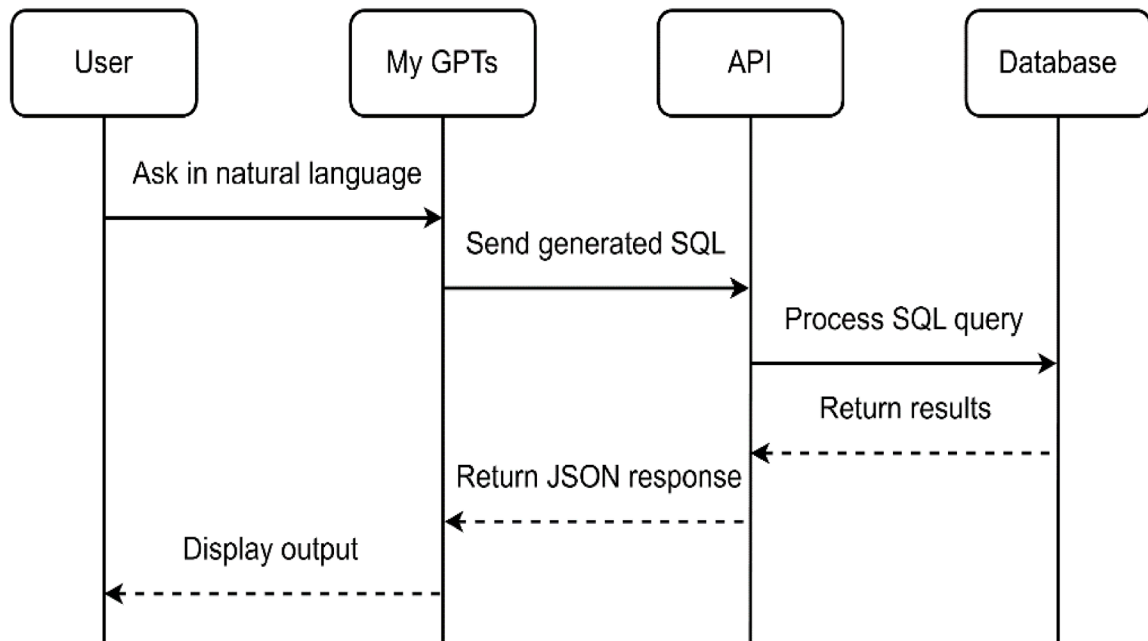
พร้อมแสดงผลลัพธ์ได้ภายในอินเทอร์เฟซเดียวกันแบบโต้ตอบได้ (interactive) ซึ่งช่วยลดความซับซ้อนของกระบวนการ ทำให้ระบบสามารถนำไปใช้งานจริงได้ง่ายและเข้าถึงผู้ใช้ปลายทางได้อย่างแท้จริง

วัตถุประสงค์การวิจัย

พัฒนาระบบที่ผู้ใช้สามารถส่งคำถามในรูปแบบภาษาธรรมชาติและได้รับคำตอบกลับจากฐานข้อมูลได้อย่างเรียลไทม์ และสร้างระบบที่ช่วยลดความซับซ้อนของกระบวนการสืบค้นข้อมูลในฐานข้อมูล ทำให้ระบบสามารถนำไปใช้งานจริงได้ง่ายและเข้าถึงผู้ใช้ปลายทางได้อย่างแท้จริง โดยไม่ต้องอาศัยความรู้ด้านเทคนิค

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบต้นแบบที่สามารถแปลงข้อความภาษาธรรมชาติ (Natural Language) ให้เป็นคำสั่ง SQL และดำเนินการประมวลผลกับฐานข้อมูลจริงผ่านอินเทอร์เฟซแบบโต้ตอบ (interactive interface) โดยใช้ความสามารถของโมเดลภาษาขนาดใหญ่ (Large Language Model: LLM) ที่พัฒนาในรูปแบบ Custom GPT ร่วมกับ Web API ที่เชื่อมต่อฐานข้อมูล MySQL ซึ่งช่วยให้ผู้ใช้สามารถส่งคำถามในรูปแบบภาษาธรรมชาติและได้รับคำตอบกลับจากฐานข้อมูลได้อย่างเรียลไทม์ ภาพรวมของการทำงานแสดงไว้ในภาพ 1 ซึ่งเป็นแผนภาพลำดับ (sequence diagram) ประกอบด้วย 4 องค์ประกอบหลัก ได้แก่ (1) ผู้ใช้งาน (2) โมเดลปัญญาประดิษฐ์แบบกำหนดเอง (My GPTs) (3) เว็บ API และ (4) ระบบฐานข้อมูล โดยเริ่มจากผู้ใช้ส่งคำถามเข้าสู่ระบบ My GPTs ที่ทำหน้าที่แปลงคำถามเป็นคำสั่ง SQL จากนั้น API จะรับคำสั่งดังกล่าวเพื่อส่งไปยังฐานข้อมูล และเมื่อฐานข้อมูลประมวลผลเสร็จ ระบบจะส่งผลลัพธ์กลับในรูปแบบ JSON ให้ GPT แสดงผลตอบกลับต่อผู้ใช้ภายในอินเทอร์เฟซเดียวกันอย่างครบวงจร



ภาพ 1 ขั้นตอนการทำงานของระบบ

1. โมเดลปัญญาประดิษฐ์แบบกำหนดเอง

ผู้วิจัยได้ประยุกต์ใช้แพลตฟอร์ม Custom GPT ของ ChatGPT (OpenAI, 2022) ภายใต้ชื่อ My GPTs (OpenAI, 2023) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อรองรับการรับคำถามในรูปแบบภาษาธรรมชาติ และสามารถแปลงข้อความดังกล่าวให้เป็นคำสั่ง SQL ที่สอดคล้องกับโครงสร้างฐานข้อมูลที่ใช้งานได้อย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ กระบวนการสร้าง My GPTs ประกอบด้วยขั้นตอนสำคัญ ได้แก่ การกำหนด schema ของระบบ API ผ่านมาตรฐาน OpenAPI Specification (เวอร์ชัน 3.1.0) ซึ่งใช้กำหนดจุดเชื่อมต่อระหว่างโมเดล LLM และระบบฐานข้อมูลที่อยู่ภายนอก งานวิจัยนี้ประยุกต์ใช้เทคนิคการแปลงข้อความภาษาธรรมชาติเป็นคำสั่ง SQL: Text-to-SQL โดยใช้โมเดลภาษาขนาดใหญ่ในการสร้างคำสั่ง SQL จากคำถามภาษาไทย ระบบสามารถรันคำสั่ง SQL ที่ได้กับฐานข้อมูล MySSQL จริง ผ่าน Web API และแสดงผลต่อผู้ใช้งาน โดยในงานวิจัยนี้ API ดังกล่าวมีเส้น

ทาง (endpoint) เป็น /sqlv1.php และถูกโฮสต์ไว้บนเซิร์ฟเวอร์ที่ <https://api.theptsatri.com> โดยรับคำสั่ง SQL ผ่าน method แบบ POST และส่งค่ากลับในรูปแบบ JSON ตัวอย่างโครงสร้าง endpoint แสดงได้ดังภาพ 2

เพื่อให้โมเดลสามารถเข้าใจโครงสร้างของฐานข้อมูลและสร้างคำสั่ง SQL ได้อย่างถูกต้อง ผู้วิจัยได้จัดเตรียมข้อมูล DDL: Data Definition Language ของฐานข้อมูล ClassicModels ซึ่งประกอบด้วยคำสั่ง CREATE TABLE ของตารางทั้งหมด รวมถึงคีย์หลัก (primary keys) คีย์นอก (foreign keys) และประเภทข้อมูลของแต่ละฟิลด์ แล้วฝังเข้าไปในส่วน Instruction ของ GPT ซึ่งทำหน้าที่เป็นระบบความรู้พื้นฐาน (system context) สำหรับโมเดลการฝัง DDL นี้ช่วยให้ GPT เข้าใจ schema จริงของฐานข้อมูลและสามารถทำการ mapping คำถามกับตารางหรือฟิลด์ที่เกี่ยวข้องได้โดยตรงโดยไม่ต้องฝึกโมเดลใหม่

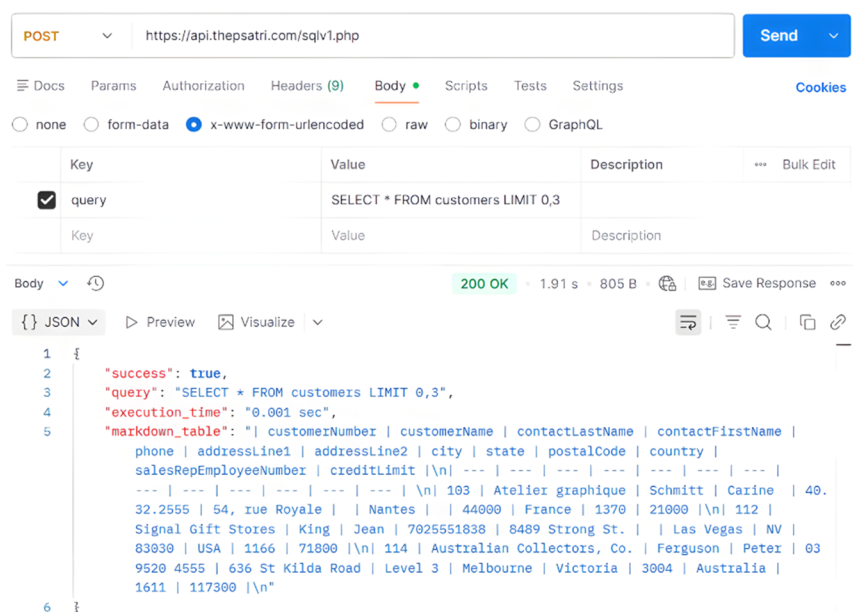
```
{
  "openapi": "3.1.0",
  "info": {
    "title": "MySQL Query API",
    "version": "1.0.0",
    "description": "API สำหรับรัน SQL Query บน MySQL ที่ thepsatri.com"
  },
  "servers": [
    {
      "url": "https://api.thepsatri.com"
    }
  ],
  "paths": {
    "/sqlv1.php": {
      "post": {
        "summary": "Execute SQL Query",
        "operationId": "executeQuery",
        "requestBody": {
          "required": true,
          "content": {
            "application/x-www-form-urlencoded": {
              "schema": {
                "type": "object",
                "properties": {
                  "query": {
                    "type": "string",
                    "description": "SQL Query ที่ต้องการรัน (เฉพาะ SELECT เท่านั้น)"
                  }
                }
              },
              "required": [
                "query"
              ]
            }
          }
        }
      }
    }
  }
}
```

ภาพ 2 ตัวอย่างโครงสร้าง endpoint

2. เว็บ API

เพื่อลดความซับซ้อนในการเข้าถึงและดำเนินการรันคำสั่ง SQL ผู้วิจัยได้พัฒนาเว็บ API โดยใช้ภาษา PHP เพื่อเชื่อมโยงกับระบบฐานข้อมูล MySQL ซึ่งทำหน้าที่เป็นกลไกกลางสำหรับรับคำสั่ง SQL ที่แปลงมาจากข้อความภาษาธรรมชาติ และทำการประมวลผลกับฐานข้อมูลจริง พร้อมจัดส่งผลลัพธ์กลับในรูปแบบ JSON อย่างเป็นระบบ โครงสร้างของ API รองรับคำขอแบบ POST ซึ่งกำหนดค่าพารามิเตอร์ query เป็นข้อมูลหลักที่ต้องรับเข้าจากฝั่งผู้เรียกใช้งาน โมเดล LLM จะทำหน้าที่แปลงคำถาม

จากผู้ใช้ให้เป็น SQL string แล้วส่งผ่านพารามิเตอร์นี้ไปยัง API ที่กำหนดไว้ที่ sqlv1.php ผลลัพธ์ที่ได้กลับมามีอยู่ในรูปแบบ JSON ที่ประกอบด้วย (1) success แสดงสถานะความสำเร็จของการรันคำสั่ง (2) query แสดงคำสั่ง SQL ที่ถูกสร้างจริง (3) execution_time แสดงระยะเวลาที่ใช้ในการประมวลผลคำสั่ง และ (4) markdown_table แสดงผลลัพธ์ในรูปแบบตารางที่สามารถนำไปแสดงผลบนหน้าต่างตอบกลับของ GPT ได้อย่างชัดเจน ผลการเรียกใช้ API แสดงดังภาพ 3



ภาพ 3 การตอบกลับของ API ในรูปแบบ JSON

3. ฐานข้อมูล

ผู้วิจัยได้เลือกใช้ฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ (relational database) ซึ่งเป็นฐานข้อมูลตัวอย่างจากเว็บไซต์ MySQLTutorial.org (MySQLTutorial.org, 2025) ที่ใช้ในงานสอนและฝึกฝน MySQL ฐานข้อมูล ClassicModels นี้จำลองสถานการณ์ของธุรกิจค้าปลีกสินค้าจำลองรถยนต์ โดยมีข้อมูลจำลองที่สอดคล้องกับระบบงานธุรกิจจริง ประกอบด้วยข้อมูลลูกค้า (customers) สินค้า (products) กลุ่มสินค้า (productlines) การสั่งซื้อ (orders) รายการสินค้าในแต่ละคำสั่งซื้อ (order line items) การชำระเงิน (payments) พนักงาน (employees) และสำนักงานสาขา (offices) ซึ่งมีการเชื่อมโยงกันด้วยคีย์หลัก (primary Key) และคีย์นอก (foreign Key) แผนภาพความสัมพันธ์ระหว่างตาราง (Entity-Relationship Diagram: ERD) แสดงได้ดังภาพ 4

ฐานข้อมูลมีความสมบูรณ์ในด้านโครงสร้างฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์และมีความซับซ้อนระดับปานกลางเหมาะสำหรับการประเมินประสิทธิภาพของระบบที่เกี่ยวข้องกับการแปลงข้อความธรรมชาติเป็นคำสั่ง SQL เนื่องจากสามารถรองรับการสอบถามข้อมูลทั้งแบบพื้นฐานและ

แบบที่มีหลายตารางเชื่อมโยงกันผ่านความสัมพันธ์แบบ Foreign Key

4. การประเมินประสิทธิภาพของระบบ

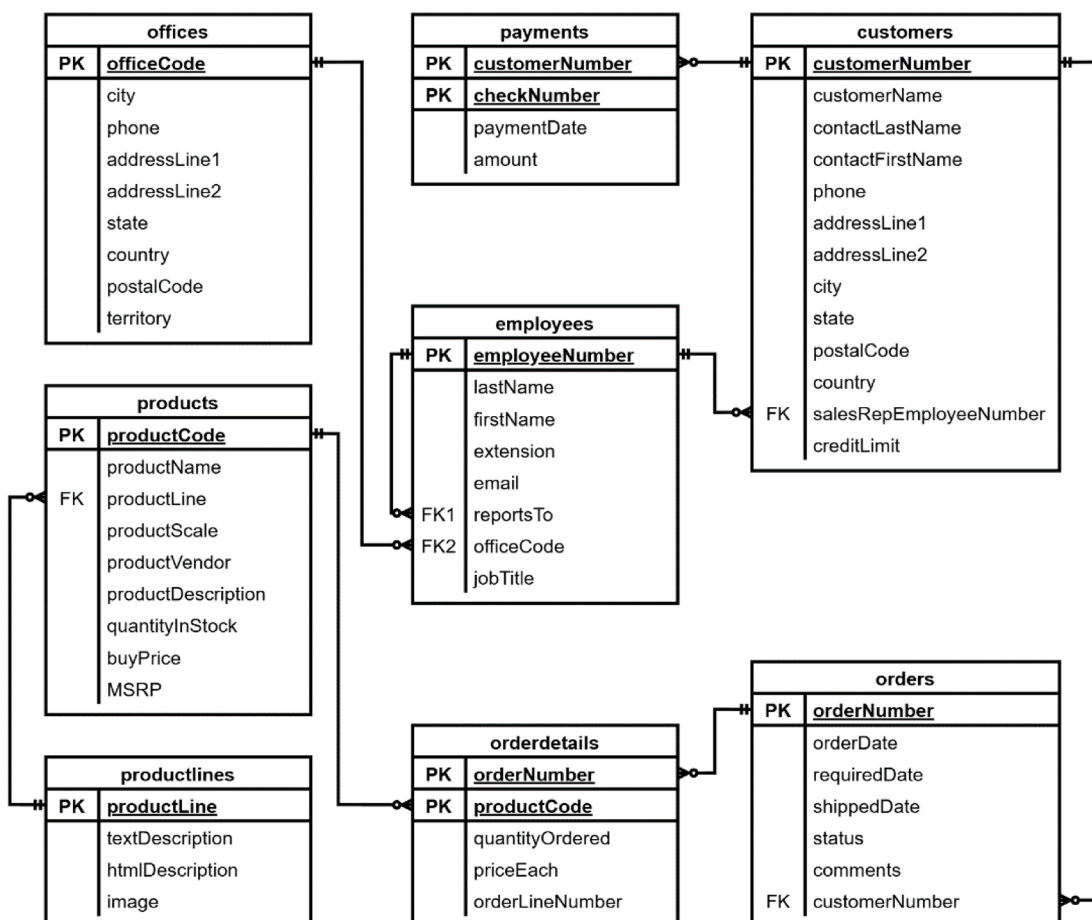
เพื่อประเมินความสามารถของระบบที่พัฒนาขึ้น ผู้วิจัยได้ออกแบบกระบวนการวัดผลอย่างเป็นระบบ โดยมุ่งเน้นการตรวจสอบความถูกต้องของคำสั่ง SQL ที่ได้จากการแปลงข้อความภาษาธรรมชาติ รวมถึงประสิทธิภาพการทำงานของระบบแบบครบวงจร (end-to-end) ตั้งแต่การรับคำถามจนถึงการแสดงผลลัพธ์ในการประเมินผลครั้งนี้ ผู้วิจัยได้จัดทำชุดคำถามภาษาธรรมชาติจำนวนทั้งสิ้น 30 ข้อ ครอบคลุมหลากหลายโครงสร้างของคำสั่ง SQL เช่น การเลือกข้อมูลแบบมีเงื่อนไข การจัดกลุ่ม การเชื่อมโยงหลายตาราง และการเรียงลำดับ โดยคำถามทั้งหมดถูกนำเข้าสู่ระบบผ่านอินเทอร์เฟซของโมเดล My GPTs เพื่อแปลงเป็นคำสั่ง SQL และส่งไปยัง Web API เพื่อดำเนินการกับฐานข้อมูลจริง โดยผลลัพธ์ที่ได้จากระบบจะถูกตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญด้านฐานข้อมูล เพื่อพิจารณาความถูกต้องของผลลัพธ์ที่ได้จากฐานข้อมูล

การวัดผลจะครอบคลุมทั้งด้านความถูกต้อง (accuracy) ความสมบูรณ์ของกระบวนการทำงาน (functional success) และประสิทธิภาพการตอบสนองของระบบ (response time) โดยผลการประเมินจะถูกนำเสนอในรูปแบบเชิงสถิติคือ ร้อยละของความถูกต้อง ค่าความสำเร็จในการดำเนินการ และค่าเฉลี่ยเวลาการตอบกลับ เพื่อใช้เป็นเกณฑ์ในการพิจารณาความพร้อมของระบบสำหรับการนำไปใช้งานจริง

ผลการวิจัย

ระบบ My GPTs ที่พัฒนาขึ้นในงานวิจัยนี้ถูกออกแบบให้สามารถใช้งานผ่านแพลตฟอร์ม ChatGPT ของ OpenAI ผู้ใช้ทั่วไปสามารถเข้าถึงระบบ My GPTs ได้โดย

การเข้าสู่ระบบผ่านเว็บไซต์ของ OpenAI แล้วเลือกโมเดล My GPTs จากรายชื่อ GPT ที่เปิดให้ใช้งานสาธารณะหรือผ่านลิงก์เฉพาะที่ผู้พัฒนาจัดเตรียมไว้ โดยในการประเมินประสิทธิภาพของระบบ LLM สำหรับการแปลงข้อความภาษาไทยเป็นคำสั่ง SQL (Text-to-SQL) ผู้วิจัยได้ออกแบบคำถามที่มีลักษณะการดึงข้อมูลจากเพียงหนึ่งตาราง โดยไม่มีการซ้อนคำสั่งหรือความสัมพันธ์กับตารางอื่น โดยตั้งคำถามว่า “ให้แสดงข้อมูลสำนักงาน (officeCode city state และ country) ที่อยู่ในประเทศ USA France และ Australia” ระบบสามารถเข้าใจคำถามภาษาไทย และแปลงเป็นคำสั่ง SQL ได้อย่างถูกต้อง ดังแสดงในภาพ 5 ซึ่งจะพบว่า ในกรณีที่เป็น คำถามพื้นฐานจาก 1 ตาราง และไม่มีการซ้อนเงื่อนไขซับซ้อน ระบบสามารถตอบกลับด้วย SQL ที่แม่นยำ



ภาพ 4 แผนภาพ ER ของฐานข้อมูล

ให้แสดงข้อมูลสำนักงาน (officeCode, city, state, country) ที่
อยู่ในประเทศ USA, France , Australia

Talked to api.theptsatri.com ▾

officeCode	city	state	country
1	San Francisco	CA	USA
2	Boston	MA	USA
3	NYC	NY	USA
4	Paris		France
6	Sydney		Australia

```
SELECT officeCode, city, state, country FROM offices WHERE country IN ('USA',  
'France', 'Australia')
```

(Execution time: 0.04 sec)

ภาพ 5 การแสดงผลจากคำสั่ง SQL

เพื่อประเมินศักยภาพของระบบ LLM ในการสร้างคำสั่ง SQL ที่มีความซับซ้อนยิ่งขึ้น ผู้วิจัยได้ออกแบบคำถามที่ต้องใช้ การซ้อนคำสั่งย่อย (subquery) เพื่อคำนวณค่ากลางจากข้อมูลภายในตารางเดียวกัน แล้วใช้ค่านั้นเป็นเงื่อนไขสำหรับการกรองข้อมูลเพิ่มเติม ตัวอย่างคำถามที่ใช้ในการทดสอบ คือ “ให้แสดงข้อมูลลูกค้าที่ประกอบไปด้วย customerName contactFirstName และ phone ที่อยู่ในประเทศเดียวกับลูกค้าที่ชื่อ Vida Sport, Ltd.” ดังแสดงในภาพ 6

ผลการทดสอบสามารถสังเกตได้ว่า LLM มีความสามารถในการจัดโครงสร้างคำสั่ง SQL ที่มีคำสั่งย่อยได้อย่างถูกต้อง โดยสามารถระบุลำดับการประมวลผลของ subquery ได้อย่างเหมาะสม ซึ่งถือเป็นความสามารถระดับสูงในการเข้าใจคำถามที่มีบริบทแฝงซึ่งต้องตีความจากข้อมูลภายในฐานข้อมูลเอง

นอกจากนี้ยังทำการตรวจสอบศักยภาพของระบบ LLM ในการสร้างคำสั่ง SQL ที่ต้องอาศัยความเข้าใจในความสัมพันธ์ระหว่างหลายตาราง ผู้วิจัยได้ออกแบบคำถาม

ที่ต้องใช้การเชื่อมโยงข้อมูลระหว่างตาราง customers และ employees ผ่านความสัมพันธ์ของคีย์นอก ได้แก่ salesRepEmployeeNumber โจทย์คำถามที่ใช้ในการทดสอบ คือ “ให้แสดงข้อมูลลูกค้าที่มีข้อมูลดังนี้ customerName contactLastName และแสดงรายละเอียดของพนักงานที่เป็นคนดูแลลูกค้ารายนั้น ๆ (lastName) เรียงลำดับตามรหัสลูกค้าจากน้อยไปมาก แสดง 5 ลำดับแรก” ดังแสดงในภาพ 7

ผลลัพธ์ที่ได้แสดงข้อมูลของลูกค้ารายแรกจำนวน 5 ราย พร้อมชื่อของพนักงานที่ดูแลลูกค้าแต่ละรายอย่างครบถ้วน โดยระบบสามารถเข้าใจได้ว่าเงื่อนไข salesRepEmployeeNumber = employeeNumber เป็นความสัมพันธ์ระหว่างตารางที่ต้องใช้ในการเชื่อมโยงข้อมูลในด้านการวิเคราะห์คำสั่ง SQL ผิดพลาด ผู้วิจัยได้ตั้งคำถามที่มีโครงสร้างง่าย โดยต้องการดึงข้อมูลพนักงานจากตาราง employees ที่มีตำแหน่งงาน (jobTitle) เป็น “Sales Manager” ดังตัวอย่างคำถาม “ให้แสดงข้อมูลพนักงาน (employees) ดังนี้ firstName lastName และ

email โดยเลือกเฉพาะ jobTitle เป็น Sales Manager” ดังแสดงในภาพ 8 แม้ว่า รูปแบบของคำสั่ง SQL จะถูกต้องตามไวยากรณ์ แต่ผลลัพธ์ที่ได้คือ “ไม่มีข้อมูลที่ตรงกับคำค้นในตำแหน่งงาน “Sales Manager” ซึ่งระบบควรมีการตรวจสอบค่าที่ใช้เปรียบเทียบในคำสั่ง SQL กับค่าที่มีอยู่จริงในฐานข้อมูลก่อน หรือมีฟังก์ชันช่วยแนะนำค่าที่ใกล้เคียงที่สุด เช่น ใช้ LIKE IN หรือแสดงค่าที่พบมากที่สุดในการคอลัมน์นั้นเพื่อช่วยผู้ใช้ในการตัดสินใจ

เพื่อประเมินประสิทธิภาพของระบบที่พัฒนาขึ้นในการแปลงข้อความภาษาธรรมชาติให้เป็นคำสั่ง SQL อย่างถูกต้องและสามารถประมวลผลกับฐานข้อมูลจริงได้อย่างสมบูรณ์ ผู้วิจัยได้ดำเนินการทดสอบระบบโดยใช้ชุดคำถามภาษาธรรมชาติทั้งหมดจำนวน 100 คำถาม ซึ่งครอบคลุมลักษณะคำถามหลากหลายรูปแบบ ทั้งการดึงข้อมูลพื้นฐาน การใช้คำสั่งซ้อน การเชื่อมโยงหลายตาราง การจัดกลุ่มข้อมูล ตลอดจนคำถามที่อาจไม่ตรงกับข้อมูลที่มีอยู่จริง คำถามทั้งหมดถูกนำเข้าสู่ระบบผ่านอินเทอร์เฟซของโมเดล LLM ที่พัฒนาในรูปแบบ My GPTs ซึ่งจะทำการ

แปลงข้อความเป็นคำสั่ง SQL และส่งผ่าน Web API ไปยังฐานข้อมูลเพื่อดึงผลลัพธ์กลับมาแสดงต่อผู้ใช้ โดยผลลัพธ์แต่ละชุดได้รับการตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญด้านฐานข้อมูลเพื่อประเมินความถูกต้องของคำสั่ง SQL และความสมบูรณ์ของกระบวนการทำงาน ผลการประเมินครอบคลุม 3 ด้านหลัก ได้แก่ ความถูกต้องของคำสั่ง SQL (accuracy) ความสมบูรณ์ของการทำงาน (functional success) และเวลาเฉลี่ยในการตอบกลับ (response time) รายละเอียดผลการทดสอบจำแนกตามลักษณะคำถามแสดงไว้ในตาราง 1

การประเมินระบบแปลงภาษาธรรมชาติเป็นคำสั่ง SQL จากชุดคำถามจำนวน 100 ข้อ พบว่าระบบสามารถสร้างคำสั่ง SQL ได้อย่างถูกต้องในอัตราร้อยละ 92 และดำเนินการทำงานได้ครบถ้วนในทุกกรณี (ร้อยละ 100) โดยมีเวลาเฉลี่ยในการตอบกลับเพียง 0.0048 วินาทีต่อคำถาม แสดงให้เห็นถึงความสามารถของระบบทั้งในด้านความแม่นยำ ความเสถียร และประสิทธิภาพที่เหมาะสมต่อการนำไปประยุกต์ใช้ในระบบการจัดการฐานข้อมูลที่ขับเคลื่อนด้วยปัญญาประดิษฐ์

ให้แสดงข้อมูลลูกค้าที่ประกอบไปด้วย customerName, contactFirstName และ phone ที่อยู่ประเทศเดียวกับลูกค้าที่ชื่อ Vida Sport, Ltd

Talked to api.thepsatri.com ▾

customerName	contactFirstName	phone
BG&E Collectables	Ed	+41 26 425 50 01
Vida Sport, Ltd	Mihael	0897-034555
Precious Collectables	Braun	0452-076555

```
SELECT customerName, contactFirstName, phone FROM customers WHERE country =  
(SELECT country FROM customers WHERE customerName = 'Vida Sport, Ltd')  
(Execution time: 0.0044 sec)
```

ภาพ 6 ผลลัพธ์จากโครงสร้าง SQL ที่มีคำสั่งย่อ

ให้แสดงข้อมูลลูกค้าซึ่งให้มีข้อมูลดังนี้ customerName, contactLastName และแสดงรายละเอียดของพนักงานที่เป็นคนดูแลลูกค้ารายนั้นๆ (lastName) เรียงลำดับตามรหัสลูกค้าจากน้อยไปมาก แสดง 5 ลำดับแรก

Talked to api.thepsatri.com ▾

customerName	contactLastName	salesRepLastName
Atelier graphique	Schmitt	Hernandez
Signal Gift Stores	King	Thompson
Australian Collectors, Co.	Ferguson	Fixter
La Rochelle Gifts	Labrune	Hernandez
Baane Mini Imports	Bergulfsen	Jones

```
SELECT c.customerName, c.contactLastName, e.lastName AS salesRepLastName FROM
customers c JOIN employees e ON c.salesRepEmployeeNumber = e.employeeNumber ORDER
BY c.customerNumber ASC LIMIT 5
(Execution time: 0.0017 sec)
```

ภาพ 7 ผลลัพธ์จากโครงสร้าง SQL ที่มีการรวมตาราง

ให้แสดงข้อมูลพนักงาน (Employees) ดังนี้ firstName, lastName และ email โดยเลือกเฉพาะ jobTitle เป็น Sales Manager

Talked to api.thepsatri.com ▾

ไม่มีข้อมูลที่ตรงกับคำค้นหาในตำแหน่งงาน "Sales Manager"

```
SELECT firstName, lastName, email FROM employees WHERE jobTitle = 'Sales Manager'
(Execution time: 0.0022 sec)
```

ภาพ 8 ผลลัพธ์การดำเนินงานที่ผิดพลาด

ตาราง 1

ผลการทดสอบจำแนกตามลักษณะคำถาม

Question Type	No. of Questions	Accuracy (%)	Functional Success (%)	Response Time (S)
1. Basic Selection	20	100	100	0.0042
2. Nested Queries	20	100	100	0.0050
3. Join Queries	20	90	100	0.0047
4. Group & Aggregate	20	85	100	0.0059
5. No Match/Value Error	20	85	100	0.0040
Total	100	92	100	0.0048

อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

ผลการประเมินระบบ Text-to-SQL ด้วย ChatGPT แสดงให้เห็นถึงศักยภาพในการแปลงข้อความภาษาธรรมชาติให้เป็นคำสั่ง SQL ได้อย่างแม่นยำ และสามารถดำเนินการกระบวนการสืบค้นข้อมูลแบบครบวงจร (end-to-end) ได้อย่างสมบูรณ์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในด้านความถูกต้องของคำสั่งและความเร็วในการประมวลผลที่อยู่ในระดับเหมาะสมกับการใช้งานจริง กลุ่มคำถามประเภท Group & Aggregate และ No Match มีความถูกต้องต่ำกว่ากลุ่มอื่น เนื่องจากคำถามต้องอาศัยการตีความเงื่อนไขเชิงสรุปความคลาดเคลื่อนส่วนใหญ่เกิดจากการเลือกโครงสร้าง SQL ที่ไม่ตรงกับเจตนาของคำถาม แม้ว่าคำสั่ง SQL ที่สร้างขึ้นสามารถรันได้สำเร็จ ผลการวิจัยครั้งนี้สอดคล้องกับงานของ Pornphol and Chittayasothorn (2024) ซึ่งยืนยันว่า LLM เช่น ChatGPT สามารถสร้างคำสั่ง SQL ที่ถูกต้องทั้งในรูปแบบพื้นฐานและซับซ้อน แม้จะยังมีข้อจำกัดในกรณีคำถามที่เฉพาะเจาะจงมาก นอกจากนี้ผลการทดลองยังมีความสอดคล้องกับแนวทางของ Liu et al. (2025) และ Shen et al. (2023) ซึ่งชี้ให้เห็นว่า ความแข็งแกร่งของระบบ Text-to-SQL ไม่ได้ขึ้นอยู่กับโมเดลเท่านั้น แต่ยังรวมถึงการจัดการข้อมูลเสริม (data augmentation) ด้วย นอกจากนี้ ยังแสดงให้เห็นว่า ChatGPT สามารถสร้างคำสั่ง SQL ได้อย่างแม่นยำในระดับโครงสร้างสอดคล้องกับงานของ Cagliero et al. (2024) แม้ในกรณีคำสั่งที่

ซับซ้อนและผลการทดลองยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Nilsiam et al. (2025) ที่เน้นการนำเทคนิค Text-to-SQL ที่ใช้ LLM ไปเชื่อมกับฐานข้อมูลจริง อย่างไรก็ตาม จุดเด่นของระบบที่นำเสนอครั้งนี้ คือการมุ่งเน้นไปที่การนำไปใช้งานจริงผ่าน API ที่เชื่อมกับฐานข้อมูลจริง โดยไม่ต้องพึ่งพาการฝึกฝนโมเดลเพิ่มเติมหรือโครงสร้างที่ซับซ้อนมากนัก

จากผลการประเมินพบว่า ระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถตอบสนองคำถามที่มีโครงสร้างหลากหลายได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยใช้เวลาประมวลผลเฉลี่ยเพียง 0.0048 วินาที และสามารถดำเนินการได้อย่างสมบูรณ์โดยไม่เกิดข้อผิดพลาด แสดงให้เห็นถึงความพร้อมของระบบสำหรับการใช้งานในบริบทจริง เช่น การช่วยเหลือนักเรียน นักศึกษา หรือผู้ใช้ทั่วไปที่ไม่มีความรู้ SQL มากนัก

ในภาพรวม งานวิจัยนี้สนับสนุนแนวคิดที่ว่าแม้ระบบ LLM ขั้นสูงจะมีบทบาทสำคัญในด้านความแม่นยำและการเรียนรู้ข้ามโดเมน แต่ระบบที่ออกแบบโดยเน้นความเข้าใจบริบทของผู้ใช้และการเชื่อมต่อกับฐานข้อมูลจริง (MySQL-GPT) ก็สามารถให้ผลลัพธ์ที่มีประสิทธิภาพและใช้งานได้จริงเช่นกัน ทั้งนี้ ข้อเสนอแนะในอนาคตควรพิจารณาการเพิ่มกลไกตรวจสอบความสอดคล้องกับ schema และเสนอการแก้ไขอัตโนมัติเมื่อเกิดข้อผิดพลาดเพื่อเพิ่มความยืดหยุ่นและความแม่นยำของระบบให้มากยิ่งขึ้น



References

- Cagliero, L., Farinetti, L., Fior, J., & Manenti, A. I. (2024). ChatGPT, be my teaching assistant! automatic correction of SQL exercises. In L. O’Conner (Ed.), *2024 IEEE 48th Annual Computers, Software, and Applications Conference (COMPSAC)* (pp. 81–86). IEEE.
- Carr, N., Shawon, F. R., & Jamil, H. M. (2023). An experiment on leveraging ChatGPT for online teaching and assessment of database students. In M. Kuo & R. Sinha (Eds.), *2023 IEEE International Conference on Teaching, Assessment and Learning for Engineering (TALE)* (pp. 1–8). IEEE.
- Deshpande, A., Mane, P., Kothari, D., Salvi, A., & Kolhe, V. (2022). Querylizer: An interactive platform for database design and text to SQL conversion. In S. A. Thorat, A. Adamuthe & D. Gupta (Eds.), *Proceedings of the International Conference on Advanced Technology (ICONAT)* (pp. 1–6). IEEE.
- Lan, Z., & Li, S. (2024). PS-SQL: Phrase-based schema-linking with pre-trained language models for Text-to-SQL parsing. In E. X. Wang & R. Minasian (Eds.), *Proceedings of the 6th International Conference on Natural Language Processing (ICNLP)* (pp. 31–34). IEEE.
- Liu, S., Almohaimeed, S., & Wang, L. (2025). *REFORMER: A ChatGPT-driven data synthesis framework elevating Text-to-SQL models*. arXiv:2504.04363v1. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2504.04363>
- MySQLTutorial.org. (2025). *MySQL sample database*. <https://www.mysqltutorial.org/getting-started-with-mysql/mysql-sample-database/>
- Nilsiam, Y., Khammaw, P., & Nuchitprasitchai, S. (2025). OpenAI-powered NLP for SQL generation: Enhancing database access for non-technical users [In Thai]. In K. Chaiwong (Ed.), *The 10th International Conference on Digital Arts, Media and Technology (DAMT) and 8th ECTI Northern Section Conference on Electrical, Electronics, Computer and Telecommunications Engineering (NCON)* (pp. 423–428). IEEE.
- Ning, Z., Zhang, D., Zhang, L., Yu, H., & Wan, F. (2022). Review of question answering technology based on Text-to-SQL. *Proceedings of the IEEE International Conference on Computer Science Education and Informatization (CSEI)* (pp. 167–172). IEEE.
- OpenAI. (2022). *Introducing ChatGPT*. <https://openai.com/index/chatgpt>
- OpenAI. (2023). *Creating a GPT*. <https://help.openai.com/en/articles/8554397-creating-a-gpt>

- Pornphol, P., & Chittayasothorn, S. (2023). Verification of relational database languages codes generated by ChatGPT. In Y. Watanobe, G. Mogos & M. Rahman (Eds.), *Proceedings of the 4th Asia Service Science and Software Engineering Conference (ASSE)* (pp. 17–22). ACM.
- Pornphol, P., & Chittayasothorn, S. (2024). Using LLM artificial intelligence systems as complex SQL programming assistants. In S. Yamaguchi & N. Funabiki (Eds.), *Proceedings of the 12th International Conference on Information and Education Technology (ICIET)* (pp. 187–190). IEEE.
- Shen, H., Sun, G., Wang, Y., Shen, R., Li, Y., & Zhang, P. (2023). Sequential feature augmentation for robust Text-to-SQL. In L. Trinh (Ed.), *Proceedings of the International Conference on Algorithms, Computing and Data Processing (ACDP)* (pp. 217–221). IEEE.
- Srisuruk, T., & Chittayasothorn, S. (2023). An approach for rapid source code development based on ChatGPT and prompt engineering. *IEEE Access*, 12, 53074–53087.
<https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3385682>



การวิเคราะห์หาค่าคุณลักษณะเฉพาะทางอากาศพลศาสตร์ของอากาศยานไร้คนขับ
พลังงานแสงอาทิตย์สมรรถนะสูง เพดานบินต่ำ M Solar-X
โดยใช้อุโมงค์ลมความเร็วต่ำกว่าเสียง
Aerodynamic Characteristics Analysis of the High-Performance,
Low-Altitude Solar-Powered Unmanned Aerial Vehicle M Solar-X
using a Subsonic Wind Tunnel

กนก ทองสว่าง^{1*}, จิรวุฒิ คล่องตรจโรค¹ และเอกพล ใบโพธิ์¹
Kanok Tongsawang^{1*}, Jiravud Klongtrujrok¹ and Aekkapol Baipho¹
¹ภาควิชาวิศวกรรมอากาศยาน โรงเรียนนายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราช

¹Aeronautical Engineering Department, Navaminda Kasatriyadhiraj Royal Air Force Academy

*Corresponding author: kanok_t@taf.mi.th

Received: January 16, 2026

Revised: March 17, 2026

Accepted: March 25, 2026

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณลักษณะเฉพาะทางอากาศพลศาสตร์ของแบบจำลองอากาศยานไร้คนขับพลังงานแสงอาทิตย์ M Solar-X และอากาศยานไร้คนขับพลังงานแสงอาทิตย์ขึ้น-ลงทางดิ่ง M Solar-X VTOL โดยใช้การทดสอบในอุโมงค์ลมความเร็วต่ำกว่าเสียง ร่วมกับการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมคำนวณพลศาสตร์ของไหล เพื่อประเมินผลกระทบของการติดตั้งระบบขึ้น-ลงทางดิ่งต่อสมรรถนะทางอากาศพลศาสตร์ ซึ่งผลการศึกษาพบว่า การติดตั้งระบบขึ้น-ลงทางดิ่งไม่ส่งผลกระทบต่อค่าสัมประสิทธิ์แรงยกอย่างมีนัยสำคัญ แต่ส่งผลให้สัมประสิทธิ์แรงต้านมีค่าเพิ่มขึ้นประมาณ 30-45% เมื่อเปรียบเทียบกับแบบไม่ติดตั้งระบบขึ้น-ลงทางดิ่ง และจากการทดสอบด้วยอุโมงค์ลมพบว่าอากาศยานไร้คนขับ M Solar-X และ M Solar-X VTOL มีค่าสัมประสิทธิ์แรงยกสูงสุดอยู่ในช่วง 1.4282-1.4609 มุมปะทะวิกฤตอยู่ในช่วง 10-12 องศา และค่าสัมประสิทธิ์แรงต้านที่มุมปะทะศูนย์องศาอยู่ในช่วง 0.03059-0.05018 โดยมีค่าอนุพันธ์ของโมเมนต์ปีกเงรอบจุดศูนย์ถ่วงของอากาศยานเทียบกับมุมปะทะมีค่าเป็นลบ ซึ่งแสดงให้เห็นว่า อากาศยานมีเสถียรภาพสถิตในแนวแกนลำตัว โดยการเพิ่มขึ้นของแรงต้านส่งผลให้อัตราส่วนแรงยกต่อแรงต้านลดลง ซึ่งมีผลโดยตรงต่อระยะเวลาการบินและพิสัยบิน อย่างไรก็ตาม ความสามารถในการขึ้น-ลงทางดิ่งช่วยขยายขอบเขตการบินและเพิ่มความยืดหยุ่นในการปฏิบัติการกิจในพื้นที่จำกัด ทั้งนี้ การคำนวณด้วยโปรแกรมคำนวณพลศาสตร์ของไหลมีผลลัพธ์ที่สามารถยืนยันความถูกต้องของค่าที่ได้จากการทดสอบในอุโมงค์ลมความเร็วต่ำกว่าเสียง จึงสามารถนำค่าคุณลักษณะเฉพาะทางอากาศพลศาสตร์ที่ได้ไปใช้ในงานวิจัยที่เกี่ยวข้องต่อไป

คำสำคัญ: คุณลักษณะเฉพาะทางอากาศพลศาสตร์ อากาศยานไร้คนขับ อากาศยานไร้คนขับพลังงานแสงอาทิตย์ อุโมงค์ลมความเร็วต่ำกว่าเสียง โปรแกรมคำนวณพลศาสตร์ของไหล

Abstract

The purpose of this research was to investigate the aerodynamic characteristics of the M Solar-X fixed-wing UAV and the M Solar-X VTOL UAV through subsonic wind tunnel testing and to compare the results with those obtained from computational fluid dynamics: CFD simulations. The results indicated that the installation of the VTOL system did not significantly affect the lift coefficient of the aircraft model; however, it increased the drag coefficient by approximately 30–45%. Subsonic wind tunnel testing showed that both the M Solar-X and M Solar-X VTOL achieved maximum lift coefficients ranging from 1.4282 to 1.4609. The critical angle of attack was found to be between 10° and 12° , while the drag coefficient at zero angle of attack ranged from 0.03059 to 0.05018. In addition, the UAV exhibited a negative pitching moment derivative with respect to the angle of attack about the center of gravity, indicating positive static longitudinal stability. The increase in drag reduced the lift-to-drag ratio, which directly affects flight endurance and operational range. Nevertheless, the VTOL capability expands the flight envelope and enhances operational flexibility, particularly in confined operating environments. Furthermore, the results obtained from the CFD analysis were in good agreement with those derived from the subsonic wind tunnel tests, confirming the validity of the aerodynamic predictions. The aerodynamic characteristics identified in this study can serve as valuable reference data for future UAV design and related research.

Keywords: aerodynamic characteristics, unmanned aerial vehicle, solar-powered UAV, subsonic wind tunnel, Computational Fluid Dynamics (CFD)



บทนำ

กองทัพอากาศตระหนักถึงความสำคัญของการพัฒนาเทคโนโลยีอากาศยานไร้คนขับเพื่อเสริมสร้างขีดความสามารถด้านการปฏิบัติการทางอากาศ ทั้งในกลุ่มอากาศยานแบบบินได้นานระดับกลาง (Medium Altitude Long Endurance: MALE) และอากาศยานไร้คนขับเชิงยุทธการ (Unmanned Combat Aerial Vehicle: UCAV) โดยยึดแนวทางการพึ่งพาตนเองและการพัฒนาอุตสาหกรรมป้องกันประเทศเป็นสำคัญ ภายใต้กรอบยุทธศาสตร์กองทัพอากาศ 20 ปี (พ.ศ.2561–2580) ซึ่งมุ่งสู่วิสัยทัศน์ “กองทัพอากาศที่แข็งแกร่งและมีประสิทธิภาพ (unbeatable air force)” (Royal Thai Air Force, 2025a, 2025b) ภายใต้บริบทดังกล่าว อากาศยานไร้คนขับพลังงานแสงอาทิตย์ M Solar-X ได้รับการพัฒนาขึ้นเพื่อรองรับภารกิจป้องกันที่ตั้งฐานบินและการลาดตระเวนในพื้นที่ปฏิบัติการ ผ่านการพิจารณาการบริหารความเสี่ยงความปลอดภัยของปัจจัยมนุษย์ในการ

ปฏิบัติการบิน (Eiampan et al., 2022) ซึ่งงานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยต่อเนื่องจากขั้นตอนการออกแบบเชิงหลักการของอากาศยานไร้คนขับพลังงานแสงอาทิตย์ M Solar-X และ M Solar-X VTOL (Ruenpakdan et al., 2024)

ในช่วงหลายทศวรรษที่ผ่านมา เทคโนโลยีอากาศยานไร้คนขับพลังงานแสงอาทิตย์ได้รับความสนใจอย่างแพร่หลาย เนื่องจากมีศักยภาพในการบินได้นาน ใช้พลังงานสะอาด และสามารถรองรับภารกิจที่หลากหลายทั้งด้านพลเรือนและด้านความมั่นคง การพัฒนาเทคโนโลยีดังกล่าวได้ขยายขีดความสามารถจากอากาศยานไร้คนขับขนาดเล็กไปสู่อากาศยานไร้คนขับเพดานบินสูงและบินได้นาน (High Altitude Long Endurance: HALE) ซึ่งเหมาะสมสำหรับภารกิจเฝ้าระวัง การสื่อสาร และการลาดตระเวนในพื้นที่กว้าง (Umprechar et al., 2025) ตัวอย่างความสำเร็จในอดีต ได้แก่ อากาศยานไร้คนขับ Pathfinder ขององค์การ NASA ซึ่งสามารถบินต่อเนื่องได้นานมากกว่า 1

เดือน ที่ระดับความสูง 50,500 ฟุต (Noth, 2008) และ อากาศยานไร้คนขับ Helios ที่สามารถทำการบินได้สูงถึง 96,480 ฟุต (Kumar et al., 2015)

เทคโนโลยีอากาศยานไร้คนขับพลังงานแสงอาทิตย์ได้พัฒนาต่อเนื่องอย่างรวดเร็ว โดยมุ่งเน้นการเพิ่มประสิทธิภาพของระบบบริหารจัดการพลังงานและการขยายขีดความสามารถในการปฏิบัติการกิจ ตัวอย่างที่สำคัญ ได้แก่ อากาศยานไร้คนขับ Zephyr S ซึ่งพัฒนาโดยบริษัท Airbus ตั้งแต่ปี ค.ศ.2008 สามารถบินที่ระดับความสูงประมาณ 70,000 ฟุต และบินต่อเนื่องได้นานถึง 100 วัน (Bierig et al., 2024) รวมถึงอากาศยานไร้คนขับ PHASA-35 ซึ่งพัฒนาโดยบริษัท BAE Systems และ Prismatic ตั้งแต่ปี ค.ศ. 2016 และสามารถบินต่อเนื่องได้นานถึง 1 ปี ที่ระดับความสูงประมาณ 65,000 ฟุต (BAE Systems, 2025) นอกจากนี้ อากาศยานไร้คนขับพลังงานแสงอาทิตย์ยังได้รับการประยุกต์ใช้อย่างกว้างขวางในงานด้านการสำรวจสิ่งแวดล้อมและการเกษตร ผ่านการติดตั้งระบบเซ็นเซอร์สำหรับตรวจวัดดัชนีความแตกต่างพืชพรรณ เพื่อวิเคราะห์สุขภาพและความสมบูรณ์ของพืชอย่างมีประสิทธิภาพ (Jitt-Aer et al., 2023) รวมทั้งสามารถใช้การผสมผสานกล้องถ่ายภาพความร้อนและกล้องภาพสีจริงที่ติดตั้งบนอากาศยานไร้คนขับเพื่อทำการติดตามเป้าหมายพรางตัวที่มีลักษณะซับซ้อนและกลมกลืนกับสภาพแวดล้อมได้ (Choosinworasakul et al., 2025)

ในเชิงงานวิจัยและการออกแบบ มีการนำเสนอแนวคิดและวิธีการพัฒนาอากาศยานไร้คนขับพลังงานแสงอาทิตย์ในหลากหลายระดับ Maleki (2011) ได้นำเสนอการออกแบบเชิงหลักการสำหรับอากาศยานไร้คนขับพลังงานแสงอาทิตย์ที่สามารถบินที่ระดับความสูง 60,000 ฟุต โดยมีช่วงปีก 20 เมตร ขณะที่ Marta and Gamboa (2014) ได้ออกแบบอากาศยานไร้คนขับพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับภารกิจสำรวจทางพลเรือนโดยใช้อุปกรณ์เชิงพาณิชย์เพื่อลดต้นทุนการผลิต ส่วน Malaver et al. (2015) ได้พัฒนาอากาศยานไร้คนขับพลังงานแสงอาทิตย์ Green Falcon สำหรับการตรวจวัดก๊าซเรือนกระจก นอกจากนี้ Sonkar et al. (2023) ได้เสนอแนวคิดการออกแบบอากาศยานไร้คนขับแบบองค์รวม โดยผสมผสานกระบวนการออกแบบอากาศยานแบบปีกตรึงเข้ากับระบบขึ้น-ลงทางดิ่ง (VTOL)

ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงแนวโน้มการเพิ่มขีดความสามารถในการปฏิบัติการกิจในพื้นที่จำกัด อย่างไรก็ตาม ปัจจุบันยังขาดงานวิจัยที่วิเคราะห์และยืนยันผลกระทบของระบบขึ้น-ลงทางดิ่งต่อคุณลักษณะทางอากาศพลศาสตร์ของอากาศยานไร้คนขับพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยข้อมูลทดลองและ CFD ควบคู่กัน ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งเติมเต็มช่องว่างดังกล่าวเพื่อสนับสนุนการออกแบบอากาศยานสำหรับภารกิจบินขึ้น-ลงในพื้นที่จำกัดอย่างมีประสิทธิภาพ

จากการทบทวนวรรณกรรมเมื่อพิจารณาเปรียบเทียบกับงานวิจัยที่รายงานค่าคุณลักษณะทางอากาศพลศาสตร์ของอากาศยานไร้คนขับใกล้เคียง พบว่า ส่วนใหญ่เป็นการศึกษากับอากาศยานแบบปีกตรึงเพียงรูปแบบเดียว หรือมุ่งเน้นการวิเคราะห์เชิงแนวคิดในระดับการออกแบบ โดยไม่ได้เปรียบเทียบผลกระทบของการติดตั้งระบบขึ้น-ลงทางดิ่งโดยตรง ประกอบกับยังไม่มีฐานข้อมูล CL CD และ CM สำหรับอากาศยานไร้คนขับที่มีรูปแบบใกล้เคียงกับ M Solar-X อีกทั้งหลายงานดำเนินการทดสอบภายใต้ช่วงเลขเรย์โนลด์ (Reynolds number) ที่แตกต่างจากสภาวะการบินจริงของอากาศยานพลังงานแสงอาทิตย์ขนาดกลางหรือใช้แบบจำลองที่มีอัตราส่วนความเรียวยาวปีก (aspect ratio) และการจัดวางอุปกรณ์ขับเคลื่อนต่างจากกรณีของ M Solar-X และ M Solar-X VTOL อย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ งานที่ผ่านมาโดยมากอาศัยการวิเคราะห์ด้วยวิธีเชิงตัวเลขหรือข้อมูลเชิงทดลองเพียงแนวทางเดียว ทำให้ยังขาดการยืนยันผลลัพธ์แบบบูรณาการระหว่างการทดสอบในอุโมงค์ลมกับการคำนวณ CFD ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงเป็นการเติมเต็มช่องว่างเฉพาะด้าน โดยมุ่งวิเคราะห์และเปรียบเทียบผลกระทบของการติดตั้งระบบขึ้น-ลงทางดิ่งต่อค่า CL CD และ L/D ของอากาศยานพลังงานแสงอาทิตย์ภายใต้ configuration และช่วงเลขเรย์โนลด์ที่สอดคล้องกับแบบ M Solar-X และ M Solar-X VTOL โดยตรง เพื่อจัดทำฐานข้อมูลที่สามารถรองรับการออกแบบและพัฒนาต่อยอดในบริบทการใช้ในการปฏิบัติการกิจจริงต่อไป

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อศึกษาค่าคุณลักษณะเฉพาะทางอากาศพลศาสตร์ของแบบจำลองอากาศยานไร้คนขับพลังงาน

แสงอาทิตย์ M Solar-X และอากาศยานไร้คนขับพลังงานแสงอาทิตย์ขึ้น-ลงทางดิ่ง M Solar-X VTOL โดยใช้การทดสอบในอุโมงค์ลมความเร็วต่ำกว่าเสียงด้วยแบบจำลองที่มีอัตราส่วน 1:2.85 ในท่าทางการบินระดับ ประกอบด้วยสัมประสิทธิ์แรงยกเทียบกับมุมปะทะ (CL VS α) สัมประสิทธิ์แรงต้านเทียบกับมุมปะทะ (CD VS α) สัมประสิทธิ์แรงยกต่อสัมประสิทธิ์แรงต้านเทียบกับมุมปะทะ (CL/ CD VS α) และสัมประสิทธิ์โมเมนต์ของอากาศยานทั้งลำเทียบกับมุมปะทะ (CM VS α) ร่วมกับการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมคำนวณพลศาสตร์ของไหล

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การทดสอบหาค่าคุณลักษณะเฉพาะทางอากาศพลศาสตร์ด้วยอุโมงค์ลมความเร็วต่ำกว่าเสียง

1.1 อุปกรณ์การทดลอง: อุโมงค์ลมความเร็วต่ำกว่าเสียงเพื่อการวิจัยเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบเพื่อหาค่าคุณลักษณะเฉพาะทางอากาศพลศาสตร์ โดยใช้เครื่องมือวัดแรงและโมเมนต์แบบติดตั้งภายในอุโมงค์ลม ซึ่งมีค่าขอบเขตของแรงและโมเมนต์ ดังนี้ แรงตามแนวตั้งฉากกับลำตัว (normal force): 2,669 นิวตัน แรงตามแนวแกนลำตัว (axial force): 1,334 นิวตัน แรงทางข้างลำตัว (side force): 712 นิวตัน Pitching Moment: 113 นิวตันเมตร Yawing Moment: 56.5 นิวตันเมตร และ Rolling Moment: 56.5 นิวตันเมตร

1.2 แบบจำลองอากาศยานไร้คนขับที่ใช้ทดสอบ: มีอัตราส่วนเท่ากับ 1:2.85 เมื่อเปรียบเทียบกับขนาดจริง เนื่องจากอุโมงค์ลมความเร็วต่ำกว่าเสียงมีความกว้าง 1.5 เมตร โดยที่ความยาวปีกจริงมีขนาด 4.2 เมตร ด้วยอัตราส่วน 1:2.85 จึงทำให้ปีกของแบบจำลองมีขนาด 1.5 เมตร และมีความยาวคอร์ดเฉลี่ยทางอากาศพลศาสตร์ (mean aerodynamic chord) 0.1046 เมตร ด้านล่างลำตัวยึดติดกับแท่นยึด (adaptor) เพื่อทำการเชื่อมต่อและติดตั้งกับเครื่องมือวัดแรงและโมเมนต์ ดังแสดงในภาพ 1 โดยขนาดของแบบจำลองที่สร้างขึ้นได้คำนึงถึงสามส่วนหลัก ได้แก่

1.2.1 ช่วงความเร็วของกระแสอากาศในอุโมงค์ลมที่สามารถทำการทดสอบได้เพื่อให้เลขเรย์โนลด์มีค่าใกล้เคียงกับเลขเรย์โนลด์ที่ใช้ในการบินจริงตามเงื่อนไขการบินมาตรฐานที่กำหนดขึ้น (standard flight conditions) (Barlow et al., 1999) โดยในการทดสอบนี้กำหนดเลข

เรย์โนลด์ของการบินจริงที่ 2.25×10^5 ซึ่งสามารถคำนวณได้ตามสมการ 1

$$Re = \frac{\rho_{\infty} V_{\infty} c}{\mu_{\infty}} \quad (1)$$

โดยที่ Re คือ เลขเรย์โนลด์ (ไม่มีหน่วย)

ρ_{∞} คือ ความหนาแน่นของอากาศ (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)

V_{∞} คือ ความเร็วของกระแสอากาศ (เมตรต่อวินาที)

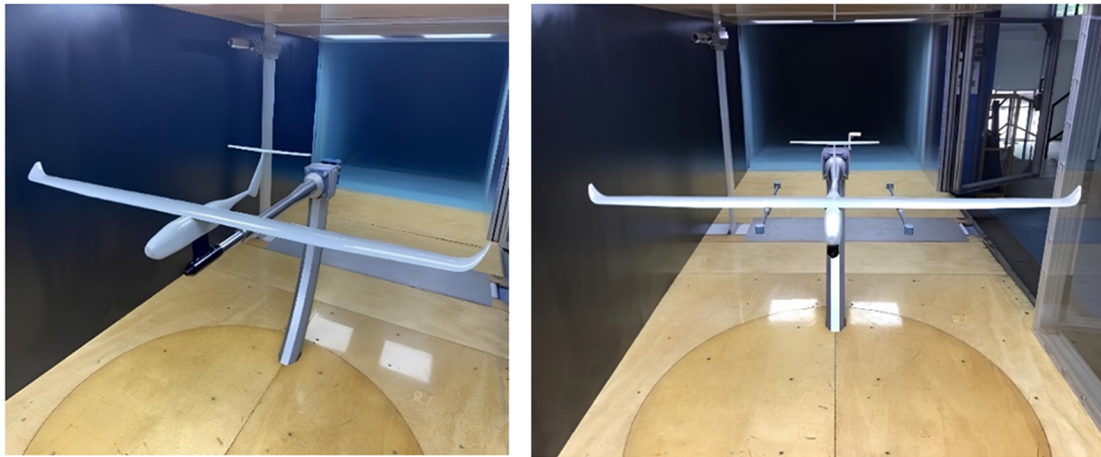
c คือ คอร์ด (เมตร)

μ_{∞} คือ ความหนืดพลวัตของอากาศ (กิโลกรัมต่อเมตรวินาที)

โดยเป็นการบินที่ความเร็ว 12.5 เมตรต่อวินาที ทำให้ได้ค่า Mach number ประมาณ 0.04 ซึ่งอยู่ในช่วงการไหลความเร็วต่ำที่ผลการอัดตัวของอากาศไม่นับสำคัญ สอดคล้องกับการทดสอบในอุโมงค์ลมที่ใช้ความเร็วของกระแสอากาศ 25 และ 31 เมตรต่อวินาที ทำให้ได้เลขเรย์โนลด์ 1.79×10^5 และ 2.25×10^5 ตามลำดับ และมีค่า Mach number อยู่ในช่วง 0.07-0.09 ซึ่งใกล้เคียงกับสภาวะการบินจริง ส่งผลให้เกิด Flow Similarity ที่เหมาะสม ทั้งนี้ แม้ค่า Mach number จะไม่สามารถทำให้เท่ากันได้อย่างสมบูรณ์ แต่เนื่องจากการเป็นกรไหลในช่วงความเร็วต่ำ (low speed subsonic) ความแตกต่างดังกล่าวจึงไม่ส่งผลกระทบต่ออย่างมีนัยสำคัญต่อค่าสัมประสิทธิ์แรงยกและแรงต้านที่วัดได้

1.2.2 ขนาดพื้นที่หน้าตัดของแบบจำลองเปรียบเทียบกับพื้นที่หน้าตัดของห้องทดลอง โดยให้มีอัตราส่วนน้อยที่สุดที่สามารถส่งผลกระทบจากการกีดขวางของแบบจำลอง (solid blockage) และการรบกวนจากผนังอุโมงค์ลม (tunnel wall interference) (Barlow et al., 1999) ซึ่งในการทดสอบนี้แบบจำลองมีพื้นที่หน้าตัดเมื่อเปิดมุมปะทะถึงมุมปะทะวิกฤตประมาณ 0.12×1.5 ตารางเมตร เปรียบเทียบกับขนาดพื้นที่หน้าตัดของห้องทดลองคือ 1.5×2 ตารางเมตร ซึ่งจะเห็นได้ว่ามีอัตราส่วนต่อกันน้อยมาก

1.2.3 ขอบเขตของแรงและโมเมนต์ของอุปกรณ์เครื่องวัดแรงและโมเมนต์ที่สามารถรับได้ในช่วงที่ทำการทดสอบ



ภาพ 1 แบบจำลอง M Solar-X และ M Solar-X VTOL เมื่อติดตั้งกับแท่นยึดและเครื่องมือวัดแรงและโมเมนต์

1.3 วิธีการทดลอง แบ่งออกเป็น 3 ช่วงหลัก ได้แก่

1.3.1 ช่วงเตรียมการก่อนการทดสอบ

1) สร้างแบบจำลองอากาศยานไร้คนขับ พลังงานแสงอาทิตย์ M Solar-X และ M Solar-X VTOL โดยใช้เครื่องพิมพ์สามมิติ ความละเอียด 15 ไมครอน วัสดุที่ใช้คือ PLA เสริมความแข็งแรงด้วยแท่งคาร์บอนไฟเบอร์ และติดตั้งแกนหลักในตำแหน่งแกนกลางของลำตัวเพื่อเชื่อมต่อกับแท่นยึดเครื่องมือวัดแรงและโมเมนต์ของอุโมงค์ลม ดังแสดงในภาพ 2

2) วางแผนการทดลองโดยกำหนดช่วงความเร็วที่ต้องการทดสอบและกำหนดอัตราการเพิ่มมุมปะทะเพื่อให้ได้ข้อมูลที่ครอบคลุมและเกิดประสิทธิภาพ ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้วางแผนการทดลอง ดังแสดงในตาราง 1 โดยเซตตั้งแคมเบอร์ (setting chamber) ของอุโมงค์ลม จะทำหน้าที่เตรียมและควบคุมอุณหภูมิของกระแสอากาศตามที่กำหนดไว้ตลอดการทดลองก่อนที่จะผ่านกระแสอากาศเข้าส่วนเร่งความเร็ว

3) ปรับเทียบอุปกรณ์เครื่องมือวัดแรงและโมเมนต์

4) ทดสอบและวิเคราะห์ความแข็งแรงของแบบจำลองอากาศยานไร้คนขับในเบื้องต้นด้วยการวางน้ำหนัก (dead load) ตามแนวแกนปีกตามเงื่อนไขแรงยกที่เกิดขึ้นสูงสุดที่คำนวณได้จากขั้นตอนการวิเคราะห์ผลจากโปรแกรมคำนวณพลศาสตร์ของไหล ณ สภาวะการทดสอบที่ความเร็วสูงสุดตามข้อมูลแผนการทดลอง

5) ติดตั้งแบบจำลองอากาศยานไร้คนขับเข้ากับเครื่องมือวัดแรงและโมเมนต์ รวมทั้งตรวจสอบแนวแกนการติดตั้งของแบบจำลองอากาศยานไร้คนขับ (alignment check)

6) ตรวจสอบความพร้อมของระบบปฏิบัติการ และควบคุมอุโมงค์ลม

1.3.2 ช่วงการทดสอบและบันทึกผล

งานวิจัยนี้จะทดสอบหาค่าคุณลักษณะเฉพาะทางอากาศพลศาสตร์ของแบบจำลองอากาศยานไร้คนขับที่เลขเรย์โนลด์ 1.79×10^5 และ 2.25×10^5 ความเร็ว 25 และ 31 เมตรต่อวินาที ที่มุมปะทะ -4 องศา จนกระทั่งถึงมุมปะทะวิกฤต โดยอุณหภูมิของกระแสอากาศควบคุมไว้ที่ 25 องศาเซลเซียส ความหนาแน่นของอากาศ 1.225 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ความหนืดพลวัตของอากาศ 1.789×10^{-5} กิโลกรัมต่อเมตรวินาที และกำหนดมุมปะทะแบบอัตโนมัติจากระบบการทำงานในห้องควบคุม โดยจะทำการบันทึกค่าแรงที่ได้จากการทดสอบ พร้อมทั้งค่าคุณสมบัติของกระแสอากาศในห้องทดสอบ

1.3.3 วิเคราะห์ผลและหาค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นกับการทดลอง

เครื่องมือวัดแรงและโมเมนต์สามารถวัดแรงได้ตามแนวแกนลำตัวและตั้งฉากกับลำตัว ดังนั้นแรงยก (lift) และแรงต้าน (drag) จึงสามารถคำนวณได้จากสมการ 2 และ 3 เมื่อทราบค่ามุมปะทะ (angle of attack) และค่าโมเมนต์ปีกเงยรอบจุดศูนย์ถ่วงของอากาศยาน สามารถ

คำนวณได้ตามสมการ 4 (Bertin & Cummings, 2014)
 ดังแสดงรายละเอียดในภาพ 3

$$L = N \cos \alpha - A \sin \alpha \quad (2)$$

$$D = N \sin \alpha + A \cos \alpha \quad (3)$$

$$M_{Cg} = x_1 N_1 + x_2 N_2 + y_1 A \quad (4)$$

โดยที่ L คือ แรงยก (นิวตัน)

N คือ แรงตามแนวตั้งฉากกับลำตัว (นิวตัน)

A คือ แรงตามแนวแกนลำตัว (นิวตัน)

α คือ มุมปะทะ (องศา)

D คือ แรงต้าน (นิวตัน)

M_{Cg} คือ โมเมนต์ปีกเงารอบจุดศูนย์ถ่วงของ

อากาศยาน (นิวตันเมตร)

x_1 คือ ระยะห่างในแนวระดับระหว่างจุดศูนย์ถ่วง

และแรงตามแนวตั้งฉากกับลำตัว จุดที่ 1 (เมตร)

x_2 คือ ระยะห่างในแนวระดับระหว่างจุดศูนย์ถ่วง

และแรงตามแนวตั้งฉากกับลำตัว จุดที่ 2 (เมตร)

y_1 คือ ระยะห่างในแนวตั้งระหว่างจุดศูนย์ถ่วง

และแรงตามแนวแกนลำตัว (เมตร)

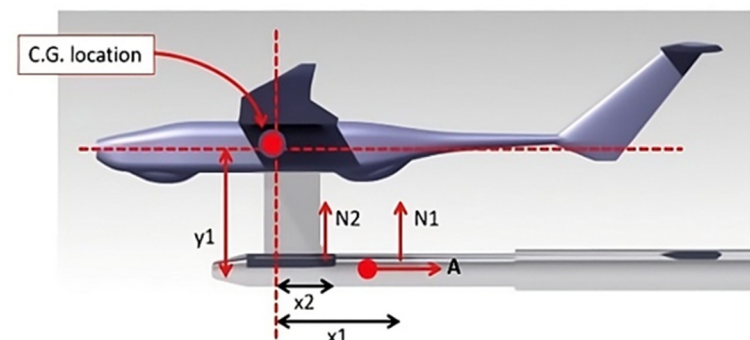


ภาพ 2 การสร้างแบบจำลอง M Solar-X พร้อมติดตั้งกับแท่นยึด (adaptor)

ตาราง 1

แผนการทดสอบ M Solar-X และ M Solar-X VTOL

เงื่อนไขการทดสอบ	ค่าการทดสอบ
ความเร็ว	25 และ 31 เมตรต่อวินาที
มุมปะทะ	-4 ถึง 12 องศา
ย่านเลขเรย์โนลด์	1.79×10^5 ถึง 2.25×10^5
อุณหภูมิ	25 องศาเซลเซียส



ภาพ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งค่าแรงที่อ่านได้

2. การทดสอบหาค่าคุณลักษณะเฉพาะทางอากาศพลศาสตร์
ด้วยสมการ Navier-Stokes ในโปรแกรม Fluent

ค่าคุณลักษณะเฉพาะทางอากาศพลศาสตร์ในงานวิจัยนี้คำนวณโดยใช้วิธีเชิงตัวเลข (numerical method) แบบ Finite Volume Method ในโปรแกรม Ansys Fluent (2024) สำหรับแก้สมการจำลองการไหลของอากาศแบบเทอร์บูเลนต์ กรณี Unsteady State ที่มีการเปลี่ยนแปลงค่าของตัวแปรต่าง ๆ ตามเวลา และเป็นการไหลในย่านความเร็วต่ำกว่าเสียงแบบไร้การอัดตัว ตามกฎอนุรักษ์มวล และกฎอนุรักษ์โมเมนตัม ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณจะอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ทางวิศวกรรม (Coleman & Steele, 2009)

โดยในงานวิจัยนี้ค่าคุณลักษณะเฉพาะทางอากาศพลศาสตร์ได้รับการคำนวณที่มุมปะทะต่าง ๆ โดยใช้ Solver แบบ Pressure Base และมีวิธีการคำนวณด้วยเทคนิค SIMPLE: Semi-Implicit Method for Pressure Linked Equation) ค่าความแม่นยำแบบ Second Order Accuracy และแก้ระบบสมการในรูปแบบของ Implicit Scheme ซึ่งมีข้อดีโดยไม่ต้องคำนึงถึงเสถียรภาพของการคำนวณเชิงตัวเลข Unconditional Stability (Versteeg & Malalasekera, 2007) โดยรูปแบบของเทอร์บูเลนต์ที่เลือกเทอร์บูเลนต์โมเดลแบบ (SST) $k-\omega$ ที่สามารถประยุกต์ใช้ได้ในการไหลหลายรูปแบบ (Bertin & Cummings, 2014) และได้รับการออกแบบโดยรวมข้อดีระหว่างเทอร์บูเลนต์โมเดลแบบ Standard $k-\omega$ ที่สามารถแก้ปัญหาการไหลได้ดีในชั้นขีตผิว และเทอร์บูเลนต์โมเดลแบบ $k-\epsilon$ ที่สามารถแก้ปัญหาได้ดีในชั้นการไหลนอกชั้นขีตผิว (Islam et al., 2013) โดยมีขั้นตอนการทดสอบ ดังนี้

ตาราง 2
Grid Independence Test

Grid Level	Uncertainty (%)	
	CL	CD
Coarse - Medium	7.8	8.2
Medium - Fine	0.6	2.1

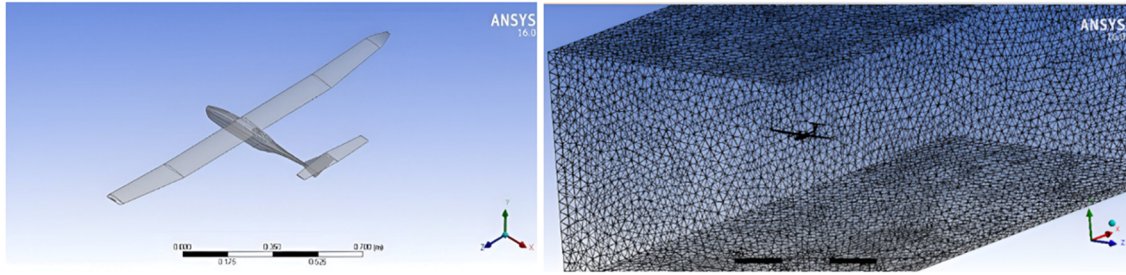
2.1 Pre-Processing

เริ่มต้นโดยการเตรียมและเลือกไฟล์ CAD ที่ต้องการใช้งานและ Generate รูปของไฟล์ CAD โดยการ Import ในกล่อง Geometry ดังแสดงในภาพ 4 (ซ้าย) และทำการ Enclosure ทำการปรับขนาด ปรับค่าต่าง ๆ และทำการ Generate Mesh ทำการบันทึกข้อมูลโดยไปที่ File และทำการ Export

2.2 Solvers

เริ่มต้นโดยการเปิดโปรแกรม Fluent 16.0 (fluent launcher) และตั้งค่าโปรแกรม พร้อมทั้งกำหนดรายละเอียดของ Mesh ให้ $Y+$ มีขนาด 60-200 และใช้การ Mesh แบบ Hybrid ซึ่งจะช่วยให้การใช้ Wall Function มีประสิทธิภาพสูงสุดในการจำลองการไหลแบบเทอร์บูเลนต์ โดยจากการทำ Grid Independence Test ดังแสดงในตาราง 2 ผู้วิจัยได้เลือกใช้ Medium Mesh ที่ไม่ละเอียดเกินไปและสามารถลดการคำนวณที่ซับซ้อน Stability (Versteeg & Malalasekera, 2007) โดยมี Node จำนวน 2,500,000 Node และ Element จำนวน 2,500,000 Element หลังจากนั้นได้ทำการเลือกไฟล์ที่ต้องการและทำการ Meshing ดังแสดงในภาพ 4 (ขวา)

การกำหนดเงื่อนไขและขอบเขตการไหล (boundary conditions) ของการไหลเข้า (inflow) และการไหลออก (outflow) ตั้งค่าอ้างอิงตามการทดสอบแบบจำลองด้วยอุโมงค์ลม ดังแสดงในตาราง 3



ภาพ 4 การ Generate ไฟล์ CAD (ซ้าย) และการ Meshing (ขวา)

ตาราง 3

การกำหนดเงื่อนไขและขอบเขตการไหล

เงื่อนไขการทดสอบ	ค่าการทดสอบ
ความเร็ว	25 และ 31 เมตรต่อวินาที
มุมปะทะ	-4 ถึง 12 องศา
พื้นที่ปีก	0.146 ตารางเมตร
อุณหภูมิ	25 องศาเซลเซียส
ความหนาแน่นของอากาศ	1.225 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร
ความหนืดพลวัตของอากาศ	1.789×10^{-5} กิโลกรัมต่อเมตรวินาที
Turbulent Intensity	0.1%
Viscosity Ratio	2%
ความเร็วอากาศที่ผิวโมเดล	0 (No-Slip Condition)
อุณหภูมิผิว	300 เคลวิน (Isothermal)

เมื่อตรวจสอบแล้วพบว่า Mesh ไม่มีการ Warning จึงเลือก Turbulent Model แบบ k- ω (2 Eqn) จากนั้น กำหนดค่าเงื่อนไขของความเร็วและมุมปะทะที่ต้องการ วิเคราะห์โดยปรับค่า Component of Flow Direction ปรับค่า Reference Values ตามขนาดของพื้นที่ปีกอ้างอิง และความยาวคอร์ตเฉลี่ยของ Model และปรับค่า Number of Iterations เป็น 1,000 แล้วเลือก Calculate จากนั้น รอจนกระทั่ง Solution is converged ซึ่งสามารถสังเกต ค่า CL และ CD ได้จากหน้าจอ รวมถึงสังเกตการลู่เข้าหา ค่าตอบได้จากกราฟ Residual ที่มีค่าน้อยกว่า 10^{-3} โดย หลังจากทำการ Run โปรแกรมแล้ว เมื่อการคำนวณลู่ เข้าหาคำตอบ จะได้ค่า CL และ CD ของเงื่อนไขการบิน ที่กำหนด

2.3 Post-Processing

ขั้นตอนนี้เป็นการนำผลลัพธ์ที่ได้คือ ค่าคุณลักษณะ เฉพาะทางอากาศพลศาสตร์ต่าง ๆ ที่ได้จากการคำนวณโดย โปรแกรมคำนวณพลศาสตร์ของไหล ได้แก่ ค่าสัมประสิทธิ์ แรงยก ค่าสัมประสิทธิ์แรงต้าน และค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ ปักเงยรอบจุดศูนย์ถ่วงของอากาศยาน มาเปรียบเทียบกับ ค่าคุณลักษณะเฉพาะทางอากาศพลศาสตร์ที่ได้จากการ ทดสอบในอุโมงค์ลมและแสดงผลในรูปแบบของกราฟเพื่อนำไปใช้การวิเคราะห์ปัญหาที่ต้องการศึกษา

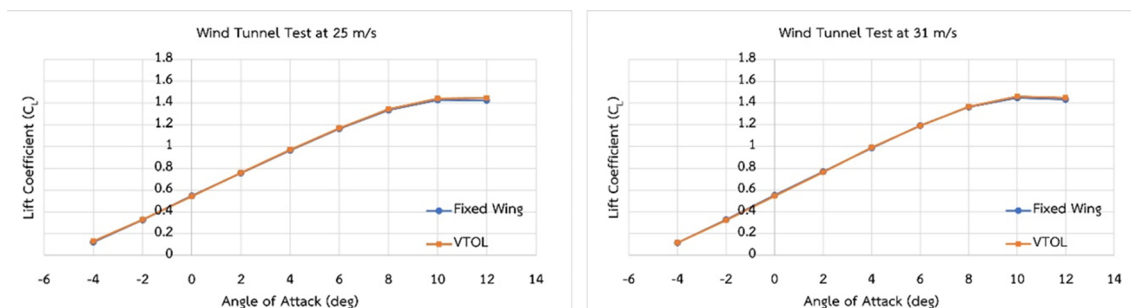
ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

เนื่องจากการทดสอบด้วยอุโมงค์ลม โครงสร้างของอากาศยานไม่สามารถรองรับภาระกรรมในย่านความเร็วที่เทียบเท่าสภาวะจริง คือ ในช่วง 56 เมตรต่อวินาที (เทียบกับความเร็ว 19.4 เมตรต่อวินาที ที่ความสูง 150 เมตร) และ 32 เมตรต่อวินาที (เทียบกับความเร็ว 12.5 เมตรต่อวินาที ที่ความสูง 1,500 เมตร) การแสดงผลลัพธ์ของแบบจำลองจึงมีการเปลี่ยนแปลงการทดสอบให้อยู่ในย่านความเร็วที่เหมาะสม คือ 25-31 เมตรต่อวินาที โดยมีการพิจารณาผลกระทบของสัมประสิทธิ์แรงยกและสัมประสิทธิ์แรงต้านที่ได้จากย่านเลขเรย์โนลด์ที่แตกต่างกัน

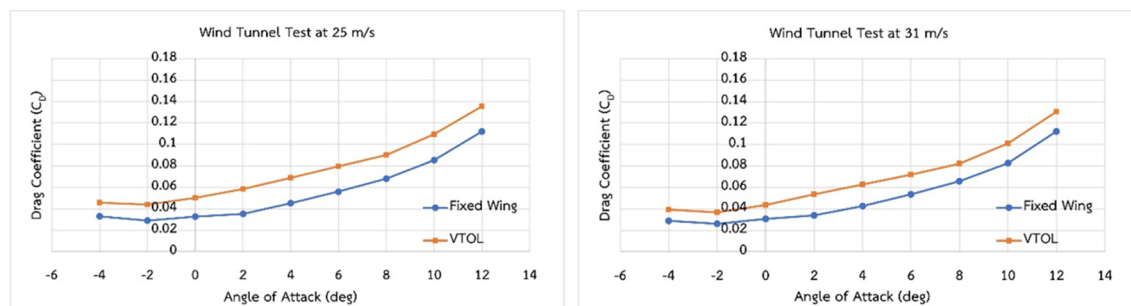
1. การวิเคราะห์ผลกระทบของการติดตั้งระบบขึ้น-ลงทางดิ่งต่อค่าอากาศพลศาสตร์โดยใช้อุโมงค์ลม

1.1 สัมประสิทธิ์แรงยก (Lift Coefficient CL)

ภาพ 5 แสดงผลลัพธ์ของสัมประสิทธิ์แรงยกของแบบจำลอง M Solar-X และ M Solar-X VTOL โดยใช้อุโมงค์ลมที่ความเร็ว 25 และ 31 เมตรต่อวินาที โดยเมื่อ



ภาพ 5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์แรงยกเทียบกับมุมปะทะของแบบจำลอง M Solar-X และ M Solar-X VTOL โดยใช้อุโมงค์ลมที่ความเร็ว 25 และ 31 เมตรต่อวินาที



ภาพ 6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์แรงต้านเทียบกับมุมปะทะของแบบจำลอง M Solar-X และ M Solar-X VTOL โดยใช้อุโมงค์ลมที่ความเร็ว 25 และ 31 เมตรต่อวินาที

เปรียบเทียบกับจะพบว่าค่าสัมประสิทธิ์แรงยกไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ทั้งนี้เกิดจากการติดตั้งระบบขึ้น-ลงทางดิ่งทำให้พื้นที่ปีกเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย

1.2 สัมประสิทธิ์แรงต้าน (Drag Coefficient: CD)

ภาพ 6 แสดงผลลัพธ์ของสัมประสิทธิ์แรงต้านของแบบจำลอง M Solar-X และ M Solar-X VTOL ที่ความเร็ว 25 และ 31 เมตรต่อวินาที โดยเมื่อเปรียบเทียบจะพบว่า การติดตั้งระบบขึ้น-ลงทางดิ่งส่งผลกระทบต่อค่าสัมประสิทธิ์แรงต้านเพิ่มขึ้น 30-45% ซึ่งเมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์แรงต้านที่เพิ่มขึ้นขณะที่ค่าสัมประสิทธิ์แรงยกไม่แตกต่างกัน แสดงว่า เกิดแรงต้านเหนี่ยวนำ (induced drag) น้อยมาก และสามารถสรุปได้ว่า สัมประสิทธิ์แรงต้านที่เพิ่มขึ้นเป็นสัมประสิทธิ์แรงต้านติดตัว (parasite drag coefficient) อันเนื่องมาจากการติดตั้งระบบขึ้น-ลงทางดิ่ง

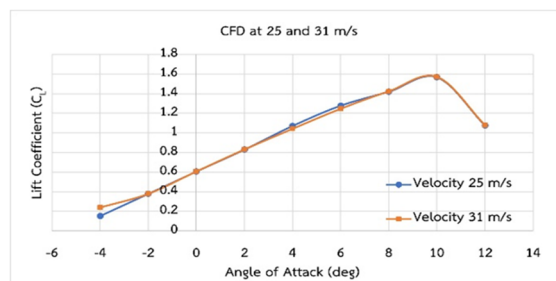
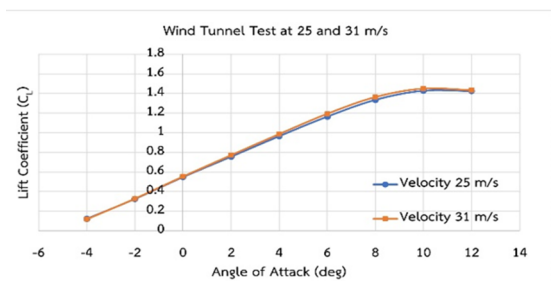
2. การวิเคราะห์ผลกระทบของเลขเรย์โนลด์ต่อค่าอากาศพลศาสตร์

จากการทดสอบที่ค่าเลขเรย์โนลด์ที่แตกต่างกันพบว่า เลขเรย์โนลด์ที่เพิ่มมากขึ้นส่งผลกระทบต่อสัมประสิทธิ์แรงยกสูงขึ้น ดังแสดงในภาพ 7 โดยมีผลในช่วงของสมการเส้นตรงน้อยมากประมาณ 1% แต่เมื่อมุมปะทะสูงขึ้นเลขเรย์โนลด์จะส่งผลกระทบต่อสัมประสิทธิ์แรงยกมากขึ้นประมาณ 2-3% นอกจากนี้ ค่าของเลขเรย์โนลด์มีผลกระทบต่อสัมประสิทธิ์แรงต้าน ดังแสดงในภาพ 8 โดยพบว่า เมื่อเลขเรย์โนลด์เพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้ค่าสัมประสิทธิ์แรงต้านลดลง โดยที่มุมปะทะต่ำจะลดลงประมาณ 2% และที่มุมปะทะสูงมากขึ้นหรือช่วงเกิดการรบกวน ค่าสัมประสิทธิ์แรงต้านจะลดลงอย่างชัดเจน อยู่ที่ประมาณ 3-5% อันเป็นผลที่เกิดจากการไหลแยกตัวของกระแสอากาศที่มีการเคลื่อนที่ไปด้านหลังของแบบจำลองมากขึ้น ส่งผลให้กระแสอากาศที่ปั่นป่วนที่เกิดขึ้นบริเวณด้านหลังมีลักษณะแคบลง จึงทำให้ความแตกต่างระหว่างความดันด้านหน้าและด้านหลังลดลง จึงเป็นผลให้ค่า CD ลดลง

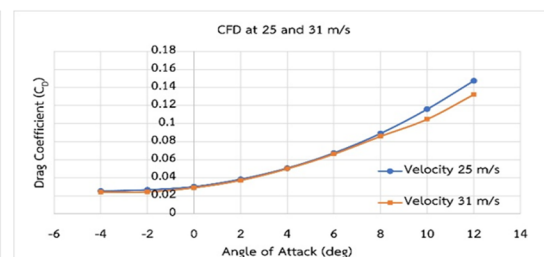
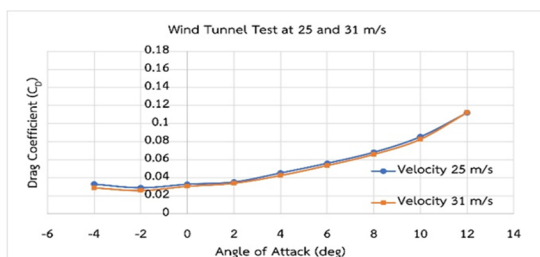
3. เปรียบเทียบผลการทดสอบอุโมงค์ลมและการคำนวณพลศาสตร์ของไหลของแบบจำลอง M Solar-X

3.1 สัมประสิทธิ์แรงยก (Lift Coefficient: CL)

ภาพ 9 แสดงผลลัพธ์ของค่าสัมประสิทธิ์แรงยกที่

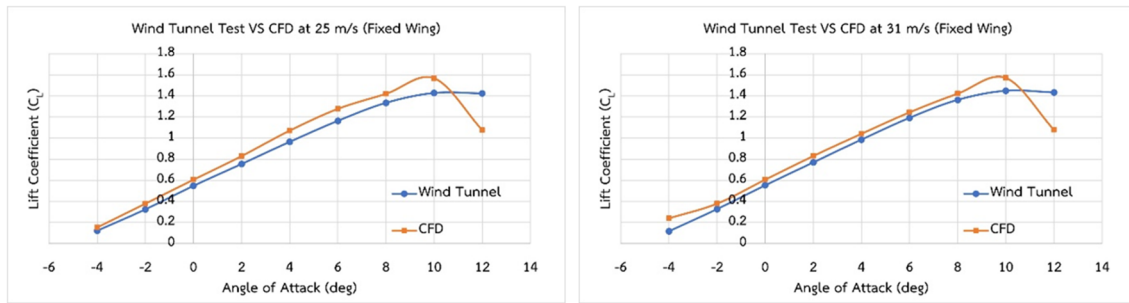


ภาพ 7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์แรงยกเทียบกับมุมปะทะของแบบจำลอง M Solar-X ที่เลขเรย์โนลด์ 1.79×10^5 (ความเร็ว 25 m/s) และ 2.25×10^5 (ความเร็ว 31 m/s) โดยใช้อุโมงค์ลม (ซ้าย) และโปรแกรมคำนวณพลศาสตร์ของไหล (ขวา)



ภาพ 8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์แรงต้านเทียบกับมุมปะทะของแบบจำลอง M Solar-X ที่เลขเรย์โนลด์ 1.79×10^5 (ความเร็ว 25 m/s) และ 2.25×10^5 (ความเร็ว 31 m/s) โดยใช้อุโมงค์ลม (ซ้าย) และโปรแกรมคำนวณพลศาสตร์ของไหล (ขวา)

ได้จากอุโมงค์ลมและโปรแกรมคำนวณพลศาสตร์ของไหล โดยใช้แบบจำลอง M Solar-X พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์แรงยกมีแนวโน้มเดียวกันมีความแตกต่างกันประมาณ 3-5% ที่มุมปะทะต่ำ หรือช่วงสมการเส้นตรง และค่าจะแตกต่างกันมากขึ้นเมื่อมุมปะทะสูงขึ้น เนื่องจากโปรแกรมคำนวณพลศาสตร์ของไหลไม่สามารถทำนายค่าสัมประสิทธิ์แรงยกได้แม่นยำในช่วงที่กราฟไม่เป็นสมการเส้นตรงหรือหลังเกิดการรบกวนได้ ทั้งนี้ค่าคุณลักษณะเฉพาะทางอากาศพลศาสตร์ที่มุมปะทะ 0 องศา ผลการทดสอบที่ได้จากการทดสอบอุโมงค์ลมมีสัมประสิทธิ์แรงยกมีค่าประมาณ 0.5484 และ 0.5527 และจากการคำนวณพลศาสตร์ของไหลมีค่า 0.6064 และ 0.6077 ที่ความเร็ว 25 และ 31 เมตรต่อวินาที ตามลำดับ สำหรับค่าสัมประสิทธิ์แรงยกสูงสุด จากการทดสอบด้วยอุโมงค์ลม เกิดขึ้นที่มุมปะทะ 10 องศา โดยมีค่าประมาณ 1.4282 และ 1.4490 ที่ความเร็ว 25 และ 31 เมตรต่อวินาที ตามลำดับ และจากการคำนวณพลศาสตร์ของไหล มีค่าประมาณ 1.5675 และ 1.5707 ที่ความเร็ว 25 และ 31 เมตรต่อวินาที ตามลำดับ ซึ่งค่าที่ได้จากการทดลองมีแนวโน้มต่ำกว่าค่าที่คำนวณจาก CFD เล็กน้อย ทั้งนี้อาจเกิดจากผลของ Tunnel Wall Interference และ Solid Blockage ซึ่งเป็นปัจจัยที่มักทำให้ค่าที่วัดได้ในอุโมงค์ลมคลาดเคลื่อนจากสภาวะอิสระจริง (Barlow et al., 1999)



ภาพ 9 กราฟเปรียบเทียบสัมประสิทธิ์แรงยกเทียบกับมุมปะทะที่ได้จากการทดสอบอุโมงค์ลมและโปรแกรมคำนวณพลศาสตร์ของไหลของแบบจำลอง M Solar-X ที่ความเร็ว 25 และ 31 เมตรต่อวินาที

3.2 สัมประสิทธิ์แรงต้าน (Drag Coefficient: CD)

ภาพ 10 เป็นการเปรียบเทียบกราฟแสดงผลลัพธ์ของสัมประสิทธิ์แรงต้านที่ได้จากการทดสอบอุโมงค์ลมและการคำนวณโดยโปรแกรมคำนวณพลศาสตร์ของไหล โดยใช้แบบจำลอง M Solar-X ซึ่งพบว่าสัมประสิทธิ์แรงต้านมีค่าเพิ่มขึ้นตามมุมปะทะโดยมีแนวโน้มเป็นรูปพาราโบลาทั้งการใช้โปรแกรมคำนวณพลศาสตร์ของไหลและการทดสอบด้วยอุโมงค์ลม โดยแตกต่างกันประมาณ 8-15% เนื่องจากข้อจำกัดต่าง ๆ ของโปรแกรมคำนวณพลศาสตร์ของไหลที่ไม่สามารถจำลองการไหลของกระแสน้ำอากาศจริงได้อย่างสมบูรณ์ อย่างไรก็ตาม ความแตกต่างดังกล่าวยังถือว่าอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้สำหรับการเปรียบเทียบทางวิศวกรรม (Bertin & Cummings, 2014) ค่าสัมประสิทธิ์แรงต้านต่ำสุดสำหรับการทดสอบด้วยอุโมงค์ลมเกิดที่มุมปะทะ -2 องศา ซึ่งเป็นจุดต่ำสุดของพาราโบลาและเป็นจุดที่มีค่าแรงยก 0.3253 และ 0.3269 ที่ความเร็ว 25 และ 31 เมตรต่อวินาที ตามลำดับ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์แรงต้าน 0.0288 และ 0.0259 ตามลำดับ สำหรับโปรแกรมคำนวณพลศาสตร์ของไหล ค่าสัมประสิทธิ์แรงต้านต่ำสุดเกิดที่มุมปะทะ -4 องศา โดยมีค่า 0.02524 และ 0.02407 ที่ความเร็ว 25 และ 31 เมตรต่อวินาที ตามลำดับ ที่มุมปะทะต่ำหรือมุมที่ใช้ในการบินตรงระดับอากาศยานไร้คนขับมีสัมประสิทธิ์แรงต้าน อยู่ในช่วง 0.0295-0.0506

4. เปรียบเทียบผลการทดสอบอุโมงค์ลมและการคำนวณพลศาสตร์ของไหลของแบบจำลอง M Solar-X VTOL

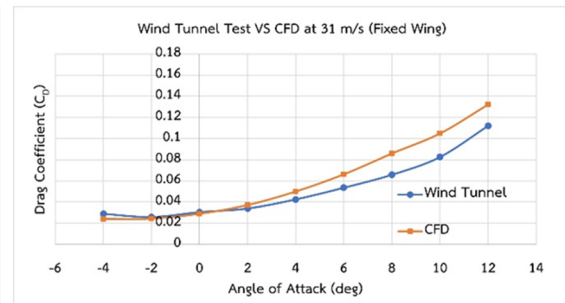
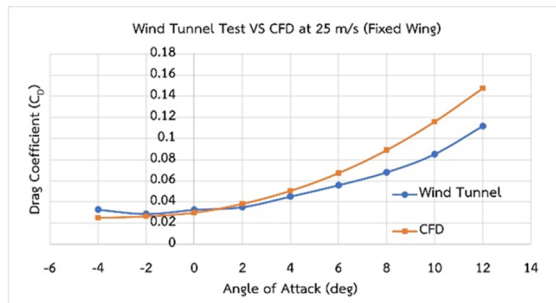
4.1 สัมประสิทธิ์แรงยก (Lift Coefficient: CL)

ภาพ 11 แสดงผลลัพธ์ของค่าสัมประสิทธิ์แรงยก

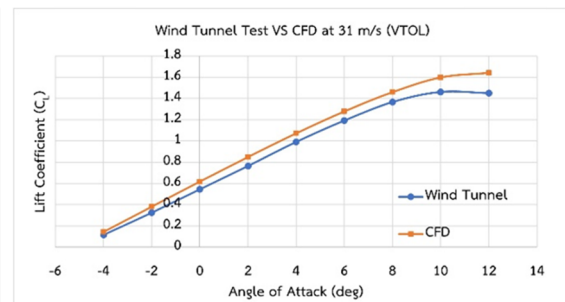
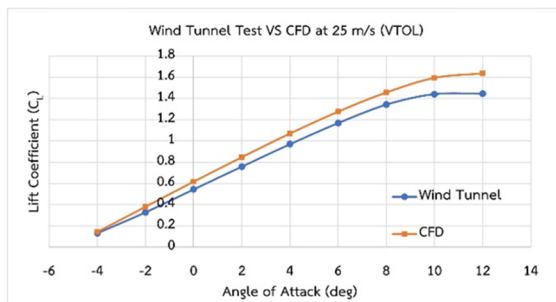
ของแบบจำลอง M Solar-X VTOL พบว่าค่าสัมประสิทธิ์แรงยกมีแนวโน้มเดียวกันมีความแตกต่างกันประมาณ 3-6% ที่มุมปะทะต่ำและจะแตกต่างกันมากขึ้นเมื่อมุมปะทะสูงขึ้น โดยที่มุมปะทะ 0 องศา ค่าสัมประสิทธิ์แรงยกจากการทดสอบอุโมงค์ลมมีค่า 0.5439 และ 0.5437 จากการคำนวณพลศาสตร์ของไหลมีค่า 0.6156 และ 0.6170 ที่ความเร็ว 25 และ 31 เมตรต่อวินาที ตามลำดับ สำหรับค่าสัมประสิทธิ์แรงยกสูงสุดของการทดสอบอุโมงค์ลมที่ความเร็ว 25 เมตรต่อวินาที เกิดขึ้นที่มุมปะทะ 12 องศา โดยมีค่า 1.4451 และที่ความเร็ว 31 เมตรต่อวินาที ที่มุมปะทะ 10 องศา โดยมีค่า 1.4609

4.2 สัมประสิทธิ์แรงต้าน (Drag Coefficient: CD)

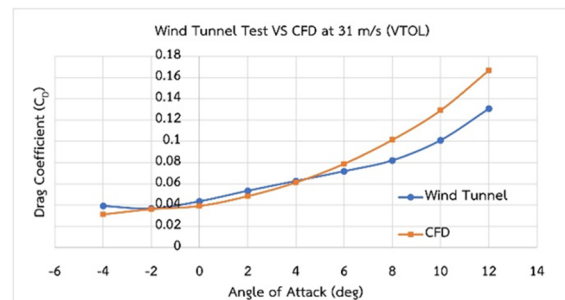
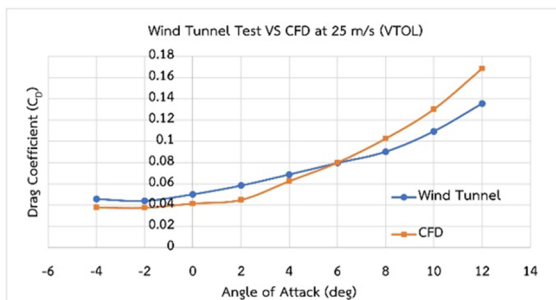
ภาพ 12 เป็นการเปรียบเทียบกราฟแสดงผลลัพธ์ของสัมประสิทธิ์แรงต้านที่ได้จากการทดสอบอุโมงค์ลมและผลจากการคำนวณโดยโปรแกรมคำนวณพลศาสตร์ของไหลของแบบจำลอง M Solar-X VTOL ซึ่งพบว่า ค่าสัมประสิทธิ์แรงต้านมีค่าเพิ่มขึ้นตามมุมปะทะโดยมีแนวโน้มเป็นรูปพาราโบลาทั้งการใช้โปรแกรมคำนวณพลศาสตร์ของไหลและการทดสอบด้วยอุโมงค์ลม โดยแตกต่างกันประมาณ 5-25% สำหรับการทดสอบด้วยอุโมงค์ลม ค่าสัมประสิทธิ์แรงต้านต่ำสุด เกิดที่มุมปะทะ -2 องศา ซึ่งเป็นจุดต่ำสุดของพาราโบลาและเป็นจุดที่มีค่าแรงยกเท่ากับ 0.3283 และ 0.3239 ที่ความเร็ว 25 และ 31 เมตรต่อวินาที ตามลำดับ โดยจุดนี้สัมประสิทธิ์แรงต้านมีค่าประมาณ 0.044 และ 0.0367 ตามลำดับ



ภาพ 10 กราฟเปรียบเทียบสัมประสิทธิ์แรงต้านเทียบกับมุมปะทะที่ได้จากการทดสอบอุโมงค์ลมและโปรแกรมคำนวณพลศาสตร์ของไหลของแบบจำลอง M Solar-X ที่ความเร็ว 25 และ 31 เมตรต่อวินาที



ภาพ 11 กราฟเปรียบเทียบสัมประสิทธิ์แรงยกเทียบกับมุมปะทะที่ได้จากการทดสอบอุโมงค์ลมและโปรแกรมคำนวณพลศาสตร์ของไหลของแบบจำลอง M Solar-X VTOL ที่ความเร็ว 25 และ 31 เมตรต่อวินาที



ภาพ 12 กราฟเปรียบเทียบสัมประสิทธิ์แรงต้านเทียบกับมุมปะทะที่ได้จากการทดสอบอุโมงค์ลมและโปรแกรมคำนวณพลศาสตร์ของไหลของแบบจำลอง M Solar-X VTOL ที่ความเร็ว 25 และ 31 เมตรต่อวินาที

4.3 สัมประสิทธิ์แรงยกต่อสัมประสิทธิ์แรงต้านเทียบกับมุมปะทะ (C_L/C_D VS α)

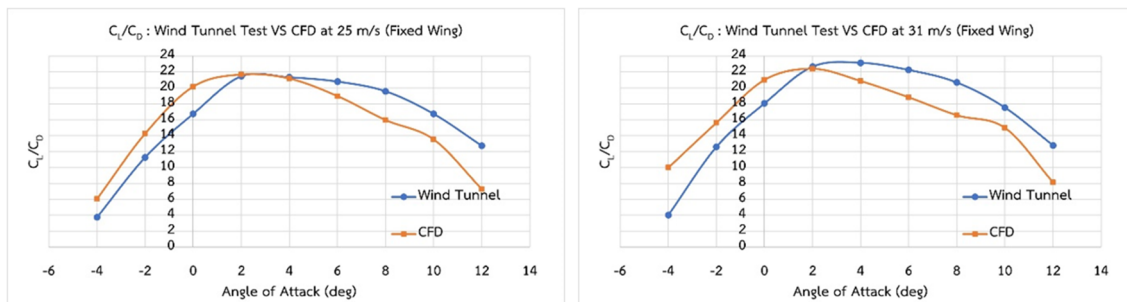
ภาพ 13 แสดงผลลัพธ์ของสัมประสิทธิ์แรงยกต่อสัมประสิทธิ์แรงต้านเทียบกับมุมปะทะจากการทดสอบอุโมงค์ลมและการคำนวณโดยโปรแกรมคำนวณพลศาสตร์ของไหลของแบบจำลอง M Solar-X พบว่า การทดสอบอุโมงค์ลมและการคำนวณโดยโปรแกรมคำนวณพลศาสตร์ของไหลให้ค่าที่แตกต่างกัน แต่ลักษณะของกราฟมีแนวโน้มเดียวกัน โดยค่าของสัมประสิทธิ์แรงยกต่อสัมประสิทธิ์แรง

ต้านสูงสุดเท่ากันที่มุมปะทะ 2 องศา ที่ความเร็ว 25 เมตรต่อวินาที แต่ที่ความเร็ว 31 เมตรต่อวินาที มีค่าสัมประสิทธิ์แรงยกต่อสัมประสิทธิ์แรงต้านสูงสุดที่มุมปะทะที่แตกต่างกัน ภาพ 14 แสดงผลลัพธ์ของแบบจำลอง M Solar-X VTOL ที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์แรงยกต่อสัมประสิทธิ์แรงต้านสูงสุดที่ 8 องศา เท่ากัน จากการทดสอบอุโมงค์ลมที่ความเร็ว 25 และ 31 เมตรต่อวินาที แต่สำหรับโปรแกรมคำนวณพลศาสตร์ของไหล จะได้ค่าสัมประสิทธิ์แรงยกต่อสัมประสิทธิ์แรงต้านสูงสุดที่มุมปะทะ 2 องศา ที่ความเร็ว 25 เมตรต่อวินาที และที่มุมปะทะ 3 องศา ที่ความเร็ว 31 เมตรต่อวินาที

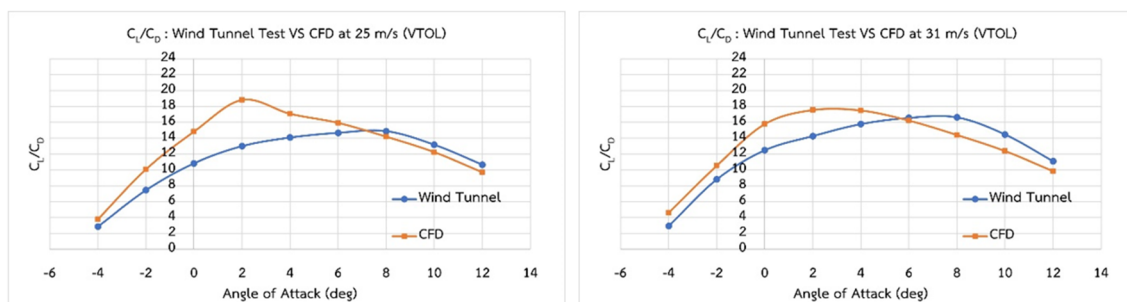
4.4 การวิเคราะห์เสถียรภาพสถิตตามแนวแกนลำตัว (longitudinal static stability)

อากาศยานจะมีเสถียรภาพสถิตในแนวแกนลำตัว ต้องอยู่ในเงื่อนไขค่าอนุพันธ์ของสัมประสิทธิ์โมเมนต์ปีกยก รอบจุดศูนย์ถ่วงของอากาศยานเทียบกับมุมปะทะมีค่าเป็นลบ (Hull, 2007) โดยตำแหน่งจุดศูนย์ถ่วงของแบบจำลอง ในอุโมงค์ลมและโปรแกรมคำนวณพลศาสตร์ของไหลอยู่ที่ 0.198 เมตร จากตำแหน่งหน้าสุดของแบบจำลอง ซึ่งผลการ

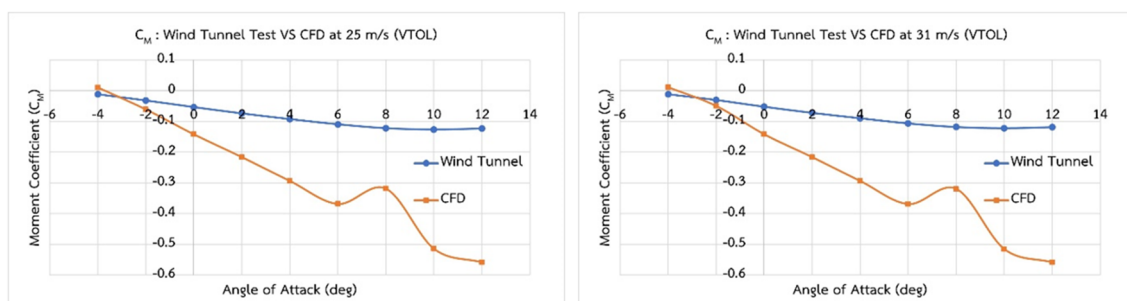
วิเคราะห์พบว่า แบบจำลองที่ติดตั้งระบบขึ้น-ลงทางดิ่งมีค่าอนุพันธ์ดังกล่าวเป็นลบ ดังแสดงในภาพ 15 จึงสามารถสรุปได้ว่า แบบจำลองมีเสถียรภาพสถิตในแนวแกนลำตัว ทั้งนี้ ความแตกต่างที่เกิดขึ้นน่าจะเกิดจากความคลาดเคลื่อนในการวัดระยะของอุปกรณ์และความแตกต่างของค่าแรงที่วัดได้จากอุโมงค์ลมกับโปรแกรมคำนวณพลศาสตร์ของไหล



ภาพ 13 กราฟเปรียบเทียบสัมประสิทธิ์แรงยกต่อสัมประสิทธิ์แรงต้านเทียบกับมุมปะทะที่ได้จากการทดสอบอุโมงค์ลมและโปรแกรมคำนวณพลศาสตร์ของไหลของแบบจำลอง M Solar-X ที่ความเร็ว 25 และ 31 เมตรต่อวินาที



ภาพ 14 กราฟเปรียบเทียบสัมประสิทธิ์แรงยกต่อสัมประสิทธิ์แรงต้านเทียบกับมุมปะทะที่ได้จากการทดสอบอุโมงค์ลมและโปรแกรมคำนวณพลศาสตร์ของไหลของแบบจำลอง M Solar-X VTOL ที่ความเร็ว 25 และ 31 เมตรต่อวินาที



ภาพ 15 กราฟเปรียบเทียบสัมประสิทธิ์โมเมนต์ปีกยกรอบจุดศูนย์ถ่วงของอากาศยานเทียบกับมุมปะทะที่ได้จากการทดสอบอุโมงค์ลมและโปรแกรมคำนวณพลศาสตร์ของไหลของแบบจำลอง M Solar-X VTOL ที่ความเร็ว 25 และ 31 เมตรต่อวินาที

สรุปผลการวิจัย

การคำนวณและทดสอบค่าคุณลักษณะเฉพาะทางอากาศพลศาสตร์ของแบบจำลองอากาศยานไร้คนขับพลังงานแสงอาทิตย์ M Solar-X และ M Solar-X VTOL ที่ค่าเลขเรย์โนลด์ 1.79×10^5 และ 2.25×10^5 ในช่วงมุมปะทะตั้งแต่ -4 ถึง 12 องศา โดยการทดสอบด้วยอุโมงค์ลม มีรายละเอียดของผลลัพธ์ดังแสดงในตาราง 4 ซึ่งสามารถ

นำค่าคุณลักษณะเฉพาะทางอากาศพลศาสตร์ที่ได้จากงานวิจัยไปต่อยอดหรือปรับปรุงพัฒนาอากาศยานไร้คนขับแบบใหม่ที่มีขีดความสามารถและสมรรถนะที่สูงขึ้นสำหรับการปฏิบัติการกิจต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นภารกิจด้านความมั่นคง การบรรเทาสาธารณภัยหรือการช่วยเหลือประชาชน โดยสามารถสรุปผลการทดสอบได้ ดังนี้

ตาราง 4

สรุปผลการทดสอบแบบจำลอง M Solar-X และ M Solar-X VTOL โดยใช้อุโมงค์ลม

ค่าคุณลักษณะเฉพาะทางอากาศพลศาสตร์	M Solar-X	M Solar-X VTOL
ค่าสัมประสิทธิ์แรงยกสูงสุด	1.4282 ถึง 1.4490	1.4451 ถึง 1.4609
ค่ามุมปะทะวิกฤติ	10 ถึง 12 องศา	10 ถึง 12 องศา
ค่าความชันของสัมประสิทธิ์แรงยก	0.0747 ถึง 0.0778 deg-1	0.0883 ถึง 0.0902 deg-1
ค่าสัมประสิทธิ์แรงยกที่มุมปะทะเท่ากับศูนย์	0.5485 ถึง 0.5527	0.54375 ถึง 0.54395
ค่ามุมปะทะที่สัมประสิทธิ์แรงยกเท่ากับศูนย์	มุมกด 4 ถึง 6 องศา	มุมกด 4 ถึง 6 องศา
ค่าสัมประสิทธิ์แรงต้านต่ำสุด	0.02594	0.03675
ค่ามุมปะทะที่สัมประสิทธิ์แรงต้านต่ำสุด	-2 องศา	-2 องศา
ค่าอัตราส่วนแรงยกต่อแรงต้านสูงสุด	23.1522	16.6385
ค่าอนุพันธ์ของโมเมนต์ปีกเงา CM รอบจุดศูนย์ถ่วงของอากาศยานเทียบกับมุมปะทะ	-0.005 ถึง -0.0054 deg-1	-0.0072 ถึง -0.0075 deg-1

1. การติดตั้งระบบขึ้น-ลงทางดิ่งไม่ส่งผลกระทบต่อค่าสัมประสิทธิ์แรงยกอย่างมีนัยสำคัญ เพราะไม่ได้เปลี่ยนแปลงพื้นที่ปีกที่เป็นส่วนในการสร้างแรงยก แต่มีผลต่อค่าสัมประสิทธิ์แรงต้านซึ่งเพิ่มขึ้นประมาณ 30-45% โดยที่แบบจำลอง M Solar-X และ M Solar-X VTOL ยังคงมีเสถียรภาพสถิตตามแนวแกนลำตัว ทั้งนี้ สัมประสิทธิ์แรงต้านที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้สมรรถนะต่าง ๆ ของ M Solar-X VTOL ลดลง และเกิดข้อจำกัดในการปฏิบัติการกิจเพิ่มมากขึ้น อย่างไรก็ตาม ความสามารถในการขึ้น-ลงทางดิ่งช่วยขยายขอบเขตการบิน เพิ่มความยืดหยุ่นในการปฏิบัติการกิจในพื้นที่จำกัดและไม่ต้องใช้ทางวิ่ง

2. ค่าคุณลักษณะเฉพาะทางอากาศพลศาสตร์จากการทดสอบด้วยอุโมงค์ลมมีแนวโน้มสอดคล้องกับผลการคำนวณพลศาสตร์ของไหล โดยค่าสัมประสิทธิ์แรงยก

แตกต่างกันในช่วงสมการเส้นตรงประมาณ 3-6% และค่าสัมประสิทธิ์แรงต้านแตกต่างกันอยู่ในช่วง 5-25% ซึ่งความสอดคล้องของแนวโน้มดังกล่าวสะท้อนถึงความสอดคล้องกันระหว่างข้อมูลเชิงทดลองจากสภาวะการไหลจริงและแบบจำลองเชิงตัวเลขที่มีการกำหนดสมมติฐานต่าง ๆ ให้ใกล้เคียงกับการไหลจริงที่สามารถเพิ่มความเชื่อมั่นว่าผลการทดลองไม่มีความคลาดเคลื่อนเชิงระบบอย่างมีนัยสำคัญ

3. ข้อจำกัดต่าง ๆ ของการวิจัย ได้แก่ ข้อจำกัดด้านโครงสร้างของแบบจำลองที่ไม่สามารถรองรับภาระกรรมในย่านความเร็วที่เทียบเท่าสภาวะการบินจริง จึงทำให้ต้องลดความเร็วในการทดสอบให้อยู่ในย่านความเร็วที่เหมาะสมคือ 25-31 เมตรต่อวินาที ส่งผลให้ย่านเลขเรย์โนลด์ที่ใช้ทำการทดสอบไม่ครอบคลุมย่านเลขเรย์โนลด์ที่เทียบเท่าสภาวะการบินจริง และข้อจำกัดจากโปรแกรมคำนวณ

พลศาสตร์ของไหลที่ไม่สามารถทำนายค่าที่มุมปะทะสูงได้อย่างแม่นยำ เนื่องจากการทดสอบด้วยอุโมงค์ลมจะใช้กระแสลมจริงที่มีลักษณะการไหลแบบราบเรียบไหลผ่านแบบจำลอง แต่การจำลองกระแสอากาศในโปรแกรมคำนวณพลศาสตร์ของไหล จะเป็นกระแสอากาศที่มีลักษณะปั่นป่วนเนื่องจากเทอร์บูเลนซ์โมเดลของโปรแกรมเป็นการ

จำลองการไหลแบบปั่นป่วน ซึ่งในการคำนวณอาจมีการกำหนด Boundary Layer ที่ไม่ถูกต้องครบถ้วน ประกอบกับการกำหนดจำนวน Mesh ที่ไม่เพียงพอ รวมถึงคุณภาพและชนิดของ Mesh ที่ใช้ จึงทำให้ค่าคุณลักษณะเฉพาะทางอากาศพลศาสตร์ที่ได้มีค่าแตกต่างกันเล็กน้อย



References

- Ansys Fluent. (2024). *Ansys Fluent theory guide*. Ansys Help Center. https://ansyshelp.ansys.com/public/account/secured?returnurl=/Views/Secured/corp/v242/en/flu_th/flu_th.html
- BAE Systems. (2025). PHASA-35. <https://www.baesystems.com/en/product/phasa-35#>
- Barlow, J. B., Rae, W. H., Jr., & Pope, A. (1999). *Low-speed wind tunnel testing* (3rd ed.). John Wiley & Sons.
- Bertin, J. J., & Cummings, R. M. (2014). *Aerodynamics for engineers* (6th ed.). Pearson Education Limited.
- Bierig, A., Nikodem, F., & Rothe, D. (2024). General design considerations for solar-electric high-altitude long-endurance aircraft. In International Council of the Aeronautical Sciences (Ed.), *34th Congress of the International Council of the Aeronautical Sciences* (pp. 1-17). Curran Associates, Inc.
- Choosinworasakul, V., Wongkamchang, P., Bamrungthai, P., & Pedchote, C. (2025). Camouflaged target tracking using a thermal imaging and a true color camera fusion [In Thai]. *EAU Heritage Journal Science and Technology (Online)*, 19(2), 142–156. <https://he01.tci-thaijo.org/index.php/EAUHJSci/article/view/275531>
- Coleman, H. W., & Steele, W. G. (2009). *Experimentation, validation, and uncertainty analysis for engineers* (3rd ed.). John Wiley & Sons.
- Eiampan, T., Wongkamchang, P., Kosanwat, P., Ruaengmaneeya, N., & Thothong, W. (2022). Safety risk management of human factors in flight operations with the Royal Thai Air Force vertical take-off and landing solar power UAV according to the standards of the International Civil Aviation Organization [In Thai]. *EAU Heritage Journal Science and Technology (Online)*, 16(2), 91–104. <https://he01.tci-thaijo.org/index.php/EAUHJSci/article/view/253492>
- Hull, D. G. (2007). *Fundamentals of airplane flight mechanics*. Springer.

- Islam, S., Samsuzzoha Ara, S., & Islam, N. (2013). Unsteady solutions of thermal boundary layer equations by using finite difference method. *Annals of Pure and Applied Mathematics*, 3(2), 142-154.
<http://www.researchmathsci.org/apamart/apam-v3n2-6.pdf>
- Jitt-Aer, K., Thana, K., Chunsuparer, D., Vejchasarn, P., & Phansene, Y. (2023). Applying normalized difference vegetation index from UAV for fertilizer cost reduction in rice RD33 cultivation [In Thai]. *Sripatum Review of Science and Technology*, 15(1), 101-114.
<https://ph02.tci-thaijo.org/index.php/spurst/article/view/248431/169862>
- Kumar, G., Sepat, S., & Bansal, S. (2015). Review paper of solar powered UAV. *International Journal of Scientific & Engineering Research*, 6(2), 41-44. <https://www.scribd.com/document/405292491/Review-paper-of-Solar-Powered-UAV>
- Malaver, A., Motta, N., Corke, P., & Gonzalez, F. (2015). Development and integration of a solar powered unmanned aerial vehicle and a wireless sensor network to monitor greenhouse gasses. *Sensors*, 15(2), 4072-4096. <https://doi.org/10.3390/s150204072>
- Maleki, M. H. (2011). Conceptual design method for solar powered aircraft. In American Institute of Aeronautics and Astronautics (Ed.), *49th AIAA Aerospace Sciences Meeting* (pp. 1-18). Curran Associates, Inc.
- Marta, A., & Gamboa, P. (2014). Long endurance electric UAV for civilian surveillance missions. In International Council of the Aeronautical Sciences (Ed.), *29th Congress of the International Council of the Aeronautical Sciences* (pp. 1-19). Curran Associates, Inc.
- Noth, A. (2008). *Design of solar powered airplanes for continuous flight* [Doctoral dissertation, École Polytechnique Fédérale de Lausanne, Switzerland]. ETH. <https://doi.org/10.3929/ethz-a-005745622>
- Royal Thai Air Force. (2025a). *Royal Thai Air Force 20-year strategic plan (2018-2037)*, updated 2025 [In Thai]. https://drive.google.com/file/d/188l93jHLFbVPvY6tLLZONre3jfAP_5n_/view
- Royal Thai Air Force. (2025b). *RTAF white paper 2025* [In Thai]. <https://welcome-page.rtaf.mi.th/web/content/61334?unique=6862447cee8f48244ec60c883a87b86541438f15>
- Ruenpakdan, C., Jiajan, W., & Rojnpisit, T. (2024). Design and aerodynamic analysis of vertical take-off and landing solar powered UAV [In Thai]. *NKRAFA Journal of Science and Technology*, 20(1), 1-21. <https://ph02.tci-thaijo.org/index.php/nkrafa-sct/article/view/251811/170894>

- Sonkar, S., Kumar, P., Puli, Y. T., George, R. C., Philip, D., & Ghosh, A. K. (2023). Design & implementation of an electric fixed-wing hybrid VTOL UAV for asset monitoring. *Journal of Aerospace Technology and Management*, 15(4), 1-16. <https://doi.org/10.1590/jatm.v15.1297>
- Umprechar, T., Jiajan, W., & Sukpimai, P. (2025). Conceptual design of high altitude pseudo-satellite [In Thai]. *EAU Heritage Journal Science and Technology (Online)*, 19(3), 153–172. <https://he01.tci-thaijo.org/index.php/EAUHJSci/article/view/279489>
- Versteeg, H. K., & Malalasekera, W. (2007). *An introduction to computational fluid dynamics* (2nd ed.). Pearson Education Limited.



Mining Salient Concepts of IT-Support-Tasks from Daily IT-Support Ticket Reports

การทำเหมืองแนวความคิดงานที่สำคัญของงานสนับสนุนด้านไอที จากรายงานтикเกิดสนับสนุนด้านไอทีรายวัน

Siraporn Palaya¹, Chaveevan Pechsiri¹, Supakpong Jinarat^{1*} and Adisorn Na Ubon¹

ศิริพร ปาลายา¹ ฉวีวรรณ เพ็ชรศิริ¹ สุภัคพงศ์ จินารัตน์^{1*} และอดิสร ณ อุบล¹

¹College of Engineering and Technology, Dhurakij Pundit University

¹วิทยาลัยวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

*Corresponding author: supakpong.jin@dpu.ac.th

Received: January 29, 2026

Revised: April 16, 2026

Accepted: April 22, 2026

Abstract

IT help-desk staff at a university computer center create tickets and record end-user request calls as request documents containing explanations of IT-Support-Task (IST) concepts. The ticket's request document contains several elementary discourse units (EDUs, which are simple sentences) including a salient IST-concept EDU. The research focuses on mining, including the extraction of EDUs with salient IST-concepts from consecutive daily IT-support ticket reports to classify the salient IST-concepts EDUs (IT, Network, Mix and Miscellaneous). Classification results are used to represent daily task loads graphically, which helps with planning and decision-making for resource reallocation. There are three main research gaps: how to determine the IST-concept EDUs with noun phrase ellipses in the documents, where the noun phrase ellipses of the EDUs may result in loss of contextual information; how to determine/extract the salient IST-concept EDU as the main content of the request, and how to classify the tickets' salient IST-concept EDUs with ambiguous task concepts. We then propose using a word-Verb cooccurrence (wrVCo) set with IST concepts to determine the IST-concept EDUs (where wrVCo can be used as primary keywords to analyze the meaning, main idea, and context of an EDU). We also applied a salient-concept occurrence rule to extract the salient IST-concept EDU from the document. Machine learning techniques, SVM and MLP, are then applied to classify the tickets' salient IST-concept EDUs. The research results show high F1-scores of the salient IST-concept EDU extraction and classification from the tickets.

Keywords: word cooccurrence, help-desk ticket, salient concept

บทคัดย่อ

สำหรับระบบบริการช่วยเหลือด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ (IT help-desk system) ของศูนย์คอมพิวเตอร์ในมหาวิทยาลัย เจ้าหน้าที่ช่วยเหลือด้านไอทีจะสร้างใบรับแจ้งหรือทิกเก็ต (ticket) ที่ถูกบันทึกเป็นเอกสารคำร้องขอของผู้ใช้งาน เอกสารคำร้องอธิบายตามแนวความคิดงานสนับสนุนไอที (IT-Support-Task: IST concept) หรือแนวความคิดไอเอสที (IST concept) เอกสารคำร้องของทิกเก็ตประกอบด้วยหน่วยข้อความระดับวาทกรรมย่อย (Elementary Discourse Unit: EDU/อิตี๋ย หรือประโยคความเดียว) หลายหน่วยที่มีหนึ่งอิตี๋ยที่มีแนวความคิดไอเอสทีที่สำคัญ งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการทำเหมืองข้อมูลโดยเฉพาะการสกัดอิตี๋ยที่มีแนวความคิดไอเอสทีที่สำคัญจากรายงานทิกเก็ตสนับสนุนไอทีรายวันแบบต่อเนื่องเพื่อใช้ในการจำแนกอิตี๋ยที่มีแนวความคิดไอเอสทีที่สำคัญเหล่านี้ออกมาเป็นคลาสต่าง ๆ (ไอที เครือข่าย ผสม และอื่นๆ) ผลลัพธ์จากการจำแนกอิตี๋ยดังกล่าวนี้สามารถนำไปใช้ในการแสดงปริมาณงานรายวันในรูปแบบกราฟ ซึ่งช่วยสนับสนุนการวางแผนและตัดสินใจสำหรับการบริหารจัดการทรัพยากร งานวิจัยนี้มีปัญหาหลัก 3 ประการ ได้แก่ (1) วิธีระบุอิตี๋ยที่มีแนวความคิดไอเอสทีที่มีการละนามวลีบางส่วนในเอกสารซึ่งการละนามวลีของอิตี๋ยต่าง ๆ นำไปสู่การสูญเสียบริบทบางส่วนของอิตี๋ยเหล่านั้น (2) วิธีระบุ/สกัด อิตี๋ยที่มีแนวความคิดไอเอสทีที่สำคัญซึ่งเป็นเนื้อหาหลักของคำร้อง และ (3) วิธีจำแนกอิตี๋ยที่มีแนวความคิดไอเอสทีที่สำคัญของทิกเก็ตที่มีแนวความคิดงานกลุ่มเครือข่าย ดังนั้นเราเสนอการใช้เซตการเกิดร่วมของคำกับกริยา (word-Verb cooccurrence: wrdVCo) ที่มีแนวความคิดไอเอสที มาทำการระบุอิตี๋ยที่มีแนวความคิดไอเอสที (โดย wrdVCo สามารถใช้เป็นคีย์เวิร์ดหลักในการวิเคราะห์ความหมาย สำคัญ และบริบทของอิตี๋ยนั้นได้) และประยุกต์ใช้กฎการปรากฏแนวความคิดที่สำคัญภายในเอกสารมาทำการสกัดอิตี๋ยที่มีแนวความคิดไอเอสทีที่สำคัญออกจากเอกสารนั้น จากนั้นได้นำเทคนิคการเรียนรู้ของเครื่อง ได้แก่ SVM และ MLP มาประยุกต์ใช้ในการจำแนกอิตี๋ยที่มีแนวความคิดไอเอสทีที่สำคัญจากทิกเก็ตต่าง ๆ ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่า การสกัดและการจำแนกอิตี๋ยที่มีแนวความคิดไอเอสทีที่สำคัญ มีค่าคะแนน F1 (F1-Score) สูง

คำสำคัญ: การเกิดร่วมของคำ ใบรับแจ้งปัญหา แนวความคิดที่สำคัญ



Introduction

Recent IT research shows a clear trend toward developing data-driven information systems that improve operational efficiency and decision quality across domains such as retail operations, industrial process measurement, higher-education analytics, and online information credibility assessment (Aun-a-nan & Meesad, 2020; Pakamwang et al., 2020; Sutta et al., 2025; Thimsanthia & Soemphol, 2025).

Most previous studies on data-driven information systems have focused primarily on structured data or tabular entities, without considering attributes containing textual descriptions as unstructured data. In general, textual-description data provide

useful information, including concepts that can be mined or extracted for the workforce planning and service management of the enterprise. Therefore, this research aims to mine, extract, and classify IT-Support-Task: IST concepts, particularly salient IST concepts, from consecutive daily IT-support ticket reports generated by the help desk of the computer center at Dhurakij Pundit University: DPU, Thailand.

According to Paramesh et al. (2018), an IT-support ticket represents a single user request or technical issue submitted through a request message or document that requires attention. In this study, the ticket is logged by help-desk staff without pre-selecting a request category. The daily IT-support ticket report records all tickets

logged each day, where each ticket contains an IT-Support-Task description or detail represented by an IST concept.

The classification results of the extracted IST concepts, particularly salient IST concepts, are aggregated each day and used to generate graphical representations of daily task loads. Each task load represents the total number of classified salient IST concepts that require a person, team, or system to handle within a specific period. A request document typically contains several explanatory sentences or Elementary Discourse Units: EDUs. Among these, one key sentence or EDU represents the salient concept of the request message. An EDU is defined as a simple sentence or clause (Carlson et al., 2003).

In general, the IST concepts include tasks such as setting user accounts, software installation, configuration, troubleshooting, maintenance, the repair of computer systems, network support, and documentation. Several tickets of users are collected

into Ticket which is a ticket entity (or a ticket table) consisting of the following attributes or features: TID: Ticket Identification, date&time_Request, Request-Detail (the request document recorded by help-desk staff based on calls from end users), Responsible-Worker, Start-Time, End-Time, Task-Time (the amount of time between Start-Time and End-Time), Status (finished or pending), and Comment. Thus, Ticket contains a set of collected ticket instances, {ticket_j} where $j=1,2,...,numOfTicketInstances$; i.e., $numOfTicketInstances$ is 1700 tickets.

The daily IT-support ticket report therefore contains multiple ticket instances, each including a request notification document in the Request-Detail attribute/feature that describes IT-service concepts including IT-problem concepts. In addition to Ticket, a ticket_j.Request-Detail feature value (which is a content value from the Request-Detail feature of a ticket_j instance) contains one or more EDU expressions describing event concepts as shown in Example 1.

Example 1: The ticket_j.Request-Detail feature value has the IST concept EDUs in EDU2-EDU4 with the salient concept expression on EDU2 as “be_slow(computer)” where the [...] symbol means an ellipsis.

EDU1: “คอมพิวเตอร์ที่ใช้อยู่ของธุรการคณะ/A Computer is used by the faculty secretary”

EDU2: “คอมพิวเตอร์ช้า/The computer slows down.”

EDU3: “มีวงล้อหมุนหมุน/There is a spinning circle”

EDU4: “[วงล้อ]หมุนไม่หยุด/The spinning circle keeps spinning.”

The EDU occurrences in Example1 are based on the following general Thai linguistic pattern after stemming words and eliminating stop words:

EDU → NP1 VP | VP | NP1

VP → Verb NP2 | Verb | Verb Adv

Verb → Verbweak Noun1 | Verbstrong | Neg Verb | Verb Neg | Verb...Neg

NP1, NP2 → Noun2 | Noun2 Phrase; Phrase → Adj| adjectivePhrase | prepositionPhrase

Verbweak → {‘เป็น/be’, ‘มี/have’}

Verbstrong → {‘ติดตั้ง/install’, ‘ดับ/close’, ‘ช้า/beSlow’, ‘ติด/connect’, ‘เข้า/access,login’, ‘ขึ้น,ออก/present’...}

Noun1 → {‘สี/color’, ‘เสียง/sound’, ‘เสียงดัง/noise’, ‘ภาพ/image’...}

Noun2 → {‘คอมพิวเตอร์/computer’, ‘โปรเจคเตอร์/projector’, ‘สายแลน/LANcable’, ‘จอ/screen’...}

Neg → {‘ไม่/not’, ‘ไม่ได้, ไม่ติด, ไม่ขึ้น/not’, ‘ไม่ได้/cannot’...}

where NP1 and NP2 are noun phrases; Noun1 and Noun2 are the noun concept sets of properties and computer-hardware respectively; Verb is a verb term consisting of (1) a strong verb concept set (Verbstrong) of the action concepts and (2) a weak verb concept set (Verbweak) plus Noun1 to become the action concepts; Adv is an adverb concept set; Adj is an adjective concept set.

Thus, the ticketj.Request-Detail feature value is represented by its salient concept. The salient concepts of the Request-Detail feature values from the Ticket instances are then categorized into four task-concept classes/groups on expertism; (1) an IT-task concept class (called ‘IT-Task’) handled by an IT expert group in software installs and supports hardware, troubleshoots applications, and carries out user account management, (2) a network-task concept class (called ‘NW-Task’) handled by a network expert group in network security, i.e., firewalls, and VPNs, Wi-Fi management, server maintenance including emails, and file storage, (3) a mixed-task concept class (called ‘Mix-Task’) handled by both an IT expert group and a network expert group, e.g., a finger scan error which involves IT-Task and NW-Task in updating a finger scan data through Wi-Fi accounts, and (4) a miscellaneous-task concept group (called ‘Mis-Task’), e.g., fixing classroom instruments (projectors, speakers, and microphones) and parameters, handled by a computer technician group.

Thus, our research consists of three main research gaps: (1) how to locate and determine IST-concepts from EDU occurrences with some Noun Phrase: NP ellipses in the ticketj.Request-Detail feature values, (2) how to extract the

salient IST-concept EDU from EDUs narrating the IST concepts in each instance of ticketj.Request-Detail feature value, and (3) how to classify the extracted salient IST-concept expression of each instance into the following four task-concept classes: IT-Task, NW-Task, Mix-Task, and Mis-Task; with some ambiguous task concepts. For example, an install software task may be classified either as IT-Task (for operating systems such as Windows) or as Mis-Task (for application software such as Microsoft Office or a web browser).

The classification results of the extracted salient IST-concept expressions are useful to represent the daily task load of each class graphically using the test data from the ticket dataset or the ticket table (Ticket). The daily task-load presentation enables a manager to detect patterns, such as recurring peaks on certain days and supports human resource management in planning or reallocating resources.

Previous studies on task/task-concept determination or classification have relied on machine learning techniques based on noun phrases, verb phrases, or sentence expressions (Al-Hawari & Barham, 2021; Diwanji et al., 2020; Huang et al., 2013; Lin et al., 2018; Paramesh et al., 2018; Pawar et al., 2021) without concerning the salient IST-concept EDU expressions with some noun phrase ellipses. To approach these problems, we develop a framework which combines a machine learning technique with the linguistic phenomena to determine/extract and classify several EDU expressions with the salient IST concepts. We then apply the following request-verb concept set (Vr), collected from the corpus behavior study, to locate each EDU occurrence as an IST event expression.

$V_r = \{ \text{'ติดตั้ง/install'}, \text{'ดับ/fail'}, \text{'ไม่+ออก/not+show, not+appear'}, \text{'เปิด+ไม่ได้, เปิด...+ไม่ได้ /not+open, not+switch on'}, \text{'เข้า+ไม่ได้, เข้า...+ไม่ได้ /not+access'}, \text{'หัก/break'}, \text{'ค้าง/freeze'}, \text{'มี+สี/have+color'}, \text{'เป็น+สี/be+color'}, \text{'ไม่มี+เสียง/not+have+sound'}, \dots \}$,

We also use a relatedness value (r) Guthrie et al. (1991); Pechsiri and Piriyaikul (2016) between words in a word-Verb cooccurrence (called 'wrVCo') derived from two-word sets, v_r and Wr_{co} (a co-occurred word set; $\text{Wr}_{co} = \text{Noun1} \cup \text{Noun2} \cup \text{Adv} \cup \text{Adj}$), within an EDU occurrence that contains an IST event expression with an IST concept based on WordNet (Miller, 1995). After stemming words and eliminating the stop words of an EDU expression, the wrVCo expression consists of wr_{co} and v_r forming a $v_r \text{ wr}_{co}$ cooccurrence where $v_r \in V_r$; $\text{wr}_{co} \in \text{Wr}_{co}$; and wr_{co} is also a head noun of NP1. If NP1 ellipsis occurs, wr_{co} is the word right after Verb or V_r . In addition, each wrVCo expression with the higher relatedness value of r (v_r, wr_{co}) between v_r and wr_{co} , is collected into a wrVCo set (called WVC; see subsection (2) in the Methodology section). We then propose using V_r and WVC to identify and extract each $v_r \text{ wr}_{co}$ pair as wrVCo representing an IST concept from each EDU in the ticket_j .Request-Detail feature value.

According to the corpus behavior study, together with the general rule that salient expressions are often articulated in the opening sentence of the document (Hassan & Mihalcea, 2011; Whiteley, 2024), the ticket_j .Request-Detail feature value typically contains the salient IST-concept EDU occurrence within the first EDU of the sequence of EDUs explaining the IST-concepts (see Example1). Finally, we apply supervised learning techniques, e.g., Support Vector Machine (SVM) (Cristianini & Shawe-Taylor, 2000) and Multi-Layer Perceptrons : MLPs (Haykin, 1999), to classify the extracted salient IST-concept EDUs in the ticket_j .Request-Detail feature into the IT-Task, NW-Task, Mix-Task, and Mis-Task classes. The classification results of the extracted salient IST-concept EDU classes from the Request-Detail feature values—including the

date&time_Request feature values and the Task-Time feature values—are then used to represent the daily task loads of the IST-concept classes graphically.

The rest of this paper is organized as follows: related works are discussed in the Related Work section, our methodology is described in the Methodology section, the results and discussion are presented in the “Results and Discussion” section. Finally, the conclusions are presented in the Conclusions section.

Related Works

Most of the previous research studies attempted to mine, extract or classify the task concepts from email/chat requests or ticket descriptions for information services. Paramesh et al. (2018), constructed a feature vector of a ticket instance from the ticket description in English using a Term Frequency-Inverse Document Frequency: TF-IDF weighting scheme without considering the NP ellipsis and the salient concept. The feature vectors from 10742 ticket instances with 70% of tickets used as a training set and the remainder were used to test various classification models based on three ensemble methods, i.e., Bagging, Boosting and Voting ensemble methods along with some base classifier models to build the classifiers. The F1-score results of all the ensemble classifiers were better than the corresponding base classifiers. Huang et al. (2013), worked on request-document categorization to analyze internal service requests in Chinese by employing Naïve Bayes: NB, SVM and ID3 without concerning the salient concept to solve the document delivery error. The corpus with the part-of-speech annotation consisted of 950 labeled request sentences to learn five classes. The average F1-score results were 0.56,

0.59, 0.52 for NB, SVM, and ID3 respectively. Lin et al. (2018), worked on the email recipient action classification with RNNs from an English corpus of 399 emails and non-email messages. They employed action-based annotation for word embeddings including Bag-of-Words as an encoder. They reparametrized RNNs outperform on the task classification with an average F1-score of 0.32. Al-Hawari and Barham (2021), classified ticket messages to assist users in selecting the right service where each message was a concatenation of title, description, and comment. SVM was applied with the TF-IDF feature vectorization without concerning the textual concepts and the NP ellipsis in classifying the messages with the 81.4 % accuracy on 331 test tickets and 1254 training tickets. Diwanji et al. (2020) worked on identifying tasks or requests from the 1,000 emails based on verb phrases with task labels from an Enron corpus and chat corpus with 114 dialogues with 300 sentences. They proposed dependency parsing and VerbNet to identify verb phrases for task classification by employing Recurrent Neural Network: RNN without concerning the salient concept. Their methodology F1-score results were 0.80 and 0.89 for the email and chat corpus respectively. Pawar et al. (2021)

proposed two techniques: using linguistic patterns and a BERT-based supervised neural model on the head words, for task extraction of either VPs or NPs without considering the salient task concepts. The corpus consisted of 19268 sentences for training and 1869 sentences for the test with average F1 scores of 0.46 and 0.56 for the linguistic patterns and BERT respectively.

Thus, most of the previous works (Al-Hawari & Barham, 2021; Diwanji et al., 2020; Huang et al., 2013; Lin et al., 2018; Paramesh et al., 2018; Pawar et al., 2021) focused on mining/extracting/ classifying the task/request concept from the texts without concerning their salient concepts with some NP ellipses.

Methodology

There are five steps in our framework: Corpus Preparation and Annotation, Relatedness Value Determination and Collection of WVC having IST Concepts, Extraction of Salient IST Concepts from Tickets' Request Documents, Salient IST-Concept Class Learning, and Determination of Tickets' Salient IST-Concept Classes (see Figure 1).

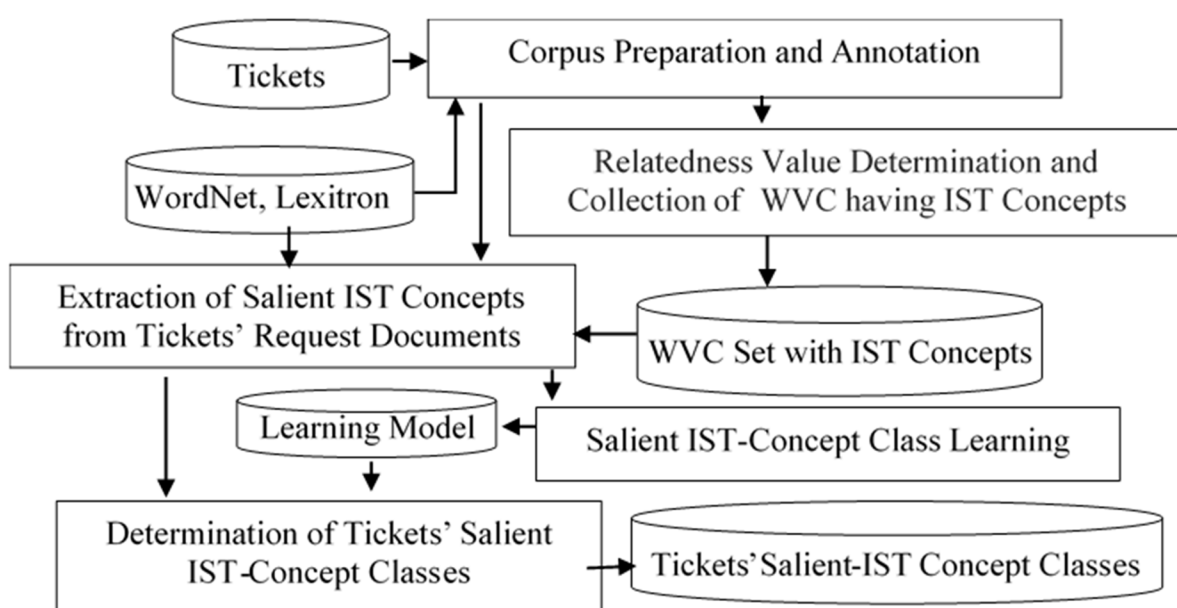


Figure 1 System Overview

1. Corpus Preparation and Annotation

This step involves the preparation of an EDU corpus collected from the ticket instances on the *ticket_j.Request-Detail* feature values ($j=1, 2, \dots, numOfTicketInstances$) as the task request documents in the consecutive daily IT-support ticket reports of the help desk at the DPU computer center. The step involved using Thai word segmentation tools (Sudprasert & Kawtrakul, 2003), Named Entity recognition (Chanlekha & Kawtrakul, 2004; Tongtep & Theeramunkong, 2015), and EDU Segmentation (Chareonsuk et al., 2005; Ketui et al., 2013) to provide the 4500 EDUs' corpus from the Request-Detail feature values of 1700 tickets. The tickets were separated into three parts: 350 tickets (911 EDUs) on the Request-Detail feature for the corpus behavior study; 250 tickets contained the corpus annotation on the Request-Detail feature (see Figure 2) including stemming word and stop word removal to determine the relatedness value $r(v_r, wrd_{co})$ used for the WVC collection from the Request-Detail feature values of this part; and 1100 tickets (2860 EDUs) on the Request-Detail feature values were separated into two parts: one part was used to learn the salient IST-concept classes, and the other part was used as the test data to extract the salient IST concepts through the salient IST-concept classification

2. Relatedness Value Determination and Collection of WVC having IST concepts

After stemming words and eliminating stop words, the relatedness value (Guthrie et al., 1991) was applied in this research to indicate the relatedness value (see equation (1)) between two sequent words without the word-order consideration on the *ticket_j.Request-Detail* feature values

($ja=1,2,\dots,numOfTicketsForCorpusAnotation$ which is 250 tickets of the second part) with the following tags, V_r as a v_r tag, Wco as a wrd_{co} tag and $WV-Co$ as a $wrdVCo$ tag having an IST-concept class as a positive/negative concept class on the annotated corpus (Figure 2).

$$(v_r, wrd_{co}) = \frac{fv_r, wrd_{co}}{fv_r + fwrd_{co} - fv_r, wrd_{co}} \quad (1)$$

where $r(v_r, wrd_{co})$ is a relatedness of $wrdVCo$ with the IST concept. fv_r is the number of v_r occurrences. $fwrd_{co}$ is the number of wrd_{co} occurrences. fv_r, wrd_{co} is the number of v_r, wrd_{co} co-occurrences without the word-order consideration.

If a v_r, wrd_{co} co-occurrence has the IST concept, the relatedness $r(v_r, wrd_{co})$ value is the positive concept. Another relatedness value of the same v_r, wrd_{co} co-occurrence is the non IST concept as the negative concept. Thus, the $wrdVCo$ expression, v_r, wrd_{co} , is collected from the annotated tickets of the *ticket_{ja}.Request-Detail* feature values into WVC if the relatedness $r(v_r, wrd_{co})$ value of the $wrdVCo$ expression with the positive concept is higher than the one of the $wrdVCo$ expression with the negative concept. WVC is used for mining or extracting the salient IST concepts from the *ticket_j.Request-Detail* feature values ($j = 1, 2, \dots, numOfTicketsForSalientISTconceptsExtraction$ which is 1100 tickets).

3. Extraction of Salient IST Concepts

The salient IST-concept Extraction from the *ticket_j.Request-Detail* feature is shown in the following algorithm.

<Ticket id = 1; Request-Detail Feature : “คอมพิวเตอร์เปิดไม่ติด/The computer cannot be turned on.”^{EDU1}
 “กรุณามาดูเร็วหน่อยค่ะ/please come take a look quickly.”^{EDU2} “มีนักเรียนกำลังสมัครเรียนอยู่/There is a student in the process of enrolling.”^{EDU3}>

<EDU1 wrdVCo: yes Salient EDU: yes>
 ((คอมพิวเตอร์/computer)/Noun)/NP1 ((เปิด/be turned on)/Verbstrong (ไม่ติด/not)/Neg)/VP</EDU1>
 <WV-Co: IST concept class: **Positive Concept** = ‘computer/device-unableToTurnOn’>
 <Wco : concept= ‘computer/device’>คอมพิวเตอร์</Wco>
 <Vr concept= ‘not’ + ‘turnOn/switch’> เปิด+ไม่ติด</Vr></WV-co>

<EDU2 wrdVCo: no Salient EDU: no>
 ((กรุณา/please)/Adv (มา/come)/Verb (ดู/look)/Verb (เร็วหน่อยค่ะ/quickly)/Adv)/VP</EDU2>

<EDU3 wrdVCo: no Salient EDU: no>
 ((มี/There be)/Verb (นักเรียน/student)/Noun (กำลังสมัคร/be-applying)/Verb (เรียนอยู่/study)/Verb)/VP
 </EDU3></Ticket id>

<Ticket id = 2; Request-Detail Feature : “[ผู้ใช้]เปิด คอมพิวเตอร์ไม่ได้/[The user]cannot start the computer.”^{EDU1} “เมื่อวาน[ผู้ใช้]ยังเปิดได้/[The user] could still turn on yesterday.”^{EDU2}>

<EDU1 wrdVCo: yes Salient EDU: yes>
 [([ผู้ใช้/user)/Noun)/NP1]
 ((เปิด/turn on)/Verbstrong ((คอมพิวเตอร์/computer)/Noun)/NP2 (ไม่ได้/not)/Neg)/VP</EDU1>
 <WV-Co: IST concept class: **Positive Concept** = ‘computer/device-unableToTurnOn’>
 <Wco : concept= ‘computer/device’>คอมพิวเตอร์</Wco>
 <Vr concept= ‘not’ + ‘turnOn/switch’> เปิด+ไม่ติด</Vr></WV-co>

<EDU2 wrdVCo: no Salient EDU: no>
 (เมื่อวาน/yesterday)/Adv [([ผู้ใช้/user)/Noun)/NP1] (ยังเปิดได้/can turn on)/Verbstrong </EDU2>
 </Ticket id>

<Ticket id = 3; Request-Detail Feature : “จอ [โปรเจคเตอร์]ไม่ขึ้น [ภาพ] / [The projector] screen cannot show [an image].”^{EDU1} “โน้ตบุ๊กเป็นรุ่นเก่า/The laptop is an old model .”^{EDU2} “มันใช้กับ โปรเจคเตอร์ห้องอื่นได้/ It works with projectors in other rooms.”^{EDU3}>

<EDU1 wrdVCo: yes Salient EDU: yes>
 ((จอ [โปรเจคเตอร์]/ [projector] screen)/Noun)/NP1
 ((ไม่/not)/Neg (ขึ้น/show)/Verbstrong ([ภาพ/image)/noun])/VP</EDU1>
 <WV-Co: IST concept class: **Negative Concept** = ‘screen/device-unableToShow’>
 <Wco : concept= ‘projector screen/device’>จอ</Wco>
 <Vr concept= ‘not’ + ‘show’> ไม่+ขึ้น </Vr></WV-co>

<EDU2 wrdVCo: no Salient EDU: no>
 ((โน้ตบุ๊ก/laptop)/Noun)/NP1 ((เป็น/be)/Verbweak (รุ่นเก่า/old model)/Adj)/VP</EDU2>

<EDU3 wrdVCo: no Salient EDU: no>
 ((มัน/laptop)/Noun)/NP1 ((ใช้/use)/Verbweak (กับ/with) (โปรเจคเตอร์/projector)/Noun (ห้อง/room)/Noun (อื่น/other)/Adj (ได้/able)/Aux)/VP</EDU3></Ticket id>

Figure 2 Corpus annotation of the IST concept on the Request-Detail feature values with a wrdVCo tag (named “WV-Co”) including a wrd_{co} tag (named “Wco”) and a v_r tag (named “Vr”). If there is a negation (‘not’) in a verb phrase, the negation is added to the Vr concept.

Algorithm: Salient_IST_Concept_Extraction

```

// Process each ticket instance
For  $je = 1$  to  $numOfTicketsForSalientISTconceptsExtraction$ 
Begin_For
  L= the number of EDUs from  $ticket_{je}.Request-Detail$ ;  $ct=0$ ;  $flag=0$ ;
  While ( $ct \leq L$ ) and  $flag=0$  do
    Begin_WhileLoop
      //According to  $EDU_{ct}$ , check Verb as an element of the  $V_r$  set and
      // check an NP1 head noun or a word right after Verb as an element of the  $Wrd_{co}$  set
      If ( $ticket_{je}.Request-Detail.EDU_{ct}.Verb \in V_r$ )  $\wedge$ 
        ( $ticket_{je}.Request-Detail.EDU_{ct}.headNounOfNP1 \in Wrd_{co}$ ) then
        Begin_If  $w_{je,ct} = ticket_{je}.Request-Detail.EDU_{ct}.headNounOfNP1$ ;  $flag=1$ 
        End_If
      Else If ( $ticket_{je}.Request-Detail.EDU_{ct}.Verb \in V_r$ )  $\wedge$ 
        ( $ticket_{je}.Request-Detail.EDU_{ct}.wordRightAfterVerb \in Wrd_{co}$ ) then
        Begin_Elself  $w_{je,ct} = ticket_{je}.Request-Detail.EDU_{ct}.wordRightAfterVerb$ ;  $flag=1$ 
        End_Elself
      If  $flag=1$  then
        Begin_flag_is_true
           $v_{je,ct} = ticket_{je}.Request-Detail.EDU_{ct}.Verb$ ;
          If  $ticket_{je}.Request-Detail.EDU_{ct}.VP$  contain 'is/not' then  $v_{je,ct} = 'not' + v_{je,ct}$ ;
          If  $v_{je,ct} w_{je,ct} \in WVC$  then
             $ticket_{je}.Request-Detail.EDU_{ct}.wrdVCoSalient = v_{je,ct} w_{je,ct}$ 
            // an  $EDU_{ct}$  with wrdVCo concept as an  $EDU_{ct}$  with salient IST Concept
          Else  $flag = 0$ ;
          End_flag_is_true
         $ct++$ 
      End_WhileLoop
    End_For
  Return  $ticket_{je}$ 

```

4. Salient IST-concept Class Learning

According to the Salient_IST_Concept_Extraction algorithm, there were 1060 tickets as the correct extraction of the $ticket_{je}.Request-Detail.EDU_{ct}.wrdVCoSalient$ contents with salient IST concepts from 1100 tickets. The 1060 tickets were then separated into two parts, (1) one part of 670 tickets as $ticket_{jl}$ ($jl=1,2,...,numOfTicketsForLearningClasses$) containing

1740 EDUs of the Request-Detail feature values with 670 salient IST-concept EDUs with wrdVCo expressions for supervised learning the salient IST-concept classes (i.e., IT-Task, NW-Task, Mix-Task, and Mis-Task) and (2) the other part of 390 tickets as $ticket_{jt}$ ($jt=1,2,...,numOfTicketsForClassificationTestSamples$) containing 390 salient IST-concept EDUs with wrdVCo expressions on $ticket_{jt}.Request-Detail$ to become

the test sample. In addition, the learning part of the extracted wrdVCo expressions is based on 10-fold cross validation by using Weka (Bouckaert et al., 2016; Hall et al., 2009) with the following SVM and MLPs.

SVM learning (Cristianini & Shawe-Taylor, 2000) with the linear kernel: The linear function, $y=f(x)$, y is a binary vector, of the input $x = (x_1 \dots x_n)$ assigned to the positive class if $f(x) \geq 0$, and otherwise to the negative class if $f(x) < 0$, can be written as follows:

$$\begin{aligned} f(x) &= \langle w \cdot x \rangle + b \\ &= \sum_{k=1}^n w_k x_k + b \end{aligned} \quad (2)$$

where: x is a dichotomous vector; w is a weight vector; b is a bias; and $(w, b) \in R_n \times R$ are the parameters that control the function. Regarding our learning samples, SVM is applied to determine that the combination between Vr and Wrdco is used to predict the ticket concept classes, particularly the salient-concept classes. The SVM learning then determines w_k and b for v_{r-c} ($c=1,2,\dots,numOfVrElements$) and wrd_{co-d} ($d=1,2,\dots,numOfWrdElements$) features or variables (x_k) in each $v_{r-c} wrd_{co-d}$ pair with either the positive class (ISTConceptClass, $y_u=1$; $u = 1,2,\dots, numberOfTestSamples$) or the negative class (nonISTConceptClass, $y_u=0$) which relies on the One-vs-All techniques and the supervised learning instances.

MLPs: According to Haykin (1999), Artificial Neural Networks (ANNs) are composed of neuron-like units connected together through input and output paths that have adjustable weights. Each node (neuron) produces an output signal, which is a function of the sum of its inputs. The function is formulated in equation (3).

$$y_k = f\left(\sum x_k w_k\right) \quad (3)$$

where w_k represents the weight, x_k is the input feature or variable of the input node. There are two input nodes of v_{r-c} , wrd_{co-d} ($c=1,2,\dots,numOfVrElements$; $d=1,2,\dots,numOfWrdElements$) from EDUs with the salient IST concepts. $f(\cdot)$ is the activation function such as a sigmoid function, and y_k is the output of the k th node. MLP consists of an input layer, hidden layers, and an output layer which produces the output pattern/class. At the output layer, there are four nodes of different classes: IT-Task, NW-Task, Mix-Task, and Mis-Task. Thus, MLP applied in determining the salient IST-concept classes is based on the binary classes with multilevels since the activation function is generally a binary-value function (either 0 or 1). Each layer includes a different number of processing nodes. The net weighted input can then be solved by equation (4) where n is the number of neuron inputs, θ_j is the threshold value of the neuron at the j^{th} node in the hidden layer, and the number of hidden layers $p=2$

$$y_j(p) = \sum_{k=1}^n x_k(p) w_{kj}(p) - \theta_j \quad (4)$$

5. Determination of tickets' Salient IST-concept Classes

SVM: The salient IST-concept class of each ticket from the test samples (*ticketjt*. Request-Detail.EDU_{ct}.wrdVCo) containing the TID feature and the $v_{r-c} wrd_{co-d}$ pair on the salient IST-concept EDU is determined by the weight vector (w) of all v_{r-c} and wrd_{co-d} variables from the learning step. w_k and the bias obtained from the SVM learning are used to determine the $v_{r-c} wrd_{co-d}$ pair with the IT-Task, NW-Task, Mix-Task, and Mis-Task classes by Equation (3) based on One-vs-All. If $f(x) \geq 0$, the $v_{r-c} wrd_{co-d}$ pair with a positive class (ISTConceptClass), otherwise the negative class (nonISTConceptClass) occurs.

MLPs: The weight w from learning the following classes, IT-Task, NW-Task, Mix-Task,

and Mis-Task, from the previous step is used to determine the salient IST-concept classes by equation (4) from the wrdVCo expressions (v_{r-c} wrd_{co-d} pairs) on the salient IST-concept EDUs of the test samples (*ticket_{jt}.Request-Detail.EDU_{ct}*. wrdVCo, including TID).

Results and Discussion

Three evaluations of the proposed research were conducted by three expert judgments with max win voting: the first evaluation is the IST-concept EDU determination: we determined the IST-concept EDUs from the test sample by Vr and WVC, where the test sample of 390 tickets contained 995 EDUs of the ticket_{jt}.Request-Detail feature values having 923 IST-concept EDUs. The second evaluation is mining or extracting the salient IST-concept EDUs: we could extract the salient IST-concept EDUs of the 1100 tickets with the correct extraction of 1060 salient IST-concept EDUs on the ticket_{jt}.

Request-Detail feature values by using the rule (based on the corpus behavior study). The third evaluation is the salient IST-concept classification from the test sample by SVM and MLP. The three evaluations are based on precision and the recall (see Table 1).

Since most of the documents on the *ticke_{jt}.Request-Detail* feature values ($j=1,2,...,1700$), which are short notes recorded by help-desk staff based on calls from end-users, words are omitted until only the verb remains (after stemming word and stop word removal) causing low recall in the IST-concept EDU determination as shown in Example 2 (the [...] symbol means an ellipsis).

Other than the word ellipses, there are some *ticke_{jt}.Request-Detail* feature values containing two salient IST-concept expressions on two EDUs, e.g., EDU1 and EDU2 in Example3, which results in the low recall of the salient IST-concept extraction (or the salient IST-concept EDU extraction)

Table 1

The accuracy of extracting the IST-concept EDUs and the salient IST-concept EDUs, and classifying the salient IST-concept EDUs

Evaluation	Precision	Recall	F1-Score
IST-Concept EDU Determination	0.985	0.941	0.962
Salient IST-Concept EDU Extraction	0.980	0.960	0.970
Salient IST-Concept Classification by SVM	0.896	0.859	0.877
Salient IST-Concept Classification by MLP	0.940	0.856	0.896

Example 2 EDU1: “[([ผู้ใช้/user)/Noun)/NP1] ((เปิด/open)/Verb_{strong} (PDF [ไฟล์/file])/NP2)/VP”
 (“[The user] open a PDF [file].”)

EDU2: “(แล้ว/then)/conj [(PDF ไฟล์/PDF file)/NP1] (ตั้ง/pop up)/Verb_{strong}”
 (“[the file] is then popped up.”)

Example 3 EDU1: “[ผู้ใช้] ขอเปลี่ยนเมาส์/[The user] requests to change the mouse.”

EDU2: “แถบกุเกิลข้างบนหายหมด/The Google toolbar has completely disappeared.”

EDU3: “[ผู้ใช้] ค้นหาอะไรไม่ได้/[The user] can’t search for anything.”

One reason for the low recall in salient IST-concept classification by both SVM and MLP is the non-mutually exclusive characteristic occurrence, e.g., the software installation task without mentioning the particular software—for example EDU: “ติดตั้งซอฟต์แวร์เพื่อใช้ในการประชุม/Install software for use in the meeting.”. Some software installation events, such as Windows, belong to the IT-Task class, while others, such as WordNet, belong to the Mis-Task class. According to Diwanji et al. (2020), their F1-score results of classifying or identifying tasks or requests from the email corpus and the chat-message corpus based

on parsing and VerbNet in RNN classification were 0.80 and 0.89 respectively which rely on several sentences’ verb phrases per instance, which is time consuming whereas our method is based on one salient IST-concept EDU per instance/ticket. Since MLP achieves a higher F1-score in salient IST-concept classification than SVM, the MLP results of the salient IST-concept classification are used for the daily task load representation as shown in Figure 3.

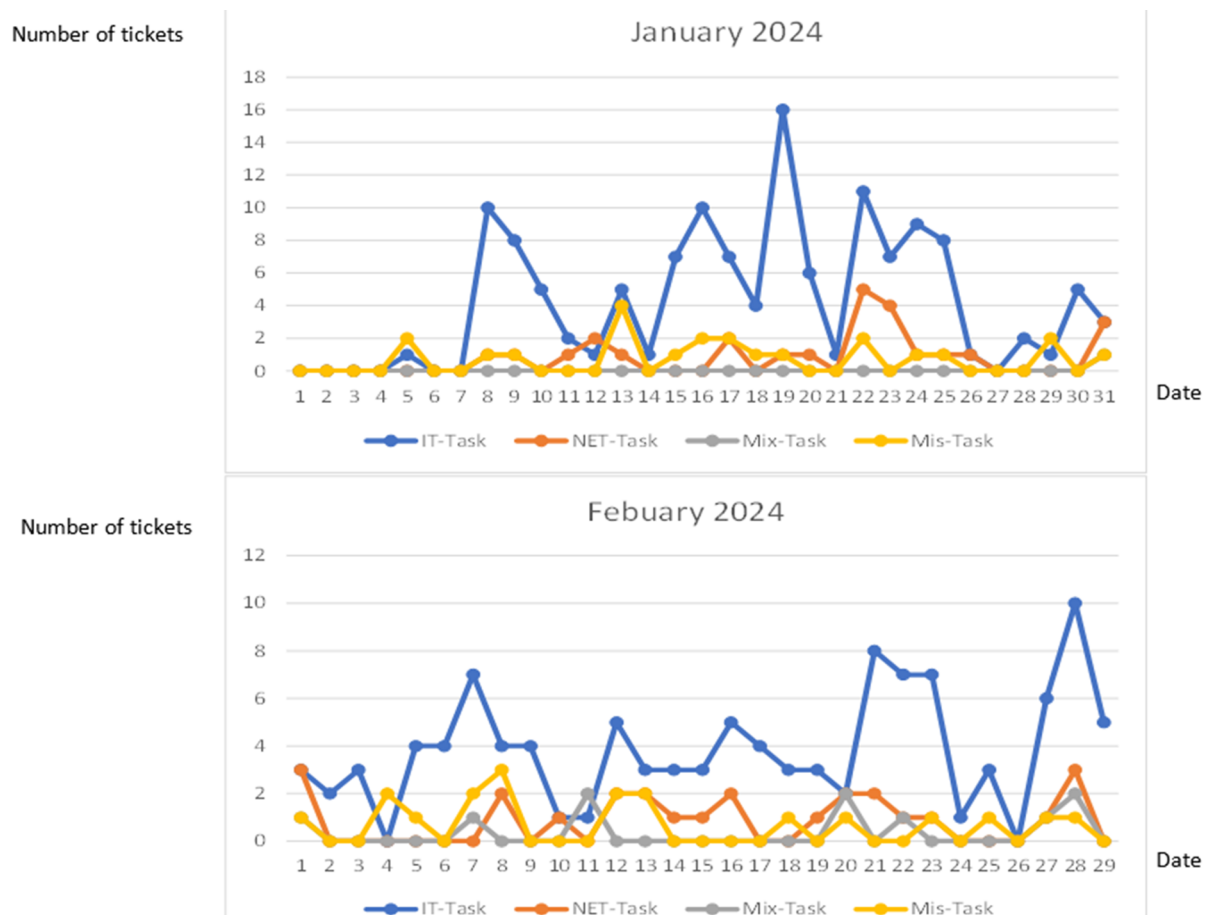


Figure 3 The daily task loads for IT-Task, Net-Task, Mix-Task, and Mis-Task from January through February 2024. The average task times of the Task-Time attribute per ticket during this period were 68.66 minutes, 66.61 minutes, 37.06 minutes, and 37.34 minutes, respectively. IT-Task shows the highest load during this period, while Mix-Task has the lowest load.

Conclusions

This research applied word-co expression ($wrdVCo$) based on v_r and wrd_{co} to mine and extract the salient IST-concept EDUs to represent the salient IST concepts of the corresponding Request-Detail feature values in the Ticket entity. The extracted salient IST-concept EDUs were classified by SVM and MLP under supervised learning for the graphical representation of the daily task loads. The limitations of our salient IST-concept extraction are as follows: (1) one salient IST concept must be expressed within a single EDU occurrence, and (2) $v_r wrd_{co}$ represents $wrdVCo$ after determining the relatedness value between two sequent words within EDU(s) of each Request-Detail feature value where wrd_{co} serves as a head noun of NP1; and if NP1 ellipsis occurs, wrd_{co} is the word immediately following v_r . The salient IST-concept classification of the Request-Detail feature value for each ticket entry relies on 2-3 words of the $wrdVCo$ expression as the element of WVC. In contrast, the previous researches—such as Lin et al. (2018), which used Bag-Of-Words and RNN to classify emails, and Diwanji et al. (2020),

which relied on Lin et al. (2018) and used verb phrases and RNN to classify tasks from emails and chat messages —shows that both BoW and verb phrases affected the time it took to determine or classify each task class, even though their F1-scores are comparable to ours. Moreover, our graphical daily task-load representation can be applied to resource optimization and enable better decision-making in scheduling and workload balancing. With regard to Hee (2018) and Pechsiri et al. (2025), our methodology can be applied to several languages, particularly in Asia, e.g., Lao and Chinese, which have similar characteristics to the Thai language, e.g., noun phrase ellipsis and a lack of explicit sentence or word delimiters which affect computational tasks to handle the textual data effectively.

Acknowledgements

The authors would like to acknowledge Mr. Taweesak Cha-nah for providing the information on solving IT-support requests.



References

- Al-Hawari, F., & Barham, H. (2021). A machine learning based help desk system for IT service management. *Journal of King Saud University-Computer and Information Sciences*, 33(6), 702-718. <https://doi.org/10.1016/j.jksuci.2019.04.001>
- Aun-a-nan, A., & Meesad, P. (2020). The classification of credibility of Thai news source websites using data mining techniques [In Thai]. *EAU Heritage Journal Science and Technology (online)*, 14(2), 101–116. <https://he01.tci-thaijo.org/index.php/EAUHJSci/article/view/241729>
- Bouckaert, R. R., Frank, E., Hall, M., Kirkby, R., Reutemann, P., Seewald, A., & Scuse, D. (2016). *WEKA manual for version 3-9-1*. University of Waikato.
- Carlson, L., Marcu, D., & Okurowski, M. E. (2003). Building a discourse-tagged corpus in the framework of rhetorical structure theory. In J. van Kuppevelt & R. W. Smith (Eds.), *Current directions in discourse and dialogue* (pp. 85–112). Springer.

- Chanlekha, H., & Kawtrakul, A. (2004). Thai named entity extraction by incorporating maximum entropy model with simple heuristic information. In K. Su, J. Tsujii, J. Lee & O. Y. Kwong (Eds.), *Proceedings of the First International Joint Conference on Natural Language Processing* (pp. 1–7). Springer-Verlag.
- Chareonsuk, J., Sukvakree, T., & Kawtrakul, A. (2005). Elementary discourse unit segmentation for Thai using discourse cue and syntactic information [In Thai]. In International Annual Symposium on Computational Science and Engineering (Ed.), *The 9th Annual National Symposium on Computational Science and Engineering (ANSCSE 9)* (pp. 85–90). ANSCSE.
- Cristianini, N., & Shawe-Taylor, J. (2000). *An introduction to support vector machines*. Cambridge University Press.
- Diwanji, P., Guo, H., Singh, M. P., & Kalia, A. (2020). Lin: Unsupervised extraction of tasks from textual communication. In D. Scott, N. Nuria & C. Zong (Eds.), *Proceedings of the 28th International Conference on Computational Linguistics* (pp. 1815-1819). International Committee on Computational Linguistics
- Guthrie, J. A., Guthrie, L., Aidinejad, H., & Wilks, Y. (1991). Subject-dependent co-occurrence and word sense disambiguation. In D. E. Appelt (Ed.), *29th Annual Meeting of The Association for Computational Linguistics* (pp. 146-152). The Association for Computational Linguistics.
- Hall, M., Frank, E., Holmes, G., Pfahringer, B., Reutemann, P., & Witten, I. H. (2009). The WEKA data mining software: An update. *ACM SIGKDD Explorations Newsletter*, 11(1), 10-18.
<https://doi.org/10.1145/1656274.1656278>
- Hassan, S., & Mihalcea, R. (2011). Semantic relatedness using salient semantic analysis. *Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence*, 25(1), 884–889.
<https://doi.org/10.1609/aaai.v25i1.7971>
- Haykin, S. (1999). *Neural networks: A comprehensive foundation*. Prentice Hall.
- Hee, Y. E. (2018). A comparative study of subject ellipsis in Chinese and Korean sentence. *International Journal of Humanities and Social Science Invention (IJHSSI)*, 7(4), 11-21.
[https://www.ijhssi.org/papers/vol7\(4\)/Version-1/A0704010110.pdf](https://www.ijhssi.org/papers/vol7(4)/Version-1/A0704010110.pdf)
- Huang, Y., Yu, L., & Lin, I. C. (2013). Text categorization for service request classification. *International Journal of Signal Processing Systems*, 1(1), 54-58. <https://doi.org/10.12720/ijsp.1.1.54-58>
- Ketui, N., Theeramunkong, T., & Onsuwan, C. (2013). Thai elementary discourse unit analysis and syntactic-based segmentation. *International Information Institute (Tokyo) Information*, 16(10), 7423-7436. <https://bit.ly/4wlKBfN>
- Lin, C. C., Kang, D., Gamon, M., & Pantel, P. (2018). Actionable email intent modeling with reparametrized RNNs. *Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence*, 32(1), 4856-4864.
<https://doi.org/10.1609/aaai.v32i1.11931>
- Miller, G. A. (1995). WordNet: A lexical database. *Communications of the ACM*, 38(11), 39-41
<https://doi.org/10.1145/219717.219748>

- Pakamwang, J., Khoomsab, K., & Timsorn, K. (2020). Investigation of factors for student's decision in studying at Phetchabun Rajabhat University by data mining technique [In Thai]. *EAU Heritage Journal Science and Technology (online)*, 14(1), 24–33. <https://he01.tci-thaijo.org/index.php/EAUHJSci/article/view/240508>
- Paramesh, S. P., Ramya, C., & Shreedhara, K. S. (2018). Classifying the unstructured IT service desk tickets using ensemble of classifiers. In M. N. Vijayalakshmi (Ed.), *The 3rd International Conference on Computational Systems and Information Technology for Sustainable Solutions (CSITSS 2018)* (pp. 221-227). IEEE.
- Pawar, S., Palshikar, G., & Banerjee, A. S. (2021). Weakly supervised extraction of tasks from text. In S. Bandyopadhyay, S. L. Devi & P. Bhattacharyya (Eds.), *Proceedings of the 18th International Conference on Natural Language Processing (ICON)* (pp. 583-592). NLP Association of India (NLPAl).
- Pechsiri, C., & Piriyaikul, R. (2016). Extraction of a group-pair relation: Problem-solving relation from web-board documents. *SpringerPlus*, 5, 1265. <https://doi.org/10.1186/s40064-016-2864-3>
- Pechsiri, C., Piriyaikul, I., & Pechsiri, J. S. (2025). Grouped semantic-feature relation extraction from texts to represent medicinal-plant property knowledge on social media. *Frontiers in Artificial Intelligence*, 8, 1579357. <https://doi.org/10.3389/frai.2025.1579357>
- Sudprasert, S., & Kawtrakul, A. (2003). Thai word segmentation based on global and local unsupervised learning [In Thai]. In National Computer Science and Engineering Department (Ed.), *The 7th National Computer Science and Engineering Conference* (pp. 1–8). National Computer Science and Engineering Department.
- Sutta, S., Jivnot, T., & Settawatcharawanit, T. (2025). Development of an inventory management system on a mobile application using machine learning technology [In Thai]. *EAU Heritage Journal Science and Technology (online)*, 19(3), 76–90. <https://he01.tci-thaijo.org/index.php/EAUHJSci/article/view/277291>
- Thimsanthia, R., & Soemphol, C. (2025). Design and development of a video-based work time analysis system for industrial production lines [In Thai]. *EAU Heritage Journal Science and Technology (online)*, 19(3), 212–226. <https://he01.tci-thaijo.org/index.php/EAUHJSci/article/view/279822>
- Tongtep, N., & Theeramunkong, T. (2015). Pattern-based extraction of named entities in Thai news documents. *Science & Technology Asia*, 15(1), 70–81. <https://ph02.tci-thaijo.org/index.php/SciTechAsia/article/view/41311>
- Whiteley, E. K. (2024). Order-based salience patterns in language: What they are and why they matter. *Ergo: An Open Access Journal of Philosophy*, 11(26), 689–715. <https://doi.org/10.3998/ergo.6166>



การออกแบบใบกวนเต้าหู้เพื่อลดปริมาณเต้าหู้ตกค้างกันถัง Design of a Tofu Stirring Blade to Reduce Product Residue

ทณงศักดิ์ คงสินธุ์¹ บัณฑิต พึงสาระ¹ และวรรณลักษณ์ เหล่าทวีทรัพย์^{1*}

ภัชชอค์มี วิโรจน์ปัญญาภณ¹ และกิตตินันท์ จ้อยชู¹

Tanongsak Kongsin¹, Bundit Phuengsara¹, Wannalak Laotaweesub^{1*},

Pattaut Wirotpanyaphon¹ and Kittinan Joychoo¹

¹ภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมเครื่องกล วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

¹Department of Mechanical Engineering Technology, College of Industrial Technology

King Mongkut's University of Technology North Bangkok

Corresponding author: wannalak.l@cit.kmutnb.ac.th

Received: February 18, 2026

Revised: June 11, 2026

Accepted: June 17, 2026

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและออกแบบใบกวนเต้าหู้สำหรับกระบวนการกวนขึ้นรูปเต้าหู้ร่วมกับบริษัทแปรรูปถั่วเหลือง เพื่อแก้ไขปัญหาการกวนด้วยมือซึ่งผู้ปฏิบัติงานต้องสวมถุงมือและใช้มือกวนเต้าหู้ภายในถังโดยตรง ปริมาณเต้าหู้ตกค้างที่ก้นถังหลังการกวนต้องไม่เกิน 1 กิโลกรัม งานวิจัยนี้ได้พัฒนาแนวคิดการออกแบบใบกวนจำนวน 3 รูปแบบ โดยสอดคล้องกับหลักการทำงานและสามารถใช้งานร่วมกับเครื่องกวนเดิมของโรงงาน เพื่อให้กระบวนการกวนขึ้นรูปมีความรวดเร็ว ใช้งานง่าย และสามารถควบคุมการทำงานได้ด้วยพนักงานเพียง 1 คน และช่วยยกระดับสุขอนามัยในสายการผลิตให้ดียิ่งขึ้น การวิเคราะห์เชิงวิศวกรรมได้ใช้การจำลองพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ CFD เพื่อเปรียบเทียบรูปแบบการไหลของใบกวนทั้ง 3 แนวคิด ภายใต้เงื่อนไขที่กำหนดให้ใบกวนติดตั้งบริเวณกึ่งกลางถัง สูงจากก้นถัง 2 เซนติเมตร และทำงานที่ความเร็วรอบ 90 100 และ 110 รอบต่อนาที โดยพิจารณาค่าความเร็วการไหล ความเค้นเฉือน และแรงบิดร่วมกับการวิเคราะห์ความแข็งแรง ผลการวิเคราะห์พบว่า แนวคิดที่ 2 ให้รูปแบบการไหลที่เหมาะสมที่สุด จากนั้นจึงสร้างต้นแบบและทดสอบกับการผลิตจริงจำนวน 10 ถัง ผลการทดสอบพบว่า เต้าหู้ตกค้างที่ก้นถังมีปริมาณน้อยกว่า 1 กิโลกรัมในทุกถัง และคุณภาพของเนื้อเต้าหู้เป็นไปตามเกณฑ์ที่โรงงานกำหนด นอกจากนี้ ระยะเวลาในการกวนสะสมลดลงจากการกวนด้วยมือรวม 102 วินาที

คำสำคัญ: ใบกวนเต้าหู้ รูปแบบการไหล การจำลองพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ ประสิทธิภาพการกวน

Abstract

This research aimed to develop and design a tofu stirring blade for the tofu molding stirring process, in collaboration with a soybean processing company, to address the problem of manual stirring, where operators were required to wear gloves and stir the tofu directly in the tank. The amount of tofu residue remaining at the bottom of the tank after stirring was required to be less than 1 kilogram. This research developed three stirring blade design concepts that were consistent with the operating principles and compatible with the factory's existing stirring machine, to make the molding stirring process faster, easier to operate, controllable by a single operator, and to improve hygiene standards in the production line. Engineering analysis employed Computational Fluid Dynamics: CFD simulation to compare the flow patterns of the three stirring blade concepts under conditions in which the blade was installed at the center of the tank, 2 centimeters above the tank bottom, and operated at rotational speeds of 90, 100, and 110 rpm. Flow velocity, shear stress, and torque were considered together with strength analysis. The analysis results showed that Concept 2 provided the most suitable flow pattern. A prototype was then fabricated and tested in actual production for 10 tanks. The test results showed that the amount of tofu residue remaining at the bottom of each tank was less than 1 kilogram, and the tofu texture met the factory's standards. Furthermore, the accumulated stirring time was reduced by 102 seconds compared with manual stirring.

Keywords: Tofu agitator blade, flow patterns, CFD Simulation, mixing efficiency



บทนำ

กระบวนการผลิตเต้าหู้ในอุตสาหกรรมอาหารจำเป็นต้องมีการควบคุมคุณภาพและสุขลักษณะที่เหมาะสมเนื่องจากปัจจัยดังกล่าวมีผลโดยตรงต่อความปลอดภัยของผู้บริโภคและความสม่ำเสมอของคุณภาพผลิตภัณฑ์ โดยเฉพาะในโรงงานขนาดเล็กหรือระดับชุมชนที่ยังคงพึ่งพาแรงงานคนในบางขั้นตอนของการผลิต สำหรับโรงงานกรณีศึกษา มีกระบวนการผลิตเต้าหู้แบบกึ่งอัตโนมัติโดยใช้ถังบรรจุน้ำเต้าหู้ปริมาตรประมาณ 65 ลิตรต่อถัง ในขั้นตอนการขึ้นรูปจะมีการกวนเต้าหู้ร่วมกับสารช่วยตกตะกอนเพื่อให้เกิดการจับตัวอย่างสม่ำเสมอ อย่างไรก็ตาม การกวนขึ้นรูปในโรงงานดังกล่าวยังคงดำเนินการโดยแรงงานคนซึ่งพนักงานต้องกวนเต้าหู้ภายในถังโดยตรง ส่งผลให้คุณสมบัติของเต้าหู้ที่ได้ เช่น ความแข็งและเนื้อสัมผัส มีความไม่สม่ำเสมอในแต่ละรอบการผลิต อันเนื่องมาจากความแตกต่างของแรงและทักษะของผู้ปฏิบัติงาน นอกจากนี้

นี้ ตำแหน่งของถังซึ่งมีระดับความสูงจากพื้นค่อนข้างต่ำ ยังทำให้พนักงานต้องปฏิบัติงานในท่าทางที่ไม่เหมาะสมตามหลักการยศาสตร์ส่งผลกระทบต่อสุขภาพของระบบกล้ามเนื้อและเพิ่มความเสี่ยงด้านสุขอนามัยจากการสัมผัสอาหารโดยตรง อีกทั้งกระบวนการดังกล่าวยังต้องอาศัยแรงงานที่มีประสิทธิภาพ หากเกิดการขาดแคลนบุคลากร ย่อมส่งผลให้กระบวนการผลิตล่าช้าและขาดความต่อเนื่อง

ในเชิงวิทยาศาสตร์ กระบวนการกวนขึ้นรูปเต้าหู้เกี่ยวข้องกับโดยตรงกับพฤติกรรมกาวไหลและการผสมของไหลที่มีความหนืด ตลอดจนกลไกการเกิดเจลของโปรตีนถั่วเหลือง เนื่องจากในระยะที่เติมสารช่วยตกตะกอนและเริ่มเกิดการรวมตัวของโปรตีน ระบบของน้ำเต้าหู้จะมีการเปลี่ยนแปลงเชิงรีโอโลยีและมีความไวต่อสภาวะการกวนอย่างมาก หากรูปแบบการไหลภายในถังไม่ครอบคลุมเพียงพอหรือเกิดบริเวณอับการไหล อาจทำให้การกระจายตัวของสารช่วยตกตะกอนไม่สม่ำเสมอ ส่งผลให้การก่อตัวของโครง

สร้างเจลเกิดขึ้นแตกต่างกันในแต่ละตำแหน่งภายในถัง ซึ่งมีผลต่อความแน่นของโครงสร้าง เนื้อสัมผัส ความสามารถในการอุ้มน้ำ และความสม่ำเสมอของผลิตภัณฑ์เต้าหู้ tofuru รวมถึงสมบัติทางรีโอโลยีและวิสโคอีลาสติกของ tofuru ในขณะเดียวกัน งานด้านการผสมของของไหลชนิดซีให้เห็นว่า ประสิทธิภาพของการกวนมีได้ขึ้นอยู่กับความเร็วรอบเพียงอย่างเดียว แต่ขึ้นอยู่กับความสามารถของใบกวนในการสร้างการไหลหมุนเวียน การยืดและพับตัวของของไหล การลดบริเวณอับการไหล และการควบคุมระดับความเค้นเฉือนให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการกระจายตัวของส่วนผสมโดยไม่ทำลายโครงสร้างของระบบมากเกินไป ดังนั้นการออกแบบใบกวนสำหรับการขึ้นรูปเต้าหู้จึงมิใช่เพียงการแก้ปัญหาเชิงกลหรือการลดแรงงานคนเท่านั้น หากแต่เป็นปัญหาการออกแบบทางวิศวกรรมที่ต้องเชื่อมโยงหลักพลศาสตร์ของไหล การผสมของของไหลชนิด และพัฒนาการของโครงสร้างเจลอาหารเข้าด้วยกันอย่างเป็นระบบ ซึ่งสามารถศึกษาวิเคราะห์ได้ด้วย CFD เพื่ออธิบายรูปแบบการไหล ความเร็วเฉพาะที่ และผลของความเค้นเฉือนภายในถังกวนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

วรรณกรรมที่เกี่ยวข้องในช่วงที่ผ่านมาแสดงให้เห็นว่า การประยุกต์ใช้ระบบอัตโนมัติและการออกแบบเครื่องกวนที่เหมาะสมสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและลดต้นทุนแรงงานได้อย่างมีนัยสำคัญ ตัวอย่างเช่น การพัฒนาเครื่องกวนแบบควบคุมอัตโนมัติด้วยระบบไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถช่วยลดระยะเวลาการกวน เพิ่มความสม่ำเสมอของกระบวนการและลดความเสี่ยงด้านการปนเปื้อนจากการสัมผัสของมนุษย์ (Thongsong & Sudsomboon, 2023) ขณะเดียวกัน การพัฒนาใบพัดกวนผสมสำหรับของไหลที่มีความหนืดในกระบวนการกวนมะม่วง ได้มีการวิเคราะห์พลศาสตร์ของไหลและวิเคราะห์ความแข็งแรงเชิงสถิติเพื่อประเมินสมรรถนะของใบพัดกวน โดยผลจากการออกแบบและการจำลองเชิงตัวเลขทางพลศาสตร์ของไหลพบว่า ความเร็วรอบการหมุนที่ 30 รอบต่อนาทีเหมาะสมต่อการกวนมะม่วงกวนที่มีความหนืดประมาณ 1.8 Pa·s ที่อุณหภูมิ 98 องศาเซลเซียส และใบพัดกวนผสมแบบทำมุม 45 องศาให้ผลดีที่สุด (Lahamornchaiyakul,

2022b) นอกจากนี้ เทคนิคการจำลองพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ (Computational Fluid Dynamics: CFD) ได้รับความนิยมนำไปแพร่หลายในการวิเคราะห์พฤติกรรมการไหลภายในถังกวน เนื่องจากสามารถอธิบายลักษณะการไหล การกระจายความเร็ว และระดับความปั่นป่วนได้อย่างละเอียด งานวิจัยของ Dendee (2018) ได้ประยุกต์ใช้แบบจำลองความปั่นป่วน SST k-omega ร่วมกับเทคนิค Sliding Mesh เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่าง Reynolds Number และประสิทธิภาพการผลิต ซึ่งผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบและขยายขนาดถังกวนในระดับอุตสาหกรรมได้อย่างมีประสิทธิภาพ อีกทั้งยังมีการประยุกต์ใช้รูปทรงแพนปีกอากาศ NACA ในการออกแบบใบกวน โดยใช้การวิเคราะห์ CFD ควบคู่กับการวิเคราะห์ความแข็งแรงทางโครงสร้างด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ซึ่งช่วยให้สามารถออกแบบใบกวนที่มีทั้งประสิทธิภาพการผสมสูงและความแข็งแรงเหมาะสมต่อการใช้งานจริง (Lahamornchaiyakul, 2022a) CFD ยังถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลายในงานวิเคราะห์ทางวิศวกรรมโดยมีบทบาทสำคัญในการอธิบายการถ่ายโอนความร้อน การกระจายตัวของสารไหล และพฤติกรรมของของไหล (Osmanbegovic et al., 2022)

การจำลองด้วย CFD จึงถูกนำมาใช้เพื่อคำนวณโครงสร้างใบพัดที่เหมาะสมสำหรับการสร้างสนามการไหลที่เสถียรและสามารถควบคุมได้ จากงานวิจัยของ Xiao et al. (2025) ได้วิเคราะห์และเพิ่มประสิทธิภาพใบพัดกวน โดยใช้แบบจำลองร่วมกับการทดลองตกผลึกและการจำลองด้วย CFD โดยนำเสนอโครงสร้างใบพัดกวนแบบ 3 ระยะ ซึ่งประกอบด้วยใบพัดแบบ Rushton turbine ใบพัดแบบ Helical ribbon ชนิดพิเศษ และใบพัดขับเคลื่อนแบบ Impeller ตามลำดับ ผลการศึกษาพบว่า โครงสร้างการกวนที่ได้รับการปรับปรุงสามารถแบ่งส่วนสนามการไหลในอุดมคติได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในทำนองเดียวกัน Youcefi et al. (2023) ได้ศึกษาอุทกพลศาสตร์แบบสามมิติ (three-dimensional hydrodynamics) ภายในถังทรงกระบอกก้นแบนที่ติดตั้งใบพัดแบบสองครีบ (two-bladed impeller) ภายใต้สภาวะการไหลแบบราบเรียบ (laminar conditions) โดยมุ่งเน้น

การทำความเข้าใจรูปแบบการไหล (flow patterns) และกำลังที่ต้องใช้ เพื่อออกแบบและปรับแต่งโครงสร้างใบพัดที่มีลักษณะเฉพาะ ซึ่งประกอบด้วยส่วนย่อยสองส่วนวางขนานกัน (juxtaposed sub-two-blade sections) ในช่วงเลขเรย์โนลด์ (Reynolds numbers) ตั้งแต่ 10-1 ถึง 10-2 ผลการออกแบบใบพัดใหม่พบว่า มีลักษณะคล้ายกังหัน สามารถสร้างความเร็วในแนวเส้นสัมผัส (tangential velocities) และช่วยกระตุ้นให้เกิดความเร็วในแนวแกน (axial velocities) สูงขึ้น การไหลรอบใบพัดจึงเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลให้กระบวนการผสมมีประสิทธิภาพดีขึ้นและช่วยลดการสิ้นเปลืองกำลังไฟฟ้า Phuisaengpan & Soemphol (2023) ได้ประเมินค่าความหนืดจากสูตรสมการพื้นฐานของเครื่องวัดความหนืดแบบหมุนโดยหลักการของมอเตอร์ภายใต้สภาวะคงตัว ทอร์กหน่วงที่กระทำต่อพื้นผิวใบพัดพบว่า การทำงานของเครื่องกวนสารมีความสัมพันธ์กับความหนืดและมีความสัมพันธ์โดยตรงกับทอร์กที่เกิดขึ้นจากมอเตอร์ นอกจากนี้เทคนิคการจำลองขั้นสูงยังมีบทบาทในงานออกแบบวิศวกรรม Assawarungsri et al. (2025) ได้นำเสนอระเบียบวิธีวิธีการออกแบบเชิงวิศวกรรมสำหรับเครื่องตัดหลอดพลาสติกใส้หมอนบรรเทาการเกิดแผลกดทับ โดยใช้เทคนิคการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพ (Quality Function Deployment: QFD) ร่วมกับการจำลองพฤติกรรมพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ (CFD) และใช้บ้านแห่งคุณภาพ (house of quality) เป็นเครื่องมือวิเคราะห์เพื่อให้ได้เครื่องจักรที่มีคุณภาพสอดคล้องกับความต้องการของผู้ใช้งาน Thongsong and Sudsomboon (2023) ได้พัฒนาเครื่องคนน้ำตาลโตนอัตโนมัติพร้อมระบบควบคุมอัตโนมัติ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตน้ำตาลโตนด ซึ่งการจำลองการไหลด้วยเทคนิค CFD ได้รับการยอมรับว่าเป็นเครื่องมือสำคัญในการวิเคราะห์และทำนายพฤติกรรมการไหลของของไหลและอนุภาค Huankhoksung and Yabsungnoen (2025) ได้นำเสนอการออกแบบระบบระบายอากาศแบบบังคับโดยใช้การวิเคราะห์ความร้อนและการจำลอง CFD สำหรับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง BLDC ในรถยนต์พลังงานแสงอาทิตย์ STC-4 โดยผลการจำลองแสดงให้เห็นว่า การติดตั้งใบพัดบังคับอากาศช่วยลดอุณหภูมิของชุดหลอดทองแดงประมาณ 59% แกนเพลลาประมาณ 47% และอากาศภายในมอเตอร์ประมาณ 63% ส่งผลให้ประสิทธิภาพการระบายความร้อนดีขึ้นและลดความเสี่ยงจากความเสียหายอันเกิดจากความร้อนสูง

เกินไป นอกจากนี้ Promton et al. (2022) ได้วิเคราะห์การไหลของอนุภาค (PM1 PM5 และ PM10) ในระบบระบายอากาศแบบบังคับด้วยเทคนิค CFD โดยเปรียบเทียบแบบจำลองความปั่นป่วนสองรูปแบบ และพบว่ารูปแบบการไหลมีอิทธิพลต่อการเคลื่อนที่ของอนุภาคอย่างมีนัยสำคัญ Prakotmak and Wangchai (2022) ได้ใช้การจำลองคอมพิวเตอร์ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์แบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete Element Method: DEM) เพื่อวิเคราะห์ดัชนีการผสมของอนุภาคในเครื่องผสมแบบมีใบพัด ซึ่งแสดงให้เห็นถึงประโยชน์ของเทคนิคการจำลองเชิงตัวเลขในการทำนายประสิทธิภาพการผสม ขณะที่ Kantakaew et al. (2024) ได้วิเคราะห์อิทธิพลของรูปแบบการไหลแบบลามินาร์และแบบปั่นป่วนต่ออัตราการตอบสนองของสัญญาณจากเซ็นเซอร์วัดก๊าซในห้องจุ่มก๊อแล็กทอนิกส์สำหรับการตรวจจับกลิ่นหินในข้าวกล้อง (KDML105) โดยอาศัยหลักการเลขเรย์โนลด์สและสมการนาเวียร์-สโตกส์ในการคำนวณและสร้างแบบจำลองการไหลของอากาศด้วย CFD ผลการศึกษาพบว่า รูปแบบการไหลแบบลามินาร์ให้ค่าอัตราการเปลี่ยนแปลงสัญญาณสูงกว่ารูปแบบการไหลแบบปั่นป่วนอย่างมีนัยสำคัญ จากการทบทวนวรรณกรรมดังกล่าวพบว่า เทคนิคการจำลองเชิงตัวเลข โดยเฉพาะ CFD มีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งต่อการออกแบบและพัฒนาระบบในงานวิศวกรรม

จากการทบทวนวรรณกรรมจึงสรุปได้ว่า การออกแบบใบกวนด้วยวิธีการทางวิศวกรรมร่วมกับการจำลองเชิงตัวเลข สามารถประยุกต์ใช้เป็นแนวทางในการวิเคราะห์และปรับปรุงกระบวนการขึ้นรูปเต้าหู้ในโรงงานขนาดเล็กได้ งานวิจัยนี้จึงพัฒนาและออกแบบใบกวนสำหรับกระบวนการขึ้นรูปเต้าหู้ขึ้น โดยอาศัยหลักการออกแบบทางวิศวกรรม การจำลองพลศาสตร์ของไหล และการวิเคราะห์โครงสร้าง เพื่อเพิ่มความสม่ำเสมอของคุณภาพผลิตภัณฑ์ ลดการพึ่งพาแรงงานคน ยกระดับสุขลักษณะและความปลอดภัยในกระบวนการผลิต

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อพัฒนาและออกแบบใบกวนเต้าหู้สำหรับแก้ไขปัญหาคือในขั้นตอนการกวนขึ้นรูปที่ยังต้องอาศัยการกวนด้วยมือและเพื่อลดปริมาณเต้าหู้ตกค้างที่ก้นถัง

วิธีการดำเนินงานวิจัย

1. การศึกษาความต้องการ และคุณลักษณะจำเพาะในการออกแบบของใบกวนเต้าหู้

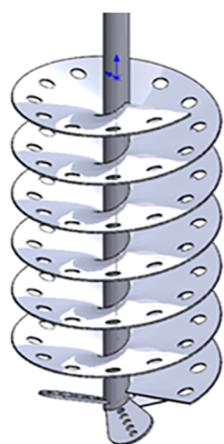
จากการศึกษาปัญหา เพื่อให้ทราบลักษณะการไหลของน้ำเต้าหู้ที่ใกล้เคียงกับการกวนแบบเดิมมากที่สุด รวมทั้งเพื่อคัดเลือกองค์ประกอบและวัสดุที่เหมาะสมสำหรับการออกแบบใบกวนเต้าหู้ โดยมีขั้นตอนการดำเนินงานดังแสดงในภาพ 1

2. การออกแบบแนวคิดและกำหนดรายละเอียดของใบกวนเต้าหู้

การออกแบบแนวคิดเริ่มต้นจากการวิเคราะห์รูปแบบของใบกวน เพื่อนำไปสู่การออกแบบและพัฒนาใบกวนสำหรับกระบวนการผลิตเต้าหู้ให้มีคุณภาพสม่ำเสมอ โดยเลือกใช้สแตนเลสเกรด 304 ซึ่งเป็นวัสดุเกรดอาหารที่มีความทนทานต่อการกัดกร่อนและเหมาะสมต่อการใช้งานด้านสุขลักษณะ ลักษณะของใบกวนมีบทบาทสำคัญต่อทิศทางการไหลของน้ำเต้าหู้ภายในเครื่องกวน ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อกระบวนการขึ้นรูปเต้าหู้ ดังนั้นจึงได้ออกแบบแนวคิดใบกวนจำนวน 3 รูปแบบ ดังแสดงในภาพ 2



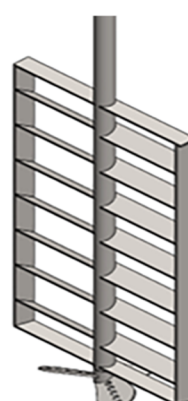
ภาพ 1 ขั้นตอนการกวนขึ้นรูปเต้าหู้



(ก)



(ข)



(ค)

ภาพ 2 (ก) แนวคิดที่ 1 ใบกวนด้านบนแบบสกรูลำเลียง (ข) แนวคิดที่ 2 ใบกวนด้านบนแบบ Helical Ribbon (ค) แนวคิดที่ 3 ใบกวนด้านบนแบบ Anchor

แนวคิดที่ 1 ไบวอนแบบสกรูลำเลียง ดังแสดงในภาพ 2 (ก) โดยมีการเจาะรูบนไบวอนเพื่อเพิ่มการไหลของของเหลวและช่วยลดการสะสมของกากตะกอน

แนวคิดที่ 2 ไบวอนแบบ Helical Ribbon ดังแสดงในภาพ 2 (ข) โดยมีจุดเด่นในการลดปัญหาการแยกชั้นของส่วนผสมและลดการเกิดบริเวณอับการไหล (dead zones)

แนวคิดที่ 3 ไบวอนแบบ Anchor ดังแสดงในภาพ 2 (ค) โดยมีจุดเด่นในการช่วยลดการเกาะติดของส่วนผสมบริเวณขอบถัง และมีการปรับมุมไบวอนให้เอียงเล็กน้อยเพื่อส่งเสริมการไหลในแนวแกน

3. การเปรียบเทียบผลการจำลอง

ในการกำหนดเงื่อนไขสำหรับการจำลองไบวอน กำหนดให้ไบวอนติดตั้งอยู่บริเวณกึ่งกลางถังและอยู่สูงจากก้นถัง 2 เซนติเมตร โดยกำหนดความเร็วรอบของไบวอนไว้ 3 ระดับ ได้แก่ 90 100 และ 110 rpm นอกจากนี้ กำหนดให้ความหนาแน่นของน้ำเต้าหู้เท่ากับ $1,000 \text{ kg/m}^3$ ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 3-1 ขณะที่ค่าความเร็วเชิงมุมของไบวอน ค่าความเร็วสัมผัสของไบวอน และค่าแรงต้านการเคลื่อนที่ของไบวอน สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 3-2 3-3 และ 3-4 ตามลำดับ ทั้งนี้ ค่าความเค้นเฉือนและแรงบิดที่เกิดขึ้นในไบวอนต้องไม่เกินค่าที่วัสดุสแตนเลสเกรด 304 สามารถรองรับได้ โดยสแตนเลสเกรด 304 สามารถรับแรงดึงสูงสุด (tensile strength) ได้ 118 MPa (Masuda, 2007) อีกทั้งยังกำหนดให้ความเร็วการไหลอยู่ในช่วง 0.15-0.35 m/s เพื่อให้ส่วนผสมสามารถกระจายตัวได้อย่างทั่วถึง

สำหรับการตั้งค่าการจำลองเชิงตัวเลข ได้กำหนดให้โดเมนการไหลครอบคลุมปริมาตรของน้ำเต้าหู้ภายในถังทั้งหมดและใช้ตาข่าย (mesh configuration) จำนวนแบบผสมที่มีการปรับความละเอียดเฉพาะบริเวณ โดยแบบจำลองมีจำนวนเซลล์รวมประมาณ 2.5×10^5 ถึง 4.0×10^5 เซลล์ และเพิ่มความละเอียดของตาข่ายบริเวณผิวไบวอน ผันถึง และช่องว่างระหว่างไบวอนกับก้นถัง เพื่อให้สามารถคำนวณการเปลี่ยนแปลงของความเร็วและความเค้นเฉือนได้อย่างเหมาะสม ในส่วนของเงื่อนไขขอบเขต (boundary conditions) กำหนดให้ผนังถังและผิวไบวอนเป็นแบบไม่

ลื่นไหล ไบวอนหมุนด้วยความเร็วรอบคงที่ตามเงื่อนไขที่กำหนด และกำหนดให้ผิวบนของของไหลเป็นผิวเปิดที่ความดันบรรยากาศ ขณะที่สภาวะเริ่มต้นกำหนดให้ของไหลภายในถังหยุดนิ่งก่อนเริ่มการกวน ทั้งนี้ เกณฑ์การลู่เข้าของคำตอบ (convergence criteria) กำหนดจากค่าคลาดเคลื่อนเศษเหลือของสมการต่อเนื่องและสมการโมเมนตัมให้ต่ำกว่า 10-4 ร่วมกับการตรวจสอบว่า ค่าความเร็วเฉลี่ยแรงบิด และความเค้นเฉือนมีการเปลี่ยนแปลงไม่เกิน 1% ระหว่างรอบการคำนวณต่อเนื่อง เพื่อให้มั่นใจว่าผลการจำลองมีเสถียรภาพและเพียงพอสำหรับการเปรียบเทียบสมรรถนะของไบวอนทั้ง 3 แนวคิด

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (1)$$

เมื่อ ρ = ค่าความหนาแน่น (kg/m^3)
 m = มวลของของไหล (kg)
 V = ปริมาตรของของไหล (m^3)

$$\frac{\omega}{60} \quad (2)$$

เมื่อ ω = ความเร็วเชิงมุม (rad/s)
 n = ความเร็วรอบ (rpm)

$$V = \omega r \quad (3)$$

เมื่อ V = ความเร็วสัมผัส (m/s)
 ω = ความเร็วเชิงมุม (rad/s)
 r = รัศมี (m)

$$F_d = \frac{1}{2} C_d \rho A_b V^2 \quad (4)$$

เมื่อ F_d = แรงต้านการเคลื่อนไหวย (N)
 ρ = ค่าความหนาแน่น (kg/m^3)
 V = ความเร็วการไหลเชิงเส้น (m/s)
 C_d = ค่าสัมประสิทธิ์แรงต้าน
 A_b = พื้นที่ผิวเอียง (m^2)

ผลลัพธ์ของงานวิจัย

1. ผลลัพธ์การจำลองการไหลและวิเคราะห์ความแข็งแรงของใบกวนเต้าหู้ทั้ง 3 แนวคิด

จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ใช้เปรียบเทียบใบกวนทั้ง 3 แนวคิด ณ ความเร็วรอบ 90 100 และ 110 rpm พบว่าใบกวนแต่ละรูปแบบส่งผลต่อพฤติกรรมการณ์ไหลวนของน้ำเต้าหู้แตกต่างกัน ดังแสดงในภาพที่ 3 ซึ่งนำเสนอเวกเตอร์ความเร็วและเส้นทางการไหล (streamlines) ที่ได้จากการวิเคราะห์โดยใช้สมการที่ 3-5 ในการคัดเลือกใบกวนที่มีความเหมาะสมที่สุด เพื่อให้มั่นใจว่าการผสมเกิดขึ้นอย่างทั่วถึงตลอดปริมาตรภายในถัง โดยไม่ก่อให้เกิดการตกตะกอนหรือการแยกชั้น เกณฑ์หลักที่ใช้ในการวิเคราะห์จึงพิจารณาจากความครอบคลุมของการเคลื่อนที่ของเต้าหู้ภายในถัง

$$Re_{imp} = \frac{\rho V D}{\mu} \quad (5)$$

เมื่อ Re_{imp} = เลขเรย์โนลด์ (Reynolds Number for Agitation)

ρ = ความหนาแน่นของของไหล (kg/m³)

V = ความเร็วการไหลเชิงเส้น (m/s)

D = เส้นผ่านศูนย์กลางของใบกวน (m)

μ = ความหนืดของของไหล (N·s/m²)

ผลการวิเคราะห์แบบจำลองการไหลของน้ำเต้าหู้ภายใต้ความเร็วรอบใบกวน 3 ระดับ แสดงให้เห็นว่าแนวคิดที่ 2 ให้รูปแบบการไหล (flow pattern) ที่มีประสิทธิภาพสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับแนวคิดอื่น เนื่องจากสามารถทำให้การไหลของน้ำเต้าหู้ครอบคลุมปริมาตรภายในถังได้อย่างต่อเนื่องและสม่ำเสมอว่า ลดการเกิดบริเวณอับการไหลและลดแนวโน้มการแยกชั้นของส่วนผสมได้ดีกว่า อีกทั้งยังช่วยพาส่วนผสมบริเวณกันถึงเข้าสู่การหมุนเวียนได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น ดังนั้น จึงกำหนดให้แนวคิดที่ 2 เป็นต้นแบบหลักสำหรับการพัฒนาและสร้างเครื่องจักรต้นแบบในลำดับถัดไป

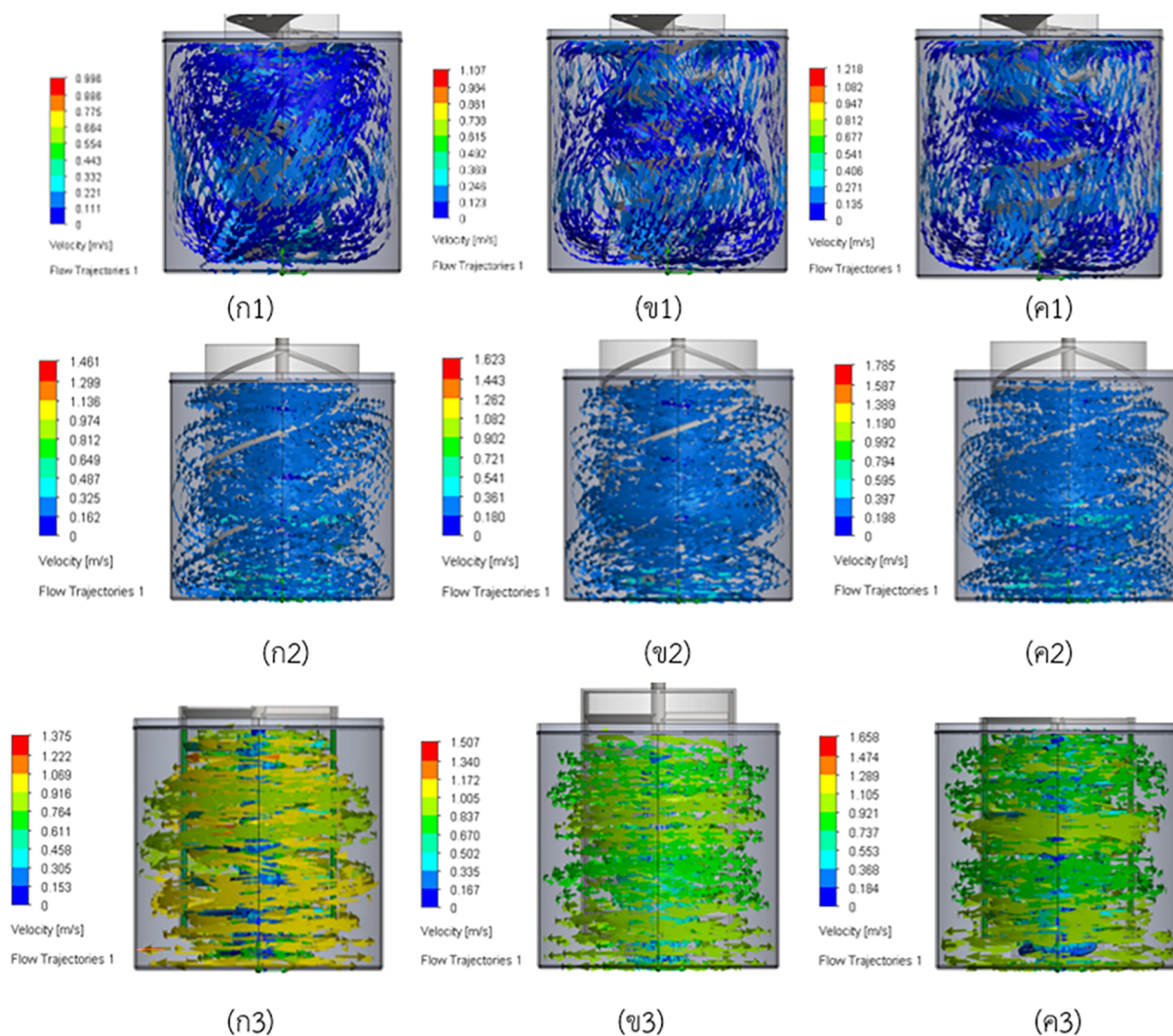
เพื่อสนับสนุนผลการวิเคราะห์ดังกล่าว จึงได้พิจารณาผลการวิเคราะห์เชิงปริมาณตามระดับความเร็วรอบ พบว่า ที่ความเร็วรอบ 90 rpm ใบกวนมีความเค้นเฉือนสูงสุด 4.20 Pa มีแรงบิดเฉลี่ยที่เกิดขึ้นในโครงสร้างใบกวน 0.037653 N·m และน้ำเต้าหู้มีความเร็วการไหลเฉลี่ย 0.098079 m/s ส่วนที่ความเร็วรอบ 100 rpm ใบกวนมีความเค้นเฉือนสูงสุด 4.93 Pa มีแรงบิดเฉลี่ยที่เกิดขึ้นในโครงสร้างใบกวน 0.045673 N·m และน้ำเต้าหู้มีความเร็วการไหลเฉลี่ย 0.104713 m/s ขณะที่ความเร็วรอบ 110 rpm ใบกวนมีความเค้นเฉือนสูงสุด 5.75 Pa มีแรงบิดเฉลี่ยที่เกิดขึ้นในโครงสร้างใบกวน 0.051582 N·m และน้ำเต้าหู้มีความเร็วการไหลเฉลี่ย 0.115676 m/s

เมื่อพิจารณาในเชิงกลศาสตร์ของไหล แนวโน้มดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่า เมื่อความเร็วรอบเพิ่มขึ้น ใบกวนสามารถถ่ายเทโมเมนตัมให้แก่เต้าหู้ได้มากขึ้น ส่งผลให้ความเร็วการไหลเฉลี่ยภายในถังเพิ่มขึ้นตามลำดับ และช่วยเสริมการเกิดการไหลหมุนเวียนที่ครอบคลุมปริมาตรของของไหลได้มากขึ้น ขณะเดียวกัน ค่าความเค้นเฉือนที่เพิ่มขึ้นบ่งชี้ว่าการแลกเปลี่ยนแรงระหว่างผิวใบกวนกับของไหลมีความเข้มข้น ซึ่งเอื้อต่อการกระจายตัวของส่วนผสมและลดโอกาสการเกิดบริเวณอับการไหลภายในถัง อย่างไรก็ตาม การเพิ่มขึ้นของแรงบิดพร้อมกันยังสะท้อนถึงภาระเชิงกลที่สูงขึ้นต่อโครงสร้างใบกวน ดังนั้นการเลือกสภาวะการกวนที่เหมาะสมจึงต้องพิจารณาความสมดุลระหว่างความสามารถในการสร้างการไหลหมุนเวียน การพาส่วนผสมบริเวณกันถึงเข้าสู่การหมุนเวียน และข้อจำกัดด้านความแข็งแรงของโครงสร้างใบกวนร่วมกัน

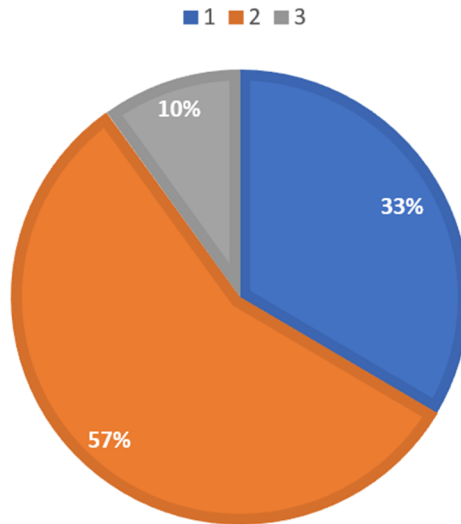
นอกจากนี้ ภาพ 4 แสดงผลการวิเคราะห์แนวโน้มของตัวแปรที่ใช้ประกอบการพิจารณาสมรรถนะของใบกวนแนวคิดที่ 2 ได้แก่ ความเร็วของไหล ความเค้นเฉือน และแรงบิด โดยค่าร้อยละ 57 33 และ 10 แสดงสัดส่วนแนวโน้มสัมพัทธ์ของความเร็วของไหล ความเค้นเฉือน และแรงบิดตามลำดับ เมื่อพิจารณาร่วมกันพบว่า ความเร็วของไหลเป็นปัจจัยที่มีสัดส่วนเด่นที่สุดในการสะท้อนประสิทธิภาพการกวน รองลงมา คือ ความเค้นเฉือน ขณะที่แรงบิดมีสัดส่วนต่ำที่สุดในชุดข้อมูลดังกล่าว

ในขณะที่ภาพ 4 แสดงแนวโน้มสัมพัทธ์ของตัวแปรที่ใช้ประเมินสมรรถนะของใบกวนแนวคิดที่ 2 ภาพ 5 แสดงการกระจายตัวของความเค้นเฉือนที่เกิดขึ้นบนใบกวนแนวคิดเดียวกันภายใต้ความเร็วรอบ 3 ระดับ ได้แก่ 90 100 และ 110 รอบต่อนาที ซึ่งช่วยให้เห็นตำแหน่งและ

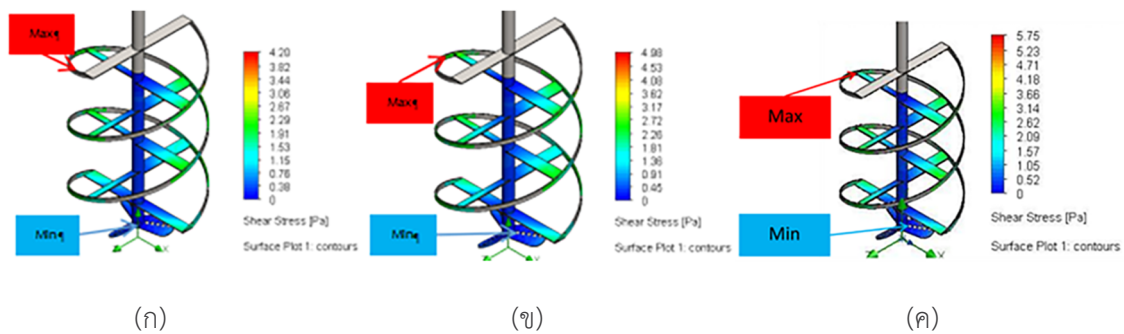
ลักษณะการเปลี่ยนแปลงของความเค้นเฉือนบนโครงสร้างใบกวนได้อย่างชัดเจนยิ่งขึ้น เมื่อพิจารณาร่วมกันพบว่า ภาพ 4 ให้ข้อมูลเชิงสรุปในภาพรวมของแนวโน้มตัวแปร ขณะที่ภาพ 5 แสดงรายละเอียดเชิงพื้นที่ของความเค้นเฉือนที่สนับสนุนผลการวิเคราะห์เชิงปริมาณดังกล่าว



ภาพ 3 การไหลของตัวผู้เมื่อใบกวนเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว (ก) 90 rpm (ข) 100 rpm และ (ค) 110 rpm โดยหมายเลขแสดงลำดับแนวคิดที่ 1 2 และ 3



ภาพ 4 ผลลัพธ์การวิเคราะห์แนวโน้มของค่าความเค้นเฉือน (Shear Stress: τ) ค่าแรงบิด (Torque: T) และความเร็วของไหล (Fluid Velocity: V)



ภาพ 5 ความเค้นเฉือนที่เกิดขึ้นกับใบกวนแนวคิดที่ 2 เมื่อเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว (ก) 90 rpm (ข) 100 rpm และ (ค) 110 rpm

2. ผลลัพธ์การประเมินการออกแบบใบกวนทั้ง 3 แนวคิด

จากผลการวิเคราะห์การไหลของน้ำเต้าหู้ที่เกิดขึ้นจากใบกวนทั้ง 3 แนวคิด ได้กำหนดหัวข้อสำหรับการประเมินจำนวน 7 ด้าน ได้แก่ (1) ลักษณะการไหลของน้ำเต้าหู้ (2) ความเหมาะสมในการใช้งาน (3) ความเร็วการไหล (4) โครงสร้างใบกวน (5) ต้นทุนในการสร้างใบกวน (6) ความปลอดภัยในการใช้งาน และ (7) การบำรุงรักษา

สรุปผลการประเมินจากการระดมความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญของบริษัทจำนวน 3 คน เพื่อคัดเลือกแนวคิดที่เหมาะสม พบว่า แนวคิดที่ 2 ใบกวนเต้าหู้แบบ Helical Ribbon ได้รับคะแนนประเมินสูงที่สุด โดยผลการประเมินชี้ให้เห็นว่าใบกวนรูปแบบที่ 2 มีความเป็นไปได้ในการกวนเต้าหู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด

3. ผลลัพธ์การสร้างต้นแบบ และการทดสอบใบกวนเต้าหู้ที่ออกแบบใหม่

ผลลัพธ์การสร้างต้นแบบใบกวนเต้าหู้ที่ออกแบบใบกวนเต้าหู้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางสูงสุด 300 มิลลิเมตร และมีความยาว 920 มิลลิเมตร โดยลักษณะของต้นแบบแสดงดังภาพ 6

ผลการทดสอบการทำงานของต้นแบบใบกวนเต้าหู้ดำเนินการโดยทดลองกวนเต้าหู้ และประเมินผลจากการซึ่งน้ำหนักปริมาณเต้าหู้ที่ตกค้างกันถึงจำนวน 10 ถึง เพื่อเปรียบเทียบกับปริมาณเต้าหู้ที่ตกค้างกันถึงลดลงเมื่อเทียบกับการกวนแบบเดิม ทั้งนี้ ผลการทดสอบแสดงดังตาราง 1



ภาพ 6 ต้นแบบโปกวนเต้าหู้ที่ออกแบบใหม่

ตาราง 1

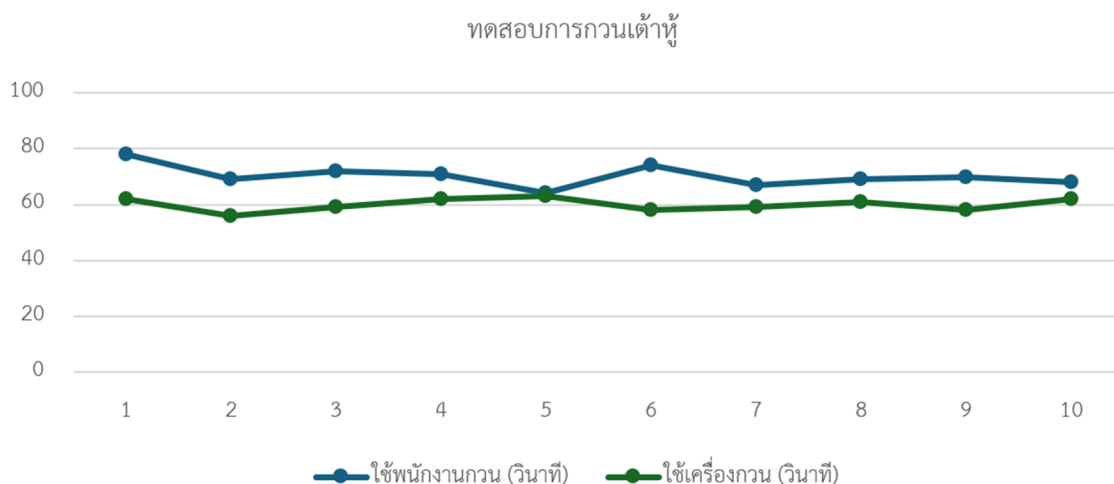
ผลการทดสอบการเปรียบเทียบระหว่างการกวนด้วยมือกับใช้โปกวน

เต้าหู้	ปริมาณของเต้าหู้ที่เหลือกันถึง	
	กวนด้วยมือ (g)	ใช้โปกวน (g)
ถังที่ 1	985	845
ถังที่ 2	942	770
ถังที่ 3	874	785
ถังที่ 4	953	820
ถังที่ 5	977	808
ถังที่ 6	896	765
ถังที่ 7	928	883
ถังที่ 8	901	852
ถังที่ 9	850	644
ถังที่ 10	883	575
น้ำหนักเฉลี่ย	918.9	774.7
ผลต่างค่าเฉลี่ยระหว่างการกวนมือกับการใช้โปกวนใหม่		144.2 g

4. ผลการเปรียบเทียบเวลาในการกวนเต้าหู้โดยวิธีกวนด้วยมือและกวนด้วยโปกวนเต้าหู้แนวคิดที่ 2

การทดสอบโปกวนเต้าหู้ที่ออกแบบใหม่เป็นการเปรียบเทียบระหว่างการกวนด้วยมือโดยพนักงานกับการกวนโดยใช้โปกวนเต้าหู้ที่ออกแบบใหม่ โดยทำการกวนเต้าหู้วิธีละ 10 ถัง และบันทึกระยะเวลาดังแสดงในภาพ 7 การวิเคราะห์

ระยะเวลาในการกวนเต้าหู้เริ่มจากการรวบรวมข้อมูลระยะเวลาที่ใช้ในการกวนทั้งหมด 10 ครั้ง ผลการทดสอบพบว่า การกวนด้วยมือใช้เวลาสะสม 702 วินาที ขณะที่การใช้โปกวนเต้าหู้ที่ออกแบบใหม่ใช้เวลาสะสม 600 วินาที ดังนั้นเมื่อคำนวณผลต่างของระยะเวลาสะสมในการกวนเต้าหู้ 10 ถังพบว่า ลดลง 102 วินาที ดังแสดงในภาพ 7



ภาพ 7 การเปรียบเทียบระยะเวลาที่ใช้ในการกว่นเต้าหู้

5. ผลลัพธ์การเปรียบเทียบค่าจ้างแรงงาน

ผลการวิเคราะห์จุดคุ้มทุนของการสร้างใบกวนเต้าหู้คำนวณจากต้นทุนของใบกวนที่มีราคา 13,500 บาท โดยระยะเวลาในการกว่นต่อถังด้วยใบกวนใหม่อายุที่ 60 วินาที ค่าแรงของพนักงานทั่วไปจำนวน 2 คน เท่ากับ 400 บาทต่อคนต่อวัน และพนักงานที่มีประสบการณ์จำนวน 1 คน มีค่าจ้าง 40,000 บาทต่อเดือน ซึ่งคำนวณเป็นค่าจ้างต่อวันได้ประมาณ 1,430 บาท โรงงานมีการกว่นเต้าหู้ 16 ถังต่อวัน และใช้ระยะเวลาในการกว่นด้วยมือต่อถังประมาณ 70 วินาที ในการคำนวณค่าจ้างพนักงานทั้ง 3 คนสำหรับการกว่นด้วยมือต่อวัน กำหนดให้ระยะเวลาในการทำงานเท่ากับ 8 ชั่วโมงต่อวัน หรือ 480 นาที และเท่ากับ 28,800 วินาที จากการคำนวณพบว่า พนักงานทั่วไปมีค่าจ้างต่อคนอยู่ที่ 0.0139 บาทต่อวินาที และมีค่าจ้างในการกว่นมือ

ต่อถังเท่ากับ 0.973 บาทต่อคนต่อถัง ขณะที่พนักงานที่มีประสบการณ์มีค่าจ้าง 0.0497 บาทต่อวินาที และมีค่าจ้างในการกว่นมือต่อถังเท่ากับ 2.982 บาทต่อคนต่อถัง โดยรวมแล้ว ค่าจ้างในการกว่นมือของพนักงานทั้ง 3 คน คิดเป็น 0.0775 บาทต่อวินาที และ 4.928 บาทต่อถัง

ในทางกลับกัน เมื่อใช้ใบกวนใหม่ จะใช้พนักงานเพียง 1 คนในการปฏิบัติงาน และไม่จำเป็นต้องเป็นพนักงานที่มีประสบการณ์ จึงคำนวณค่าจ้างโดยอ้างอิงจากอัตราค่าจ้างของพนักงานทั่วไป สำหรับการกว่นเต้าหู้ 1 ถัง พบว่าค่าจ้างพนักงานอยู่ที่ 0.834 บาท ทั้งนี้ ค่าจ้างพนักงานในการกว่นมือสูงกว่าการใช้ใบกวนใหม่อายุ 4.094 บาทต่อถัง ดังนั้นหากใช้ใบกวนใหม่ในการกว่นเต้าหู้จำนวน 3,298 ถัง จะสามารถลดค่าจ้างพนักงานได้ 13,502 บาท ซึ่งสูงกว่าราคาใบกวนที่ 13,500 บาท ดังแสดงในตาราง 2

ตาราง 2

เปรียบเทียบราคาค่าจ้างพนักงานในการกว่นเต้าหู้

การกว่นมือ		ใบกวนใหม่	
ราคาค่าจ้างพนักงาน	4.928 บาท/ถัง	ราคาค่าจ้างพนักงาน	0.834 บาท/ถัง
กวน 3,298 ถัง	16,252.544 บาท	กวน 3,298 ถัง	2,750.532 บาท
ผลต่างราคาค่าจ้าง		13,502.012 บาท	

สรุปผลการวิจัย

การออกแบบใบกวนเต้าหู้ เพื่อแก้ไขปัญหาเรื่องการใช้มือกวนของพนักงานซึ่งต้องใช้ทักษะเฉพาะบุคคล และช่วยลดจำนวนพนักงานที่ทำงานในขั้นตอนการผลิต และปัญหาที่พบในกรรมวิธีการผลิต เช่นลักษณะการไหลที่จะทำให้เหลือเต้าหู้กันถึงไม่เกิน 1 กิโลกรัม ส่งผลให้ต้องทิ้งเต้าหู้ส่วนนั้นไป โดยการแก้ไขด้วยการออกแบบแนวคิดทั้งหมด 3 แนวคิดและทำการประเมินแนวคิด ซึ่งแนวคิดที่เลือกคือ แนวคิดที่ 2 โดยโครงสร้างของใบกวนที่ออกแบบเป็นแบบใบกวน 2 ชั้น มีเพลานาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 26 มิลลิเมตร อยู่ตรงกลาง โดยใบกวนด้านบนมีลักษณะเป็นแบบ Helical Ribbon ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 300 มิลลิเมตร และใบกวนด้านล่างแบบ High Efficiency: HE-3 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 160 มิลลิเมตร การออกแบบคำนึงถึงลักษณะทางกายภาพของเต้าหู้ และข้อจำกัดของเครื่องกวนจากโรงงาน และผลการวิจัยแสดงให้เห็นถึงผลการทดสอบจำลองความเร็วการไหล แรงบิด และความเค้นเฉือนในใบกวน โดยใช้โปรแกรม SolidWorks แสดงให้เห็นว่า เพลาสแตนเลสมีความแข็งแรงและปลอดภัยสามารถรับแรงบิดและแรงกระทำที่เกิดขึ้นระหว่างการทำงานได้ อีกทั้งการสร้างใบกวนเต้าหู้ และพบว่า ใบกวนเต้าหู้ใหม่สามารถลดอัตราการเกิดเต้าหู้กันถึงได้จริง โดยค่าเฉลี่ยของเต้าหู้กันถึงลดลงถึง 144.2 กรัม และยังพบว่าอุปกรณ์นี้มีความสามารถในการลดระยะเวลาในการผลิตได้จริง โดยใช้เวลาในการกวนเต้าหู้ 10 ถึง น้อยกว่าการกวน

แบบดั้งเดิมถึง 102 วินาที โครงสร้างของใบกวนเต้าหู้ผลิตจากสแตนเลสเกรด 304 ซึ่งมีความเหมาะสมต่อการใช้งาน ต้นทุนการผลิตอุปกรณ์อยู่ที่ 13,500 บาท ในอนาคตอาจมีการปรับปรุงความสะดวกในการใช้งาน ออกแบบใบกวนให้มีความสะดวกในการทำความสะดวก เพื่อเพิ่มความสะดวกในการใช้งาน หรือเพิ่มเติมในส่วนของการออกแบบระบบล้อยึดของเครื่องกวนเพื่อป้องกันอุบัติเหตุระหว่างการใช้งาน

อย่างไรก็ตาม งานวิจัยนี้ยังมีข้อจำกัดบางประการ ได้แก่ การศึกษาดำเนินการภายใต้เงื่อนไขของโรงงานกรณีศึกษาเพียงแห่งเดียว การจำลองใช้เงื่อนไขการทำงานในช่วงความเร็วรอบจำกัด และการประเมินผลเชิงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ยังอ้างอิงเกณฑ์ของโรงงานเป็นหลัก จึงยังไม่ครอบคลุมการวิเคราะห์สมบัติทางรีโอโลยีหรือโครงสร้างจุลภาคของเต้าหู้อย่างละเอียด

ในด้านศักยภาพการขยายผลสู่ระดับอุตสาหกรรม แนวทางการออกแบบที่นำเสนอในงานวิจัยนี้สามารถประยุกต์ใช้เป็นต้นแบบสำหรับโรงงานขนาดเล็กและขนาดกลางที่มีข้อจำกัดด้านเครื่องจักรและแรงงาน โดยเฉพาะในกรณีที่ต้องการปรับปรุงกระบวนการกวนให้มีความสม่ำเสมอมากขึ้น อย่างไรก็ตาม การนำไปใช้ในระดับอุตสาหกรรมที่ใหญ่ขึ้นควรมีการศึกษาการขยายขนาดโดยพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างขนาดถึง กำลังขับ ความเร็วรอบ สมบัติของของไหล และข้อกำหนดด้านสุขลักษณะของระบบการผลิตเพิ่มเติม



References

- Assawarungsri, T., Laotaweesub, W., & Kongsin, T. (2025). A methodology of engineering design for a plastic straw cutting machine for pillow filling to relieve pressure ulcer by QFD [In Thai]. *EAU Heritage Journal Science and Technology (online)*, 19(2), 208–224. <https://he01.tci-thaijo.org/index.php/EAUHJSci/article/view/275902>
- Dendee, A. (2018). *Computational fluid dynamic simulation for power consumption in nonstandard mixing tank* [In Thai] [Research report]. Faculty of Engineering, Department of Chemical Engineering, Chulalongkorn University. <https://doi.org/10.58837/chula.the.2018.1188>
- Huankhoksung, W., & Yabsungnoen, T. (2025). Forced air design using thermal analysis and CFD simulations of a brushless DC motor for the STC-4 solar car [In Thai]. *Srinakharinwirot University Engineering Journal*, 21(1), 63–76. <https://ph02.tcithaijo.org/index.php/sej/article/view/257760>

- Kantakaew, P., Bundhurat, D., Changrue, V., & Neamsorn, N. (2024). Influence of laminar and turbulent flow on signal response of gas sensors in electronic nose chamber for detecting rancid odor in brown rice (cv. Khao Dawk Mali 105) [In Thai]. *Engineering and Applied Science Research*, 51(2), 224–234. <https://ph01.tci-thaijo.org/index.php/easr/article/view/253704>
- Lahamornchaiyakul, W. (2022a). CFD simulation of airfoil shape blade for mixing in tank for mixing fluid [In Thai]. *Frontiers in Engineering Innovation Research*, 20(1), 1–12. <https://ph01.tci-thaijo.org/index.php/jermutt/article/view/243792>
- Lahamornchaiyakul, W. (2022b). Designing and developing mixed stirring rotors for viscous fluids with knowledge from product design patents using computational fluid dynamics technique [In Thai]. *Engineering and Technology Horizons*, 39(4), 149–165. <https://ph01.tci-thaijo.org/index.php/lej/article/view/248697>
- Masuda, T. (2007). Substituted polyacetylenes. *Journal of Polymer Science Part A: Polymer Chemistry*, 45, 165–180. <https://doi.org/10.1002/pola.21782>
- Osmanbegovic, N., Alopaeus, V., Han, B., Vuorinen, V., & Louhi-Kultanen, M. (2022). Experimental and CFD study on influence of viscosity on layer melt crystallization. *Separation and Purification Technology*, 284, 120170. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2021.120170>
- Phuisaengpan, P., & Soemphol, C. (2023). The operation controlling of agitator using closed-loop control system [In Thai]. *EAU Heritage Journal Science and Technology (online)*, 17(2), 69–81. <https://he01.tci-thaijo.org/index.php/EAUHJSci/article/view/258334>
- Prakotmak, P., & Wangchai, S. (2022). A computer simulation for mixing index analysis of particles in bladed mixers using discrete element method [In Thai]. *Journal of Engineering and Innovation*, 15(2), 147–155. https://ph02.tci-thaijo.org/index.php/eng_ubu/article/view/244179/167351
- Prompton, M., Siri, R., Priyadumkol, J., Suvanjumrat, C., Phirommark, P., & Kaewsawatwong, P. (2022). Analysis of particle flows (PM1, PM5, PM10) in forced ventilation system using CFD technique [In Thai]. *Suranaree Journal of Science and Technology*, 29(6), 030086. <https://ird.sut.ac.th/journal/sjst/#/los/manuscript/25342>
- Thongsong, T., & Sudsomboon, W. (2023). The development of nipa palm sugar stirrer machine with automatic control [In Thai]. *Wichcha Journal Nakhon Si Thammarat Rajabhat University*, 42(1), 50–63. <https://doi.org/10.65217/wichchajinstru.2023.v42i1.255196>
- Xiao, W., Ma, X., Luo, H., Yi, Z., & Yang, S. (2025). Experiment and simulation of the effect of stirrer blade on the purification of p-cresol by tower continuous crystallizer. *Ain Shams Engineering Journal*, 16(1), 103711. <https://doi.org/10.1016/j.asej.2024.103711>
- Youcefi, S., Mokhefi, A., Mohamed, B., & Youcefi, A. (2023). Energy-efficient design optimization of two-bladed agitators in cylindrical tanks. *International Journal of Heat and Technology*, 41(6), 1489–1501. <https://doi.org/10.18280/ijht.410611>





มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย

เลขที่ 200 หมู่ 1 ถ.รังสิต-นครนายก ต.รังสิต อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110

โทรศัพท์ : 0-2577-1028 ต่อ 377, 378 โทรสาร : 0-2577-1053

www.eau.ac.th E-mail: eau_heritage@eau.ac.th

<http://eauheritage.eau.ac.th/>

