

วารสารวิทยาศาสตร์
วิศวกรรมศาสตร์ และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย

JSET
LRU

ปีที่ 5 ฉบับที่ 1 (2025) : มกราคม - มิถุนายน 2568

Journal of Science,
Engineering and Technology
LOEI RAJABHAT UNIVERSITY

ISSN : 2773-9856 (Online)

วัตถุประสงค์

วารสารฯ มีวัตถุประสงค์ เพื่อเป็นสื่อกลางในการเผยแพร่บทความวิจัยคุณภาพสูงด้านวิทยาศาสตร์กายภาพ (Physical Sciences) ในสาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ (Computer Science), วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering), วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม (Environmental Science) และอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง พร้อมทั้งเป็นสื่อประสานและส่งข่าวสารระหว่างเครือข่ายนักวิชาการ

เจ้าของ

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย

คณะกรรมการอำนวยการ

- | | |
|---|--------------------------------------|
| 1. รองศาสตราจารย์สมเจตน์ ดวงพิทักษ์ | อธิการบดีมหาวิทยาลัยราชภัฏเลย |
| 2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุพรรณิ พุกษา | รองอธิการบดีฝ่ายวิจัยและประกันคุณภาพ |
| 3. ดร.สัญญา เกียรติทรงชัย | ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา |
| 4. ผู้ช่วยศาสตราจารย์จารุวัลย์ รักษ์มณี | คณบดีคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี |
| 5. รองศาสตราจารย์ศักดิ์ชัย พวงจันทร์ | คณบดีคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม |

กองบรรณาธิการ

- | | |
|--|-------------------|
| 1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กิตติ ดันเมืองปัก | บรรณาธิการ |
| 2. รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติศักดิ์ แสนประเสริฐ | รองบรรณาธิการ |
| 3. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศุภกัญญา ชันชัยภูมิ | รองบรรณาธิการ |
| 4. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปิยะพงษ์ ชุมศรี | ผู้ช่วยบรรณาธิการ |
| 5. นางสาวนภัสสร วงเปรี๊ยะ | ผู้ช่วยบรรณาธิการ |
| 6. นางสาวพรชนก บุญลับ | ผู้ช่วยบรรณาธิการ |

ผู้ทรงคุณวุฒิประจำกองบรรณาธิการ

- | | |
|---|---------------------------------------|
| 1. ศาสตราจารย์ ดร.พิเชษฐ ลิ้มสุวรรณ | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี |
| 2. ศาสตราจารย์ ดร.สมชาย ปินล่อ | มหาวิทยาลัยขอนแก่น |
| 3. ศาสตราจารย์ ดร.ไพโรจน์ ประมวล | มหาวิทยาลัยมหาสารคาม |
| 4. ศาสตราจารย์ ดร.ธนากร วงศ์วัฒนาเสถียร | มหาวิทยาลัยขอนแก่น |
| 5. ศาสตราจารย์ ดร.บุญเสถียร บุญสูง | มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ |
| 6. ศาสตราจารย์ ดร.ปิยะ โควินท์ทวีวัฒน์ | มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม |
| 7. รองศาสตราจารย์ ดร.จักรมาศ เลาหวณิช | มหาวิทยาลัยมหาสารคาม |
| 8. รองศาสตราจารย์ ดร.โอการ วนิชชาชีวะ | มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร |
| 9. รองศาสตราจารย์ ดร.วาทิ คงบรรทัด | มหาวิทยาลัยแม่โจ้ |
| 10. รองศาสตราจารย์ ดร.ชาติไทย แก้วทอง | มหาวิทยาลัยมหาสารคาม |
| 11. รองศาสตราจารย์ ดร.ต้องจิตร ถิ่นขมนาง | มหาวิทยาลัยมหาสารคาม |
| 12. รองศาสตราจารย์ ดร.พงษ์เดช สารการ | มหาวิทยาลัยขอนแก่น |
| 13. รองศาสตราจารย์ ดร.สิทธิชัย แสงอาทิตย์ | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี |
| 14. รองศาสตราจารย์ ดร.นนทพงษ์ พลพวก | มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม |
| 15. รองศาสตราจารย์ ดร.อลงกรณ์ พรหมที | มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี |
| 16. รองศาสตราจารย์ ดร.นุชสุภา สุนทมาลา | มหาวิทยาลัยมหาสารคาม |

- | | |
|--|-----------------------------------|
| 17. รองศาสตราจารย์ ดร.ไวพจน์ งามสอาด | มหาวิทยาลัยพะเยา |
| 18. รองศาสตราจารย์ ดร.อรรณพ ฤทธิเดช | มหาวิทยาลัยมหาสารคาม |
| 19. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รัตนฐาภัทร บุญเกิด | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน |
| 20. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรรถัย จิตไธสง | มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย |
| 21. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เกษม เนื้อแก้ว | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน |
| 22. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทิพวิมล ชมภูคำ | มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม |
| 23. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิภาพร ชนะมาร | มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร |
| 24. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธวัช อารีราษฎร์ | มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม |
| 25. ดร.จักรกฤษ เตโช | มหาวิทยาลัยแม่โจ้ |
| 26. ดร.รุจิพันธ์ โกษารัตน์ | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา |
| 27. ดร.ภัทรพงศ์ พงศ์ภัทรกานต์ | มหาวิทยาลัยนเรศวร |
| 28. ดร.ทองปักษ์ ดอนประจำ | มหาวิทยาลัยขอนแก่น |

เจ้าหน้าที่ประจำวารสาร

- | | |
|-------------------------------|-------------------------------|
| 1. นางสาวอัญชลีพร เนื่องมัจฉา | เจ้าหน้าที่ประจำกองบรรณาธิการ |
| 2. นางทัศนีย์ บุตรเพ็ง | เจ้าหน้าที่ประจำกองบรรณาธิการ |
| 3. นายชนาธิป สุสงขา | เจ้าหน้าที่ประจำกองบรรณาธิการ |

ข้อมูลวารสาร

ชื่อวารสาร	(ภาษาไทย) วารสารวิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย (ภาษาอังกฤษ) Journal of Science, Engineering and Technology Loei Rajabhat University
หน่วยงานเจ้าของวารสาร	คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย
เลข ISSN	ISSN : 2773-9856 (Online)
บรรณาธิการ	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กิตติ ตันเมืองปัก
สถานที่ติดต่อ	234 คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ตึก 28 มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย ถนนเลย-เชียงคาน อำเภอเมือง ตำบลเมือง จังหวัดเลย 42000 เบอร์โทรศัพท์ 042-835224 ต่อ 8 E-mail: Jsetlru@lru.ac.th
เว็บไซต์ของวารสาร	https://ph02.tci-thaijo.org/index.php/JSET/

กระบวนการพิจารณาบทความ

บทความทุกบทความจะต้องผ่านการพิจารณาโดยผู้ทรงคุณวุฒิที่เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน แบบผู้ทรงคุณวุฒิและผู้แต่งไม่ทราบชื่อกันและกัน (double-blind review)

ประเภทของบทความ

- บทความวิจัย (research article)
- บทความวิชาการ (academic article)
- บทความปริทัศน์ (review article)

ภาษาที่รับตีพิมพ์

ภาษาไทย

กำหนดออกวารสารตีพิมพ์ 2 ฉบับต่อปี

- ฉบับที่ 1 มกราคม – มิถุนายน
- ฉบับที่ 2 กรกฎาคม – ธันวาคม

บทบรรณาธิการ

วารสารวิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย วารสารฉบับนี้เป็นวารสารปีที่ 5 ฉบับที่ 1 (มกราคม – มิถุนายน 2568) ได้จัดทำขึ้นโดย คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ร่วมกับคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย ซึ่งบทความในวารสารเป็นบทความที่ได้รับการประเมินโดยผู้ทรงคุณวุฒิทั้งจากภายในและภายนอก มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย มีวัตถุประสงค์การจัดทำเพื่อเผยแพร่ผลงานทางวิชาการ เป็นสื่อกลางรายงานความก้าวหน้าทางวิจัย และแลกเปลี่ยนแนวความคิดในการวิจัย การตีพิมพ์ฉบับนี้ กองบรรณาธิการได้พิจารณาบทความวิจัยลงตีพิมพ์เผยแพร่ จำนวน 7 บทความ

ในการนี้ กองบรรณาธิการวารสารวิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย ขอเชิญ ชวนนักวิจัย นักวิชาการ นิสิต นักศึกษา เครือข่าย หน่วยงานต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง ส่งบทความที่ดีมีประโยชน์เผยแพร่ต่อ สาธารณชน ในการนำไปใช้ประโยชน์ทั้งทางวิชาการและพัฒนาต่อยอดต่อไปนี้ หากท่านใดประสงค์ที่จะเป็นสมาชิก สามารถสมัครได้ตามระเบียบการตีพิมพ์แนบท้ายวารสารนี้และเว็บไซต์ <https://ph02.tci-thaijo.org/index.php/JSET/>

สารบัญ

บทความวิจัย

การพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันเกมฝึกเขียนเพื่อส่งเสริมการมีส่วนร่วมในนิทรรศการเปิดประตูสู่รั้วมหาวิทยาลัย ราชภัฏบุรีรัมย์: กรณีศึกษาสาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ วรินทร์พิพัชร วชรพงษ์เกษม ธนโชติ พลศรีพิมพ์ และ อธิพิณ สมเสมอ*	1-14
การพัฒนาหุ่นยนต์สนทนาเพื่อสนับสนุนการเรียนการสอนวิศวกรรมแม่เหล็กไฟฟ้า ปิยะพงษ์ แดงขำ	15-25
การออกแบบและสร้างระบบควบคุมความชื้นอัตโนมัติสำหรับสมุนไพรรักษาแผล ณรงค์ศักดิ์ สอนสุภาพ ^{1,2} อธิวัตร อนุชาติ ¹ อาริรัตน์ ดาวงษา ¹ และ ณัฐวุฒิ มาลีลัย*	26-40
ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียด้วยตะกอนจุลินทรีย์ ในระบบเอสปีอาร์ ชอพิยา ฉัตรทอง ¹ อธิณย์ภักดิ์ พิทักษ์พงษ์* และ พชรรัตน์ ตาเป็ง ²	41-51
การออกแบบและพัฒนาระบบขออนุมัติการนำทรัพย์สินเข้า-ออกนอกสถานที่ผ่านโมบายแอปพลิเคชันด้วย ภาษา Dart ร่วมกับ Firebase : กรณีศึกษาของบริษัทฟู้ดดีลี (ประเทศไทย) จำกัด เชาวลิต จันภิรมย์ ^{1*} อรุณรัตน์ ไพโรจน์ทินกร ¹ พัชรีชา กลิ่นทอง ¹ และ รัตนภรณ์ นิลพงษ์ ¹	52-65
ถักคัตแยกขยะต้นแบบอัตโนมัติด้วยวิธี YOLOv8 อัลกอริทึม วรินทร์ นวลทิม ^{1*} ผดุงเกียรติ ยศ ² อมรรัตน์ คำบุญ ¹ และ สายัญ พุทธลา ³	66-83
ระบบฐานข้อมูลอาหารและโภชนาการสำหรับผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวาน นรุตวรรณ อยู่สำราญ ¹ ศรัณยู บุตรโคตร ² สุพรรณิ พฤษชา ¹ และ สุระเดช ไชยดอกเกี่ยม ^{1*}	84-97

การพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันเกมิฟิเคชันเพื่อส่งเสริมการมีส่วนร่วมในนิทรรศการเปิด ประตูสู่รั้วมหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์: กรณีศึกษาสาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ Development of a Gamification-Based Web Application to Promote Engagement in the “Open House” Exhibition: A Case Study of the Information Technology Program at Buriram Rajabhat University

วรินทร์พิพัชร วัชรพงษ์เกษม, ธนโชติ พลศรีพิมพ์ และ อธิธิพล สมเสมอ*

Warinpiphat Watcharapongkasem, Tanachod Pholsripim and Aittiphon Somsamer*

สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ จังหวัดบุรีรัมย์ 31000

Program of Information Technology, Faculty of Science, Buriram Rajabhat University,

Buriram Province, 31000

*Corresponding author E-mail: aittiphon.somsamer@gmail.com

Received 2 March 2025, Accepted 8 May 2025, Published 19 May 2025

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ออกแบบและพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันเกมิฟิเคชันเพื่อส่งเสริมการมีส่วนร่วมในนิทรรศการเปิดประตูสู่รั้วมหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ กรณีศึกษาสาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ และ 2) ศึกษาความพึงพอใจของผู้เข้าร่วมกิจกรรมที่มีต่อการใช้งานเว็บแอปพลิเคชัน กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยได้แก่ ผู้เข้าร่วมกิจกรรมเปิดประตูสู่รั้วมหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ ประจำปีการศึกษา 2568 จำนวน 378 คน โดยใช้วิธีเลือกแบบบังเอิญ (Accidental sampling) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบไปด้วย 1) เว็บแอปพลิเคชันสำหรับบริหารจัดการการเข้าร่วมกิจกรรมที่พัฒนาขึ้น 2) แบบประเมินความพึงพอใจของผู้เข้าร่วมกิจกรรม สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ผลจากการวิจัยพบว่า ระบบสามารถจัดการข้อมูลกิจกรรม ข้อมูลของรางวัลและข้อมูลผู้ใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ช่วยลดความซับซ้อนในการจัดการข้อมูลและเพิ่มประสิทธิภาพในการดำเนินงาน ระบบสามารถจัดเก็บข้อมูลได้อย่างรวดเร็วและถูกต้อง ตอบสนองความต้องการของผู้ใช้ทั้งในด้านการออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้ที่ใช้งานง่ายและความเสถียรของระบบนอกจากนี้ และผลการศึกษาความพึงพอใจของผู้ใช้ต่อการใช้งานเว็บแอปพลิเคชันอยู่ในระดับมาก โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.50 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.66

คำสำคัญ: เว็บแอปพลิเคชัน เกมิฟิเคชัน นิทรรศการเปิดประตูสู่รั้วมหาวิทยาลัย บุรีรัมย์

ABSTRACT

This research aims to (1) design and develop a gamification-based web application to promote engagement in the “Open House” exhibition- a case study of the Information Technology program at Buriram Rajabhat University and (2) evaluate participants' satisfaction with the application. The sample group consisted of 378 participants who attended in the Open House exhibition for the academic year 2025, selected through accidental sampling. The research instruments included (1) a web application developed for managing event participation and (2) a participant satisfaction questionnaire. Data were analyzed using mean ($\bar{x}$) and standard deviation (S.D.). The research findings indicate that the system effectively manages event data, rewards, and user information, thereby reducing the complexity of data management and enhancing operational efficiency. It stores data accurately and rapidly, meeting user requirements in terms of user-friendly interface design and system stability. Furthermore, the user satisfaction survey revealed a high level of satisfaction with the web application, with a mean score of 4.50 and a standard deviation of 0.66.

Keywords: Web application, Gamification, Open House Exhibition of University, Buriram

บทนำ

มหาวิทยาลัยเป็นสถาบันการศึกษาระดับอุดมศึกษาที่มีการเรียนการสอนในระดับต่าง ๆ เพื่อผลิตบัณฑิตที่มีความรู้และทักษะที่จำเป็นในวงการทำงานและชุมชนที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว และในช่วงเวลาไม่กี่ปีที่ผ่านมาหลายมหาวิทยาลัยของไทยพบว่าตนเองกำลังเผชิญกับปัญหาที่จะส่งผลกระทบเป็นอย่างมากเนื่องจากจำนวนนักศึกษาที่ลดลงและนักเรียนที่ไม่เรียนต่อระดับอุดมศึกษา โดยอาจจะเกิดจากหลายปัจจัย เช่น นักเรียนบางคนอาจพบว่ามีโอกาสทำงานทันทีหลังจบการศึกษามัธยมตอนปลาย (กฤษดาพร แซ่เวียน และคณะ, 2567) หรือ นักเรียนอาจไม่ได้รับข้อมูลที่เพียงพอเกี่ยวกับวิธีการสมัครเข้ามหาวิทยาลัยหรือประโยชน์ที่จะได้รับจากการศึกษาต่อ (วิทวัส เหล่ามะลอ, 2562) ซึ่งความท้าทายเหล่านี้ทำให้หลายมหาวิทยาลัยมีความพยายามที่รักษาระดับจำนวนนักศึกษาที่เริ่มน้อยลง หรือจะทำการเพิ่มจำนวนนักศึกษาในแต่ละปี ซึ่งหนึ่งกลยุทธ์ที่สามารถกระตุ้นหรือดึงดูดนักเรียนให้สนใจและสมัครเรียนในมหาวิทยาลัยนั้น ๆ ได้ คือการจัดกิจกรรมเปิดประตูสู่รั้วมหาวิทยาลัย หรือกิจกรรม Open House โดยกิจกรรมนี้จะทำให้นักเรียนที่มาเข้าชมได้มีความเข้าใจในหลักสูตรต่าง ๆ และได้สัมผัสกับชีวิตในรั้วมหาวิทยาลัยนั้น (อนติมานต์ เอ็ดดูเคชั่น, 2568)

มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ก็เป็นอีกหนึ่งในมหาวิทยาลัยที่ประสบปัญหาในเรื่องของจำนวนนักศึกษาที่ลดลงเช่นเดียวกัน และมหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ได้เลือกใช้กลยุทธ์นี้ในการดึงดูดนักเรียนที่กำลังจะจบใหม่เช่นกัน โดยมหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์จะการจัดกิจกรรมเปิดประตูสู่รั้วมหาวิทยาลัย ที่ได้นำเสนอข้อมูลในภาพรวมของมหาวิทยาลัยและจัดนิทรรศการของแต่ละหลักสูตรที่มหาวิทยาลัย จำนวน 3-4 วัน (มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์, 2567) เพื่อรองรับจำนวนนักเรียนที่อยู่ในเขตพื้นที่จังหวัดบุรีรัมย์และจังหวัดใกล้เคียง ซึ่งการจัดนิทรรศการของแต่ละหลักสูตรนั้น ทางมหาวิทยาลัยได้ให้แต่ละหลักสูตรเป็นผู้รับผิดชอบในการนำเสนอข้อมูลต่าง ๆ ให้นักเรียนที่จะเข้ามาชมนิทรรศการ ดังนั้นแต่ละหลักสูตรก็ต้องหากกลยุทธ์ที่สามารถดึงดูดนักเรียนให้ได้เข้ามาชมและรับรู้ข้อมูลข่าวสารของหลักสูตรนั้น ๆ

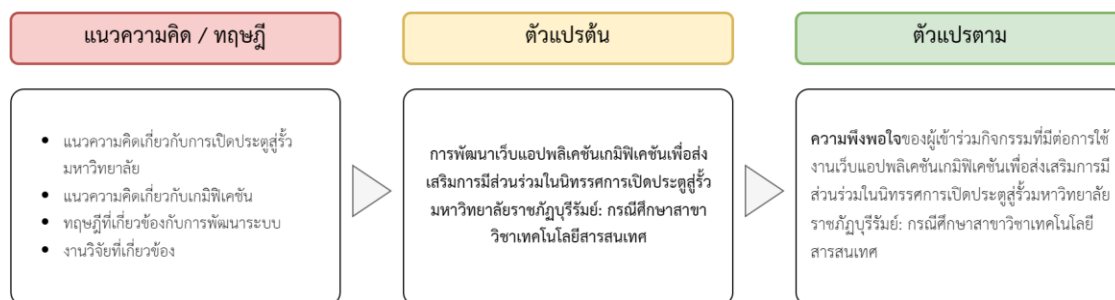
โดยหลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ เป็นอีกหนึ่งหลักสูตรหนึ่งที่ผลิตบัณฑิตทางด้านคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ ที่มีความต้องการในตลาดแรงงานระดับสูงเป็นจำนวนมาก (ภครัช เพลิดพริ้ง และอังสนา ผ่อนสุข, 2566) แต่นักเรียนส่วนใหญ่ไม่ทราบข้อมูลรวมทั้งมีความเข้าใจผิดในเรื่องชื่อสาขาวิชาว่าไม่เกี่ยวข้องกับคอมพิวเตอร์ จำนวนนักเรียนที่สนใจในหลักสูตรจึงลดลง ทำให้ทางหลักสูตรจำเป็นต้องหากกลยุทธ์ให้นักเรียนที่สนใจเข้ามาทราบถึงข้อมูลและสร้างความเข้าใจในหลักสูตร (ทองปาน ปรีวัตร และพลวัชร จันทรมงคล, 2565)

ทางสาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ ได้นำรูปแบบเกมฟิเคชันมาช่วยสร้างความน่าสนใจเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนมีส่วนร่วมกับกิจกรรมที่หลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ และยังช่วยเพิ่มแรงจูงใจในการรับผิดชอบหน้าที่ของนักศึกษาในการปฏิบัติงาน โดยใช้กลยุทธ์เกมฟิเคชัน Marketing (นันทมนต์ กู้ตลาด, 2565) ที่เป็นอีกรูปแบบหนึ่งที่สามารถเพิ่มความน่าสนใจให้กิจกรรมได้เป็นอย่างดี เนื่องจากกลยุทธ์เกมฟิเคชัน Marketing เป็นการนำหลักการทางจิตวิทยาของพาฟลอฟ (Pavlov) (พระศรีญาณวงศ์ ปณิตเสวี และคณะ, 2564) ที่ใช้สิ่งเร้าในการกระตุ้นให้กลุ่มเป้าหมายทำตามที่ต้องการ โดยให้รางวัลหรือลงโทษ จึงเกิดแรงขับเคลื่อนทางอารมณ์ที่อยากจะเอาชนะ การใช้กลยุทธ์นี้จึงทำควบคู่ไปกับการให้ของรางวัลเพื่อกระตุ้นให้คนอยากมีส่วนร่วมในกิจกรรมยิ่งขึ้น สามารถสร้างประสบการณ์ที่น่าตื่นตาตื่นใจให้กับนักเรียนที่เข้าร่วมกิจกรรม (สิริรัตน มุ่งคุณโคตร และคณะ, 2566) นอกจากนี้ยังสามารถนำเสนอข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับหลักสูตร สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อเสริมสร้างความเข้าใจต่อหลักสูตรนี้ให้แก่ผู้เข้าร่วมกิจกรรม และยังสามารถนำไปกับกิจกรรมที่ทางสาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศนำเสนออีกด้วย

จากความสำคัญและปัญหาที่กล่าวมานั้น คณะผู้วิจัยมีความสนใจที่จะการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันเกมฟิเคชันเพื่อส่งเสริมการมีส่วนร่วมในนิทรรศการเปิดประตูสู่รั้วมหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ กรณีศึกษาสาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ โดยระบบนี้จะประยุกต์กับแนวทางของเกมฟิเคชัน ในการกระตุ้นความสนใจต่อกิจกรรม โดยกิจกรรมนั้นจะให้นักเรียนที่เข้าร่วมกิจกรรมมาสแกน QR Code จากนักศึกษาประจำจุดในบูธเพื่อเข้าร่วมกิจกรรมและกิจกรรมต่าง ๆ จะมีคะแนนให้เพื่อนำคะแนนที่ได้รับนั้นมาสะสมรางวัลที่มีในกิจกรรม และนักศึกษาประจำในจุดบูธยังสามารถเข้าร่วมกิจกรรมได้โดยการนำ QR Code ไปให้ผู้เข้าร่วมสแกน เพื่อรับคะแนนมาแลกรางวัลที่มีในกิจกรรม เพื่อที่จะช่วยให้นักเรียนที่เข้าร่วมกิจกรรมมีประสบการณ์ที่น่าตื่นตาตื่นใจในการเข้าร่วมและทำให้ผู้เข้าร่วมทราบถึงข้อมูลของหลักสูตรนี้มากขึ้น

วิธีการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้คณะผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสาร แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันเกมฟิเคชันเพื่อส่งเสริมการมีส่วนร่วมในนิทรรศการเปิดประตูสู่รั้วมหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ กรณีศึกษาสาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ จากนั้นแล้วทำการหาความพึงพอใจของผู้ใช้ โดยกำหนดกรอบแนวคิดในการวิจัยดังภาพที่ 1 ดังนี้



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

จากภาพที่ 1 การพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันเกมฟิเคชันเพื่อส่งเสริมการมีส่วนร่วมในนิทรรศการเปิดประตูสู่รั้วมหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ กรณีศึกษาสาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะผู้วิจัยได้ใช้หลักการพัฒนามงจรรพัฒนาระบบ (System Development Life Cycle : SDLC) โดยประกอบไปด้วยขั้นตอน 1) การศึกษาและการกำหนดปัญหา 2) การวิเคราะห์ระบบ 3) การออกแบบระบบ 4) การพัฒนาระบบ 5) การติดตั้งและทดสอบระบบ และ 6) การประเมินผลระบบ (เกียรติพงษ์ อุดมธนะธีระ, 2562) ในการพัฒนาระบบครั้งนี้ คณะผู้วิจัยได้ใช้เครื่องมือ Laravel Framework ในการพัฒนาระบบ หลังจากนั้นนำระบบไปใช้งานและศึกษาหาความพึงพอใจของผู้ใช้ที่มีต่อเว็บแอปพลิเคชัน โดยมีรายละเอียดเป็นประเด็นสำคัญดังนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1.1 ประชากร คือ นักเรียน นักศึกษา และผู้สนใจที่เข้าร่วมชมนิทรรศการเปิดประตูสู่รั้วมหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศหรือกิจกรรมที่เกี่ยวข้องประจำปีการศึกษา 2568 จำนวน 6,742 คน จากข้อมูลของทางโรงเรียนแต่ละพื้นที่โดยรอบของจังหวัดและมหาวิทยาลัย ได้ส่งจำนวนยอดนักเรียนที่จะเข้ามาดูนิทรรศการเปิดประตูสู่รั้วมหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์

1.2 กลุ่มตัวอย่าง คือ ผู้เข้าร่วมกิจกรรมที่ใช้เว็บแอปพลิเคชันจำนวน 378 คน จากผู้ที่ตอบแบบสอบถามประเมินความพึงพอใจที่สมบูรณ์ คัดเลือกโดยใช้วิธีแบบบังเอิญ (Accidental sampling) โดยใช้สูตรการหาขนาดกลุ่มตัวอย่างของ Taro Yamane's ในระดับค่าความคลาดเคลื่อนที่สามารถยอมรับได้อยู่ที่ 0.05

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

2.1 เว็บแอปพลิเคชันเกมฟิเคชันเพื่อส่งเสริมการมีส่วนร่วมในนิทรรศการเปิดประตูสู่รั้วมหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ กรณีศึกษาสาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ

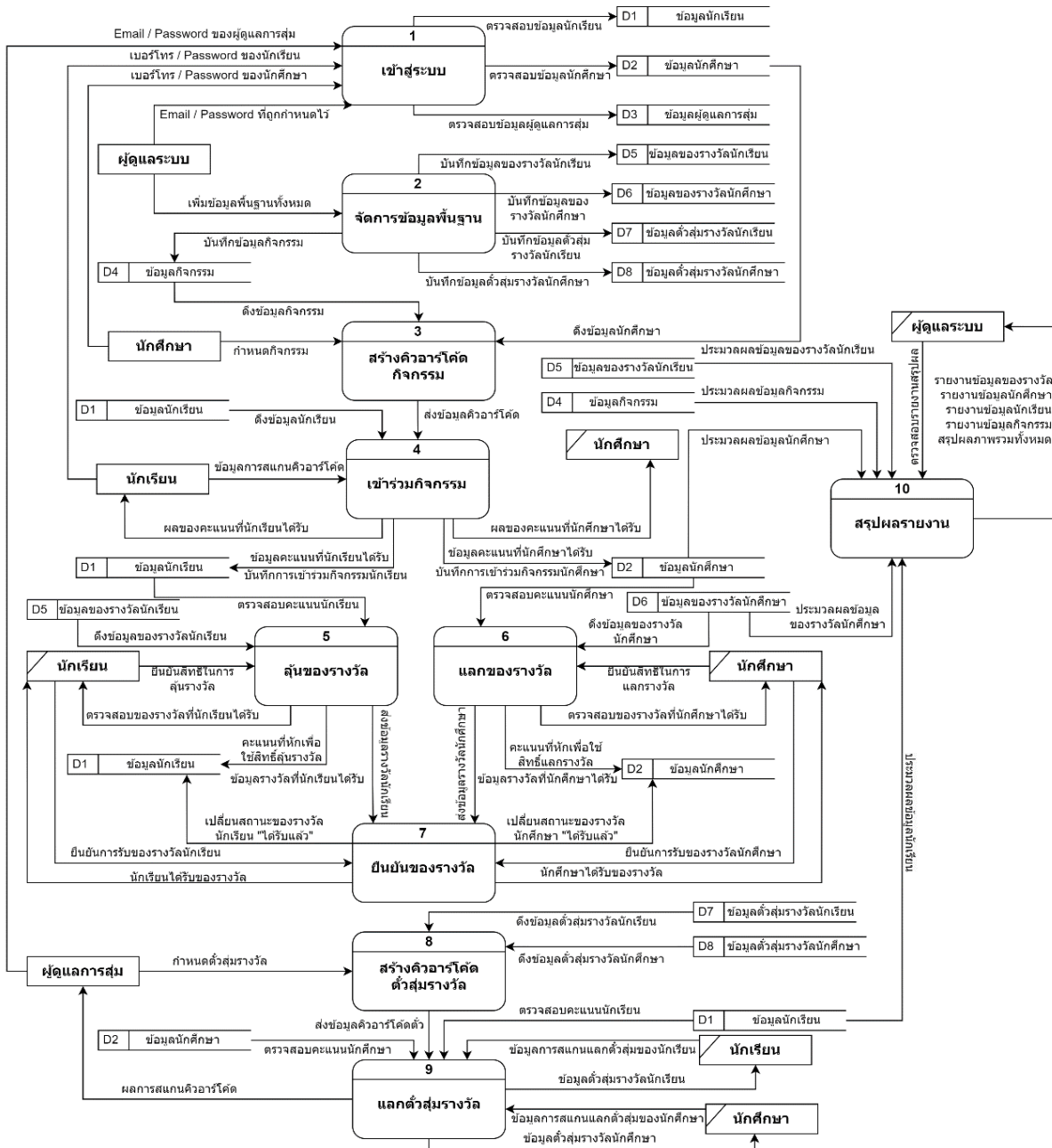
2.2 แบบประเมินความพึงพอใจของผู้เข้าร่วมกิจกรรมที่มีต่อเว็บแอปพลิเคชันเกมฟิเคชันเพื่อส่งเสริมการมีส่วนร่วมในนิทรรศการเปิดประตูสู่รั้วมหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ กรณีศึกษาสาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ

3. ขั้นตอนการพัฒนาระบบ

ในส่วนของการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันเกมฟิเคชันเพื่อส่งเสริมการมีส่วนร่วมในนิทรรศการเปิดประตูสู่รั้วมหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ กรณีศึกษาสาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะผู้วิจัยได้ดำเนินการตามหลักของ วงจรการพัฒนา ระบบ (System Development Life Cycle : SDLC) โดยมีรายละเอียดดังนี้

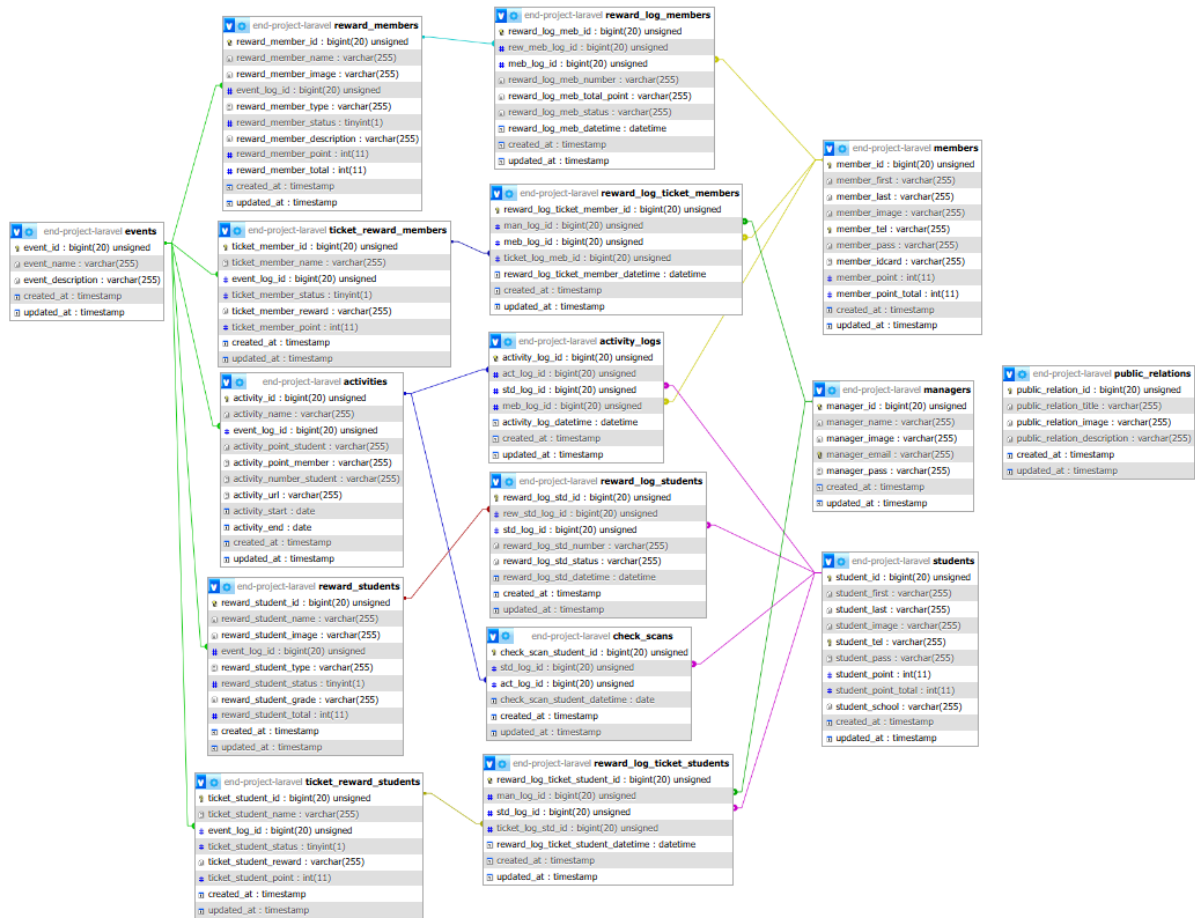
ขั้นตอนที่ 1 การศึกษาและการกำหนดปัญหา จากการผลสำรวจในการเข้าร่วมกิจกรรมของนักเรียน และการสอบถามนักศึกษาที่ประจำจุดในบูธนิทรรศการเปิดประตูสู่รั้วมหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะผู้วิจัยจึงได้ทราบถึงปัญหาในการกระตุ้นความสนใจของนักเรียนที่เข้าร่วมนิทรรศการ เช่น นักเรียนไม่ทราบถึงข้อมูลที่แน่ชัดของหลักสูตร ไม่มีกิจกรรมหรือรางวัลที่ช่วยเพิ่มแรงจูงใจในการเข้าร่วมกิจกรรม ขาดเทคโนโลยีในการตอบโต้ข้อสงสัย ไม่มีกิจกรรมที่เพิ่มแรงจูงใจให้นักศึกษาในการรับผิดชอบหน้าที่ของตนเอง เป็นต้น การทำงานเดิม คือ เมื่อมีการจัดนิทรรศการเปิดประตูสู่รั้วมหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์คณะสาขาต่าง ๆ จะทำการนำเสนอหลักสูตรของแต่ละหลักสูตรนั้น ๆ เพื่อกระตุ้นความสนใจแก่นักเรียน และการทำงานเดิมของหลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ เป็นการนำเสนอเพียงแค่หลักสูตรอย่างเดียว โดยไม่มีการกระตุ้นความสนใจของนักเรียนที่เข้าร่วมนิทรรศการ

ขั้นตอนที่ 2 การวิเคราะห์ระบบ จากขั้นตอนการศึกษาและกำหนดปัญหา คณะผู้วิจัยจึงได้ใช้แนวคิด รูปแบบของ เกมฟิเคชันเพื่อนำมาช่วยกระตุ้นการมีส่วนร่วมกิจกรรมในนิทรรศการ ซึ่งจะแบ่งออกเป็น 3 ส่วนในการทำงาน ได้แก่ 1) สแกน QR Code เพื่อสะสมคะแนน 2) ลุ้นรับและแลกของรางวัล และ 3) ตัวสุมของรางวัลพิเศษ หลังจากนั้นคณะผู้วิจัยได้สร้างแผนภาพกระแสข้อมูล (Data Flow Diagram: DFD) ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 แผนภาพกระแสข้อมูล (Data Flow Diagram: DFD) ของระบบ

ขั้นตอนที่ 3 การออกแบบระบบ เมื่อได้ทำการวิเคราะห์ระบบและจัดทำแผนภาพกระแสข้อมูลแล้ว คณะผู้วิจัยจึงได้ออกแบบแผนภาพ ER Diagram เพื่อเป็นแนวทางสำหรับการกำหนดการไหลของข้อมูลภายในระบบหรือกระบวนการแสดงวิธีการป้อนข้อมูล ประมวลผล และส่งออกข้อมูลในระบบ ดังภาพที่ 3 จากนั้นจัดทำโครงสร้างข้อมูลของระบบ (Data Dictionary) เพื่อแสดงรายละเอียดต่าง ๆ ในฐานข้อมูล หรือ Database เมื่อใดก็ตามที่จำเป็นต้องใช้ข้อมูล จะใช้เวลาในการทำความเข้าใจระบบได้รวดเร็วยิ่งขึ้นโดยโครงสร้างข้อมูลของระบบ



ภาพที่ 3 แผนภาพ ER Diagram ของระบบ

ขั้นตอนที่ 4 การพัฒนาระบบ ในการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันนั้น คณะผู้วิจัยดำเนินการโดยใช้ Laravel Framework ซึ่งเป็นเครื่องมือพัฒนาเว็บที่มีความยืดหยุ่นและประสิทธิภาพสูง ในการจัดการฐานข้อมูลได้เลือกใช้ MySQL ซึ่งเป็นระบบจัดการฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ (RDBMS) เพื่อรองรับการเก็บและประมวลผลข้อมูลอย่างเป็นระบบ โดยเว็บแอปพลิเคชันที่พัฒนา มีการแบ่งส่วนการทำงานออกเป็น 4 ส่วนหลัก ๆ ได้แก่ 1) ระบบหน้าเว็บของนักเรียน 2) ระบบหน้าเว็บของนักศึกษา 3) ระบบหน้าเว็บของผู้ดูแลการสุม และ 4) ระบบหลังบ้าน

ขั้นตอนที่ 5 การติดตั้งและทดสอบระบบ ในขั้นตอนนี้ทำการติดตั้งระบบและมีการทดสอบระบบ 3 ระยะ ประกอบไปด้วย 1) ทดสอบระบบแบบ In-house testing ก่อนติดตั้งและใช้งานจริง 2) ทดสอบระบบแบบ Closed Beta สุ่มตัวอย่างมาจำนวน 50 คน ในทดสอบการทำงานของระบบ เพื่อนำไปปรับปรุงการทำงานของระบบ และ 3) ทดสอบระบบแบบ Open Beta เชิญชวนผู้ที่สนใจไม่จำกัดจำนวนได้เข้ามาทดลองใช้งานเพื่อหาข้อผิดพลาดต่าง ๆ และประเมินผลความพึงพอใจของผู้ใช้งานเพื่อนำมาปรับปรุงให้สามารถเปิดให้บริการได้อย่างเต็มรูปแบบ

ขั้นตอนที่ 6 การประเมินผลระบบ ในการประเมินผลการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชัน บริหารจัดการการเข้าร่วมนิทรรศการเปิดประตูสู่รั้วมหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ ผู้พัฒนาได้ทำการติดตามและประเมินผลความพึงพอใจของผู้ใช้ และได้มีการเก็บรวบรวมข้อมูลจากการตอบแบบประเมินความพึงพอใจของผู้ทดลองใช้งานของเว็บแอปพลิเคชัน สุดท้ายนำข้อมูลที่ได้วิเคราะห์เพื่อหาความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบ

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

คณะผู้วิจัยเลือกการประเมินความพึงพอใจโดยใช้แบบสอบถามแบบมาตราส่วนประเมินค่า (Rating Scale) 5 ระดับ ใช้เกณฑ์ค่าเฉลี่ยของคะแนนจากแบบประเมินความพึงพอใจ (บุญชม ศรีสะอาด, 2556) จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์หาค่าสถิติ คือ ค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)

คะแนนเฉลี่ย 4.51 – 5.00 หมายถึง ระบบมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด

คะแนนเฉลี่ย 3.51 – 4.50 หมายถึง ระบบมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก

คะแนนเฉลี่ย 2.51 – 3.50 หมายถึง ระบบมีความพึงพอใจอยู่ในระดับปานกลาง

คะแนนเฉลี่ย 1.51 – 2.50 หมายถึง ระบบมีความพึงพอใจอยู่ในระดับน้อย

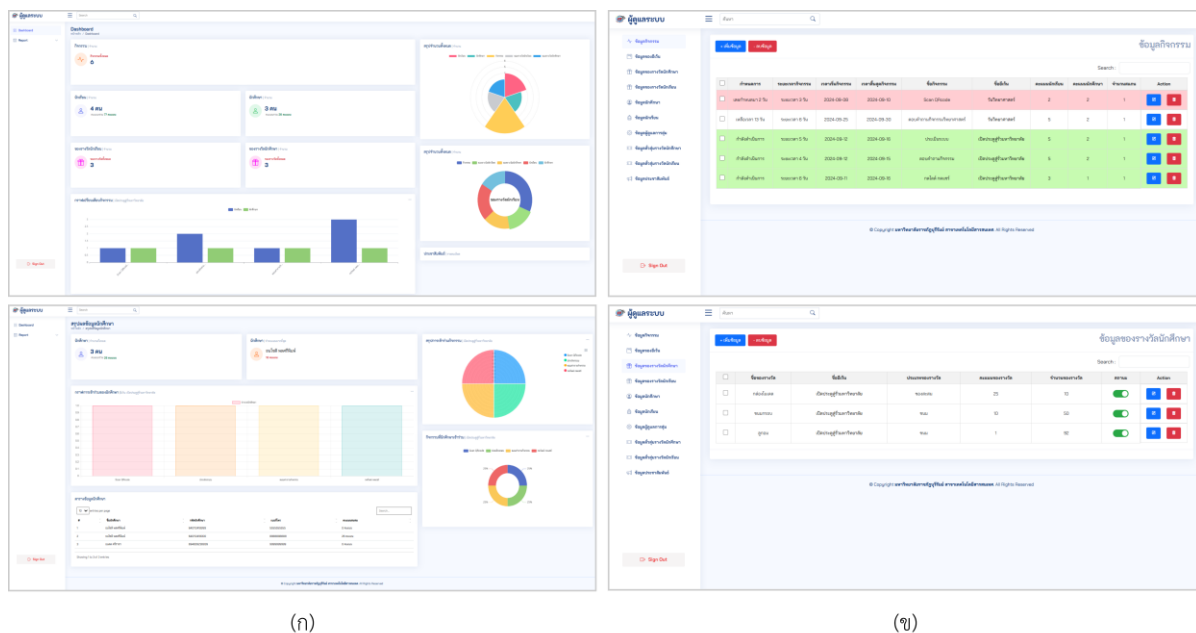
คะแนนเฉลี่ย 1.00 – 1.50 หมายถึง ระบบมีความพึงพอใจอยู่ในระดับน้อยที่สุด

ผลการวิจัย และวิจารณ์ผลการวิจัย

ในเว็บแอปพลิเคชันเกมพีเคชันเพื่อส่งเสริมการมีส่วนร่วมในนิทรรศการเปิดประตูสู่ร่วมมหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ วิทยาลัยสาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ มีผลการวิจัยโดยแบ่งออกเป็นตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย คือ 1) ออกแบบและพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันสำหรับบริหารจัดการการเข้าร่วมกิจกรรมในนิทรรศการ และ 2) ศึกษาความพึงพอใจของผู้เข้าร่วมกิจกรรมที่มีต่อการใช้งานเว็บแอปพลิเคชัน โดยมีรายละเอียดของผลการวิจัย และการวิจารณ์ผลการวิจัยดังนี้

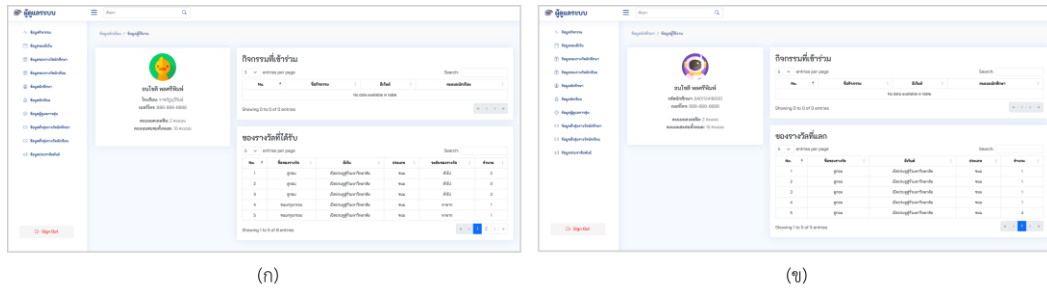
1. ผลการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันเกมพีเคชันเพื่อส่งเสริมการมีส่วนร่วมในนิทรรศการเปิดประตูสู่ร่วมมหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ วิทยาลัยสาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ

1.1 หน้าการทำงานในส่วนของผู้ดูแลระบบ ประกอบไปด้วย 2 ส่วนหลัก คือ 1) หน้าสรุปผลข้อมูลต่าง ๆ เช่น ข้อมูลกิจกรรม ข้อมูลนักเรียน ข้อมูลผู้เข้าร่วมกิจกรรม ข้อมูลของรางวัลต่าง ๆ และ 2) หน้าการจัดการข้อมูลของผู้ดูแลระบบ สามารถเพิ่ม ลบ แก้ไขข้อมูลได้ ดังภาพที่ 4 และภาพที่ 5



ภาพที่ 4 หน้าการทำงานในส่วนของผู้ดูแลระบบ

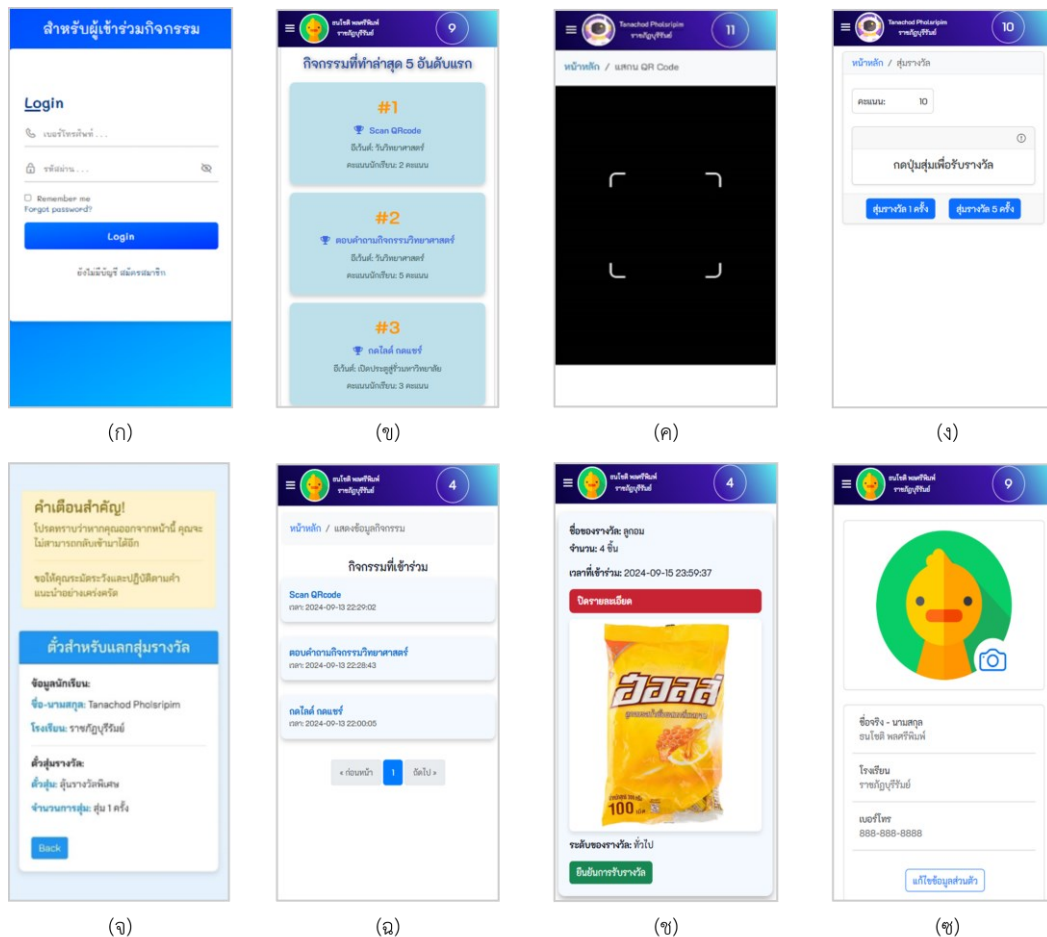
(ก) หน้าสรุปผลข้อมูลต่าง ๆ ของผู้ดูแลระบบ (ข) หน้าการจัดการข้อมูลของผู้ดูแลระบบ



ภาพที่ 5 หน้าการแสดงผลข้อมูลต่าง ๆ ในส่วนของผู้ดูแลระบบ

(ก) หน้าการแสดงผลข้อมูลของกิจกรรมของนักเรียน (ข) หน้าการแสดงผลข้อมูลของกิจกรรมของนักศึกษา

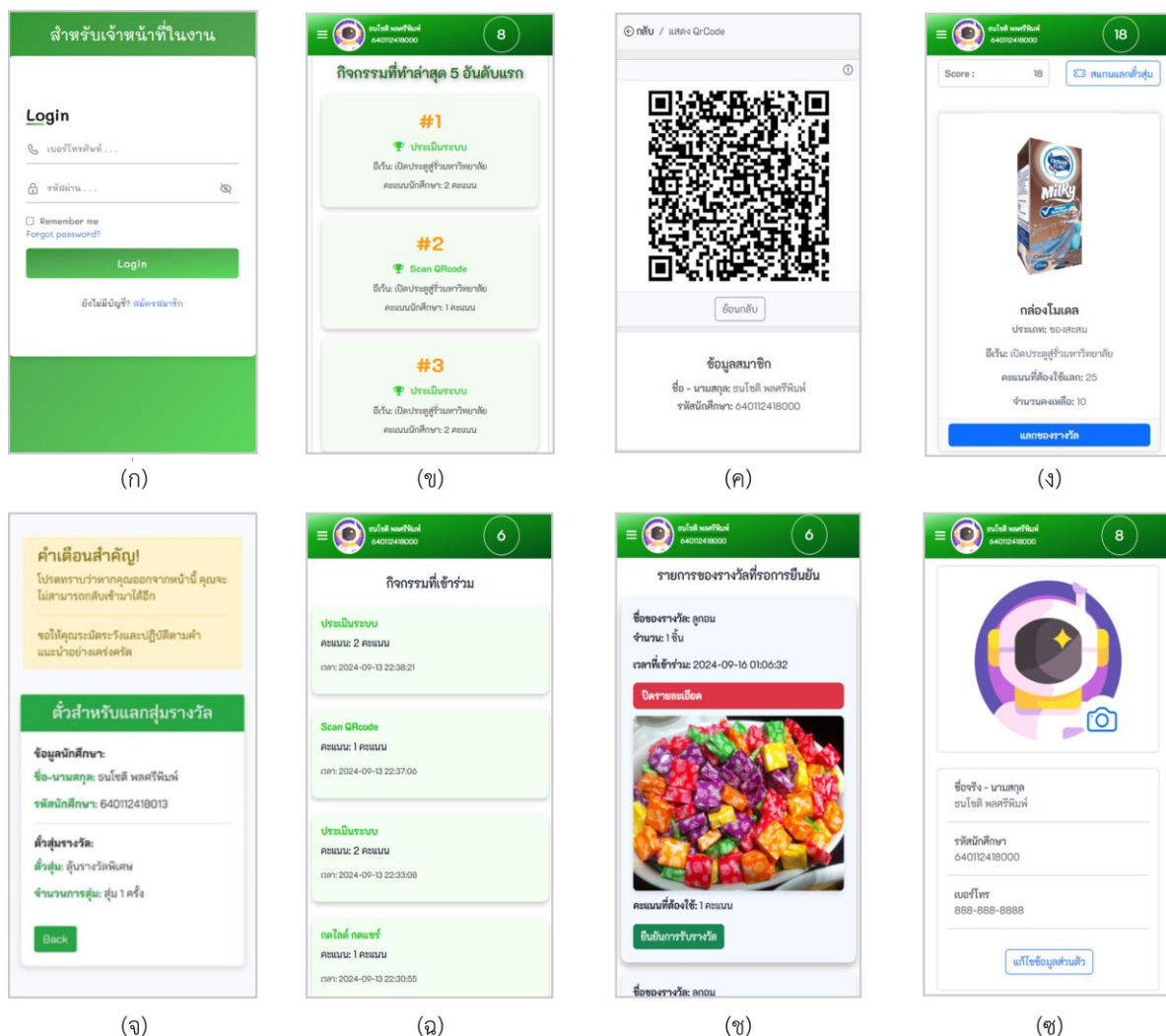
1.2 หน้าการทำงานในส่วนของนักเรียน ประกอบไปด้วย 8 ส่วนหลัก คือ 1) หน้าเข้าสู่ระบบของนักเรียน 2) หน้าหลักของนักเรียน 3) หน้าเข้าร่วมกิจกรรม (สแกนคิวอาร์โค้ด) 4) หน้าส่มของรางวัล 5) หน้าแสดงตัวส่มรางวัลของนักเรียน 6) หน้ารายงานการเข้าร่วมกิจกรรม 7) หน้ารายงานของรางวัลที่ได้รับ และ 8) หน้าแสดงโปรไฟล์นักเรียน ดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 หน้าการทำงานในส่วนของนักเรียน

(ก) หน้าเข้าสู่ระบบของนักเรียน (ข) หน้าหลักของนักเรียน (ค) หน้าเข้าร่วมกิจกรรม (สแกนคิวอาร์โค้ด) (ง) หน้าส่มของรางวัล (จ) หน้าแสดงตัวส่มรางวัลของนักเรียน (ฉ) หน้ารายงานการเข้าร่วมกิจกรรม (ช) หน้ารายงานของรางวัลที่ได้รับ (ซ) หน้าแสดงโปรไฟล์นักเรียน

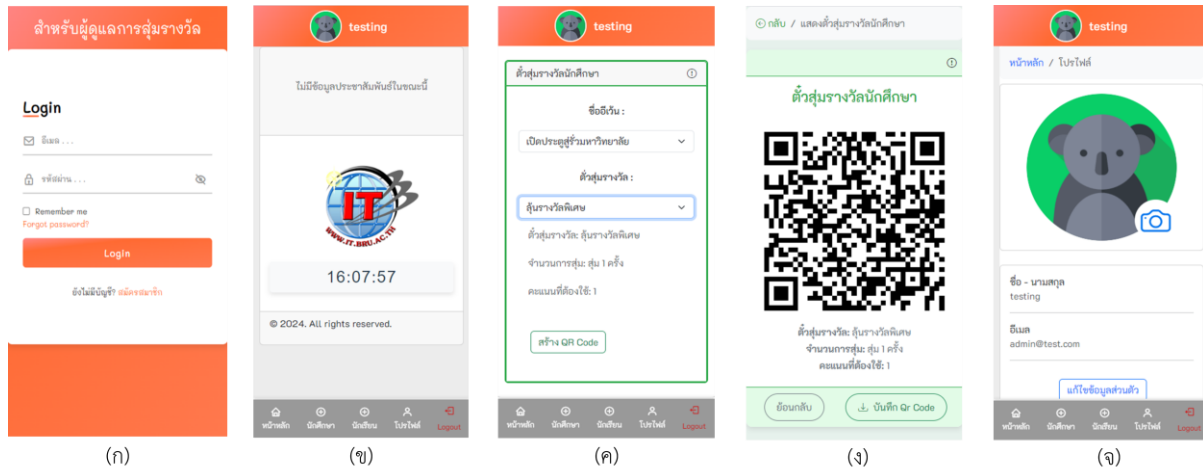
1.3 หน้าการทำงานในส่วนของนักศึกษา ประกอบไปด้วย 8 ส่วนหลัก คือ 1) หน้าเข้าสู่ระบบของนักศึกษา 2) หน้าหลักของนักศึกษา 3) หน้าแสดงคิวอาร์โค้ดกิจกรรม 4) หน้าแลกของรางวัล 5) หน้าแสดงตัวผู้ร่วมรางวัลของนักศึกษา 6) หน้ารายงานการเข้าร่วมกิจกรรม 7) หน้ารายงานของรางวัลที่ได้รับ และ 8) หน้าแสดงโปรไฟล์นักศึกษา ดังภาพที่ 7



ภาพที่ 7 หน้าการทำงานในส่วนของนักศึกษา

(ก) หน้าเข้าสู่ระบบของนักศึกษา (ข) หน้าหลักของนักศึกษา (ค) หน้าแสดงคิวอาร์โค้ดกิจกรรม
(ง) หน้าแลกของรางวัล (จ) หน้าแสดงตัวผู้ร่วมรางวัลของนักศึกษา (ฉ) หน้ารายงานการเข้าร่วมกิจกรรม
(ช) หน้ารายงานของรางวัลที่ได้รับ (ซ) หน้าแสดงโปรไฟล์นักศึกษา

1.4 หน้าการทำงานในส่วนของผู้ดูแลการสุ่ม ประกอบไปด้วย 5 ส่วนหลัก คือ 1) หน้าเข้าสู่ระบบของผู้ดูแลการสุ่ม 2) หน้าหลักของผู้ดูแลการสุ่ม 3) หน้าสร้างคิวอาร์โค้ดสำหรับตัวสุ่มรางวัลของนักศึกษา 4) หน้าแสดงคิวอาร์โค้ดตัวสุ่มรางวัลของนักศึกษา และ 5) หน้าแสดงโปรไฟล์ผู้ดูแลการสุ่ม ดังภาพที่ 8



ภาพที่ 8 หน้าการทำงานในส่วนของผู้ดูแลการสุ่ม

(ก) หน้าเข้าสู่ระบบของผู้ดูแลการสุ่ม (ข) หน้าหลักของผู้ดูแลการสุ่ม (ค) หน้าสร้างคิวอาร์โค้ดสำหรับตัวสุ่มรางวัลของนักศึกษา (ง) หน้าแสดงคิวอาร์โค้ดตัวสุ่มรางวัลของนักศึกษา (จ) หน้าแสดงโปรไฟล์ผู้ดูแลการสุ่ม

2. ผลจากการประเมินความพึงพอใจของผู้เข้าร่วมกิจกรรม

คณะผู้วิจัยได้ทำการประเมินผลระบบด้วยแบบสอบถามความคิดเห็นเกี่ยวกับความพึงพอใจในการใช้งานระบบโดยผู้เข้าร่วมกิจกรรม 378 คน ซึ่งทดลองใช้ระบบ จากนั้นทำการประเมินผลระบบโดยใช้แบบสอบถาม ซึ่งการประเมินความคิดเห็นเกี่ยวกับความพึงพอใจในการใช้งาน เว็บแอปพลิเคชันเกมพีเคชั่นเพื่อส่งเสริมการมีส่วนร่วมในนิทรรศการเปิดประตูสู่รั้วมหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ กรณีศึกษาสาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ ด้วยค่าคะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และค่าระดับความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่าง ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สรุปผลความพึงพอใจในการใช้งานระบบ

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น		
	$\bar{x}$	S.D.	ระดับ
องค์ประกอบเกมพีเคชั่น (Gamification)			
1) ความน่าสนใจและดึงดูดใจของเกม	4.46	0.64	มาก
2) การออกแบบระบบรางวัล	4.63	0.53	มากที่สุด
3) ความเข้าใจง่ายของระบบ	4.54	0.57	มากที่สุด
4) ความหลากหลายของกิจกรรม	4.43	0.66	มาก
5) การสื่อสารและการนำเสนอ	4.30	0.75	มาก
5) การสื่อสารและการนำเสนอ	4.42	0.71	มาก
ฟังก์ชันการทำงานของระบบ			
1) ความราบรื่นในการใช้งาน	4.52	0.65	มากที่สุด
2) ความเสถียรของระบบ	4.59	0.66	มากที่สุด
3) ความแม่นยำของระบบ	4.49	0.63	มาก
4) ความปลอดภัยของระบบ	4.51	0.61	มากที่สุด
4) ความปลอดภัยของระบบ	4.47	0.71	มาก

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น		
	$\bar{X}$	S.D.	ระดับ
ประสิทธิภาพในการใช้งาน	4.54	0.67	มากที่สุด
1) ความสะดวกในการใช้ระบบ	4.72	0.49	มากที่สุด
2) ประสิทธิภาพการใช้งาน	4.49	0.77	มาก
3) เวลาในการใช้งาน	4.40	0.74	มาก
โดยรวมทั้งหมด	4.50	0.66	มาก

จากตารางที่ 1 ผลการประเมินที่ได้จากแบบสอบถามความพึงพอใจของผู้เข้าร่วมกิจกรรมที่มีต่อเว็บแอปพลิเคชันเกมมิฟิเคชันเพื่อส่งเสริมการมีส่วนร่วมในนิทรรศการเปิดประตูสู่รั้วมหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ กรณีศึกษาสาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศพบว่า ความพึงพอใจโดยรวมที่มีต่อระบบมีผลการประเมินอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.50$, S.D. = 0.66) ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงความพึงพอใจในระดับมากจากผู้เข้าร่วมกิจกรรม ในการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันในครั้งนี้ จากผลประเมินและศึกษาความพึงพอใจคณะผู้วิจัยของแบบการวิจารณ์ผลการวิจัยออกเป็น 3 ด้าน ได้แก่ ด้านขององค์ประกอบเกมมิฟิเคชัน (Gamification) ด้านฟังก์ชันการทำงานของระบบ และด้านประสิทธิภาพในการใช้งาน โดยมีรายละเอียดดังนี้

ผลจากการประเมินความพึงพอใจในด้านขององค์ประกอบเกมมิฟิเคชัน (Gamification) ที่มีต่อเว็บแอปพลิเคชันบริหารจัดการที่พัฒนาขึ้นนั้น โดยรายการการประเมินที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุดที่สุด คือ ความน่าสนใจและดึงดูดใจของเกม รองลงมา คือ การออกแบบระบบรางวัล แสดงให้เห็นว่า การใช้กลไกเกมมิฟิเคชันในระบบมีผลต่อแรงจูงใจและความสนใจของผู้เข้าร่วมกิจกรรมโดยมีรางวัลเป็นแรงจูงใจซึ่งเป็นหนึ่งในองค์ประกอบที่ช่วยกระตุ้นการมีส่วนร่วมของผู้ใช้ให้เกิดความท้าทายและความสนุกสนานในการใช้งานแอปพลิเคชัน เหตุที่เป็นเช่นนี้ เนื่องจากเกมมิฟิเคชันสามารถกระตุ้นพฤติกรรมการมีส่วนร่วมผ่านหลักการของจิตวิทยาของพาฟลอฟ (Pavlov) ที่ใช้สิ่งเร้าในการกระตุ้น อันส่งผลให้ผู้เข้าร่วมกิจกรรมรู้สึกพึงพอใจและต้องการเข้าร่วมกิจกรรม ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของสภาพร จะนู และคณะ (2565) ที่ได้ทำการวิจัยเรื่อง การพัฒนารูปแบบการเรียนออนไลน์แบบสร้างความสัมพันธ์ตามแนวคิดเกมมิฟิเคชันเพื่อเสริมสร้างแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์และทักษะการทำงานเป็นทีมในการเขียนโปรแกรมของนักศึกษาระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยราชภัฏ ผลจากการวิจัยพบว่า การใช้เกมมิฟิเคชันในการเรียนออนไลน์ช่วยเพิ่มแรงจูงใจในการเรียนรู้ ทำให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมกับเนื้อหาและรู้สึกสนุกมากขึ้น และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Swacha and Kulpa (2025) ที่ได้ทำการวิจัยเรื่อง Gamitest: A Game-like Online Student Assessment System ผลจากการวิจัยพบว่า เกมมิฟิเคชันที่ออกแบบอย่างมีความหมายมีผลต่อการเรียนรู้และการมีส่วนร่วมของผู้ใช้มากกว่าการใช้เกมมิฟิเคชันแบบธรรมดา ที่เน้นเพียงการสะสมแต้มและรางวัล เพราะการออกแบบองค์ประกอบเกมต้องสอดคล้องกับพฤติกรรมของผู้ใช้และเป้าหมายของระบบ ซึ่งจากการพัฒนาระบบเว็บแอปพลิเคชันบริหารจัดการการเข้าร่วมนิทรรศการนั้น ต้องมีการศึกษาและทำความเข้าใจถึงปัญหาว่า จะทำอย่างไร ใช้เทคโนโลยีใด ที่สามารถนำกลยุทธ์เหล่านี้มาใช้งานในการสร้างแรงจูงใจได้

ผลจากการประเมินความพึงพอใจในด้านฟังก์ชันการทำงานของระบบ ที่มีต่อเว็บแอปพลิเคชันบริหารจัดการที่พัฒนาขึ้นนั้น โดยรายการการประเมินที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุดที่สุด คือ ความราบรื่นในการใช้งาน รองลงมา คือ ความแม่นยำของระบบ แสดงให้เห็นว่า ระบบมีฟังก์ชันหลักที่ช่วยอำนวยความสะดวกแก่ผู้ใช้ เช่น การลงทะเบียน การสแกนคิวอาร์โค้ด และการแสดงผลการเข้าร่วม สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพซึ่งช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการบริหารจัดการข้อมูลผู้เข้าร่วมงานนิทรรศการ เหตุที่เป็นเช่นนี้ เนื่องจากการออกแบบฟังก์ชันที่เอื้ออำนวยให้กับผู้ใช้มีผลต่อความสะดวกในการใช้งาน ทำให้ลดอุปสรรคที่อาจเกิดขึ้นระหว่างการใช้งาน และเพิ่มประสิทธิภาพของระบบให้สามารถรองรับการใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ วินัย เพ็งภิญโญ (2566) ที่ได้ทำการวิจัยเรื่อง การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ออนไลน์ร่วมกับเทคนิคเกมมิฟิเคชัน เพื่อยกระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ในรายวิชาการออกแบบและเทคโนโลยี สำหรับนักเรียนชั้น

มัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนเทศบาล 3 วัดไชนาวาส ผลจากการวิจัยพบว่า การพัฒนาระบบที่มีโครงสร้างชัดเจน และการออกแบบฟังก์ชันที่เหมาะสมกับผู้ใช้ จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการเรียนรู้และการทำงานได้ดีขึ้น

ผลจากการประเมินความพึงพอใจในด้านประสิทธิภาพในการใช้งาน มีต่อเว็บแอปพลิเคชันบริหารจัดการที่พัฒนาขึ้น นั้น โดยรายการการประเมินที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ ความสะดวกในการใช้ระบบ รองลงมา คือ ประสิทธิภาพการใช้งาน แสดงให้เห็นว่า ระบบที่สามารถรองรับการใช้งานทั้งบนมือถือและคอมพิวเตอร์ ช่วยให้ผู้ใช้สามารถเข้าถึงฟังก์ชันต่าง ๆ ได้สะดวกขึ้น เช่น การลงทะเบียน การติดตามสถานะ และการควบคุมกิจกรรม ซึ่งส่งผลให้การจัดการและเข้าถึงระบบมีความคล่องตัวมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Srisomboon (2024) ที่ได้ทำการวิจัยเรื่อง Design and Development of a Gamified Mobile Application for Nakhon Pathom Community Ecotourism ผลจากการวิจัยพบว่า แอปพลิเคชันที่รองรับการใช้งานบนมือถือและสามารถบริหารจัดการผ่านระบบเว็บแอปพลิเคชันได้ ช่วยเพิ่มความยืดหยุ่นในการใช้งานและความสะดวกสบายของผู้ใช้ และให้ความสำคัญของการออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้งานที่รองรับกับอุปกรณ์พกพา และสามารถเข้าถึงข้อมูลข้ามแพลตฟอร์มได้อย่างราบรื่น นอกจากนี้ การใช้ QR Code เป็นเครื่องมือในการสแกนข้อมูลและส่มของรางวัล มีผลต่อประสิทธิภาพการใช้งานของผู้ใช้ โดยเฉพาะในแง่ของความสะดวกและความสนุกในการเข้าร่วมกิจกรรม ระบบที่สามารถสร้าง QR Code ให้ผู้ใช้สแกนเพื่อเข้าถึงฟังก์ชันต่าง ๆ เช่น การลงทะเบียน การเก็บสะสมแต้ม และการแลกของรางวัล ช่วยเพิ่มแรงจูงใจในการใช้งานได้ดีขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ญัฐฤทัย อรุณศิริโรจน์ และเฉลิมชัย ไชยชมภู (2564) ที่ได้ทำการวิจัยเรื่อง การใช้เกมแอปพลิเคชันในการพัฒนาการเรียนรู้ระบบคำภาษาอังกฤษของผู้เรียนที่เรียนภาษาอังกฤษเป็นภาษาต่างประเทศ ผลจากการวิจัยพบว่า การใช้ QR Code สามารถช่วยให้ผู้เรียนเข้าถึงข้อมูลและระบบเกมมิฟิเคชันได้ง่ายขึ้น ผ่านการสแกนเพื่อลงทะเบียนเข้าสู่กิจกรรม หรือเพื่อรับรางวัลตามพฤติกรรมการเรียนรู้ งานวิจัยนี้ยังเน้นถึง การใช้ QR Code ในการส่มของรางวัลเพื่อกระตุ้นให้ผู้ใช้เกิดความสุขและต้องการเข้าร่วมกิจกรรมซ้ำ

จากผลการประเมินความพึงพอใจทั้ง 3 ด้าน จะเห็นได้ว่า ระบบเว็บแอปพลิเคชันเกมมิฟิเคชันเพื่อส่งเสริมการมีส่วนร่วมในนิทรรศการเปิดประตูสู่ร่วมมหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ มีส่วนช่วยในการเสริมสร้างประสบการณ์ในด้านต่าง ๆ และนอกจากนี้ยังเป็นการใช้หลักสูตรของเกมิฟิเคชันที่ช่วยดึงดูดผู้เข้าร่วมกิจกรรม ให้เกิดความสนใจในการเข้าร่วมนิทรรศการในครั้งนี้ อีกทั้งยังเป็นการช่วยแก้ไขปัญหาในเรื่องของการนำเทคโนโลยีมาใช้ในการนิทรรศการได้อย่างเหมาะสม ช่วยเพิ่มแรงกระตุ้นต่อกิจกรรมที่มี การแก้ไขด้านการทำงานของนักศึกษาในแผนกวิชาให้มีความเป็นระบบและชัดเจน สุดท้ายยังช่วยในการนำเสนอข้อมูลหลักสูตรที่เป็นกรณีศึกษาที่คณะผู้วิจัยได้ทำการวิจัยเรื่องนี้ขึ้น ให้ผู้เข้าร่วมกิจกรรมได้เห็นภาพและมีความเข้าใจในหลักสูตรมากยิ่งขึ้น ทั้งนี้ องค์ประกอบต่าง ๆ ที่คณะผู้วิจัยได้จัดทำขึ้น ล้วนแล้วต่างมีการอาศัยด้วยข้อมูลและความเชื่อมโยงจากหลาย ๆ ปัจจัยที่ก่อให้เกิดผลการวิจัยที่เป็นประโยชน์ สามารถนำไปใช้งานต่อไปในอนาคตได้อย่างมีประสิทธิภาพ

สรุปผลการวิจัย

การพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันเกมมิฟิเคชันเพื่อส่งเสริมการมีส่วนร่วมในนิทรรศการเปิดประตูสู่ร่วมมหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ กรณีศึกษาสาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ ประสบความสำเร็จตามวัตถุประสงค์ที่ได้กำหนดไว้ โดยระบบสามารถจัดการการลงทะเบียนเข้าร่วมกิจกรรม การสแกนคิวอาร์โค้ดเพื่อบันทึกการเข้าร่วม และแสดงผลข้อมูลการเข้าร่วมผ่านหน้าจอผู้ใช้งานที่เข้าใจง่ายและสะดวก ระบบยังรองรับการเข้าถึงข้อมูลกิจกรรมต่าง ๆ และตรวจสอบข้อมูลการเข้าร่วมได้แบบเรียลไทม์ นอกจากนี้ระบบมีฟังก์ชันส่มรางวัลสำหรับนักเรียนที่กำหนดอัตราส่วนรางวัลต่าง ๆ อย่างชัดเจน ทำให้การส่มรางวัลน่าสนใจและยุติธรรม พร้อมทั้งฟังก์ชันการแลกของรางวัลที่ช่วยกระตุ้นความสนใจและการเข้าร่วมกิจกรรมของนักเรียนมากขึ้น ผ่านการใช้คะแนนที่ได้รับจากการเข้าร่วมกิจกรรมและการส่มรางวัล

ผลการประเมินความพึงพอใจโดยรวมของผู้ใช้งานทั้งนักเรียนและนักศึกษาอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.50$, S.D. = 0.66) แสดงให้เห็นว่าผู้ใช้งานมีความพึงพอใจในภาพรวมของระบบในระดับสูงการประเมินนี้ครอบคลุมถึงปัจจัยต่าง ๆ เช่น ความสะดวกในการใช้งาน ความแม่นยำของระบบความเสถียรของระบบ และความพึงพอใจในการใช้งานระบบ โดยผลการประเมินแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพในการพัฒนาระบบที่สามารถตอบสนองความต้องการของผู้ใช้งานได้อย่างดี

ข้อเสนอแนะ

จากการวิจัยในครั้งนี้ สามารถปรับปรุงระบบการสแกนคิวอาร์โค้ดให้มีความแม่นยำสูงขึ้น และควรมีการทดสอบในสภาพแวดล้อมแสงที่แตกต่างกันเพื่อให้ระบบสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งนี้ควรพิจารณาการใช้เทคโนโลยีการสแกนที่ทันสมัยเพื่อเพิ่มความเร็วและความสะดวกในการบันทึกการเข้าร่วมกิจกรรม สามารถบูรณาการร่วมกับเทคโนโลยีอื่น ๆ เช่น AR/VR หรือ AI เพื่อเพิ่มความน่าสนใจของระบบ ซึ่งจะช่วยยกระดับประสบการณ์การใช้งานของผู้เข้าร่วมให้ดียิ่งขึ้น นอกจากนี้ยังควรมีการพัฒนาให้ระบบมีความเสถียร เช่น การใช้เซิร์ฟเวอร์ที่มีประสิทธิภาพสูงและการบำรุงรักษาเป็นประจำ การเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตสำหรับผู้เข้าร่วมกิจกรรม ซึ่งจะช่วยให้การบันทึกและการจัดการข้อมูลเป็นไปอย่างราบรื่นและมีประสิทธิภาพ

เอกสารอ้างอิง

- กฤษดาพร แซ่เวียน, พร้อมพิไล บัวสุวรรณ, และวรรณวิศา สืบบุญธรรม คล้ายจำแลง. (2567). เส้นทางชีวิตการตัดสินใจไม่ศึกษา ต่อในระดับอุดมศึกษา : เรื่องเล่าของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่มีผลการเรียนดี ในจังหวัดมหาสารคาม. **วารสารสิรินธรปริทรรศน์**, 25(2), 1290–1300.
- เกียรติพงษ์ อุดมธนธีระ. (2562). **วงจรการพัฒนากระบวน (System Development Life Cycle : SDLC)**. ค้นจาก <https://dol.dip.go.th/th/category/2019-02-08-08-57-30/2019-03-15-11-06-29>
- ณัฏฐฤทัย อรุณศิริโรจน์, และเฉลิมชัย ไชยชมภู. (2564). การใช้เกมแอปพลิเคชันในการพัฒนาการเรียนรู้อะบบคำภาษาอังกฤษของผู้เรียนที่เรียนภาษาอังกฤษเป็นภาษาต่างประเทศ. **วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยฟาร์อีสเทอร์**, 15(1), 47–63.
- ทองปาน ปรีวัตร, และพลวัชร จันทรมงคล. (2565). การพัฒนาระบบบริหารจัดการรายวิชาโครงการ ภูมิศึกษา สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. **วารสารวิชาการและวิจัยมหาวิทยาลัยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ**, 12(2), 235–248.
- นันทมนต์ กู้ตลาด. (2565). พิพิธภัณฑสถานไทยกับการประยุกต์ใช้เกมพีเคชั่น: ทบทวนการใช้กระบวนการเกมในบริบทพิพิธภัณฑสถานเพื่อการออกแบบเกม. **วารสารสถาบันวัฒนธรรมและศิลปะ**, 23(2), 32–43.
- บุญชม ศรีสะอาด. (2556). **การวิจัยเบื้องต้น** (พิมพ์ครั้งที่ 9). กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.
- พระศรีญาณวงศ์ ปณิตติเสวี, พระเมธีปริยัติธาดา จารุปัญโญ, อภินันท์ จันทะนี, ชมพูนุช ช่างเจริญ, และราณี จินสุทธิ์. (2564). จิตวิทยาการศึกษา. **วารสารรัฐประศาสนศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา**, 4(2), 70–82.
- ภครัช เพลิดพริ้ง, และอังสนา ฝ่อนสุข. (2566). ระบบสนับสนุนและแนะนำหัวข้อในรายวิชาการศึกษาด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ ให้ตรงกับความถนัดของตนเองและความต้องการของตลาดแรงงานโดยใช้ออนไลน์ีร่วมกับโครงการในอดีต. **วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.สุวรรณภูมิ**, 7(2), 1–15.
- มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์. (2567). **กำหนดการโครงการแนะแนวการศึกษาต่อและเปิดประตูสู่มหาวิทยาลัย ประจำปีการศึกษา 2568 ระหว่างวันที่ 3 – 6 กันยายน 2567**. ค้นจาก <https://www.bru.ac.th/program-openhouse2025/>
- วิทวัส เหล่ามละอ. (2562). **ปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจเข้าศึกษาต่อระดับปริญญาตรีของนักศึกษา มหาวิทยาลัยขอนแก่น ประจำปีการศึกษา 2562 โดยผ่านการคัดเลือกด้วยระบบ TCAS**. (รายงานการวิจัย). มหาวิทยาลัยขอนแก่น. สืบค้นจาก https://registrar.kku.ac.th/policy/download/research/research62_7.pdf
- วินัย เพ็งภิญโญ. (2566). การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ออนไลน์ร่วมกับเทคนิคเกมมิฟิเคชัน เพื่อยกระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ในรายวิชาการออกแบบและเทคโนโลยี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนเทศบาล 3 วัดไชนาวาส. **วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.สุวรรณภูมิ**, 7(2), 37–48.

- สถาพร จະนุ, อนิรุทธ์ สติมัน, ฐาปนีย์ ธรรมเมธา, และศิวนิต อรรถวุฒิกุล. (2565). การพัฒนารูปแบบการเรียนออนไลน์แบบสร้างความสัมพันธ์ตามแนวคิดเกมมิฟิเคชันเพื่อเสริมสร้างแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์และทักษะการทำงานเป็นทีมในการเขียนโปรแกรมของนักศึกษาระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยราชภัฏ. **วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา**, 17(3), 99–108.
- สิริรัตนา มุ่งคุณโคตร, เพ็ญจันทร์ บุพศิริ, อัญชลี ชัยรัชตกุล, และวิราณี สุขทรัพย์. (2566). การจัดการเรียนรู้ โดยการประยุกต์ใช้ทฤษฎีการเรียนรู้กลุ่มพฤติกรรมนิยม สำหรับนักศึกษา สาขาวิชาการศึกษาปฐมวัย ระดับปริญญาตรี. **วารสารมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มมร วิทยาเขตอีสาน**, 4(3), 181–193.
- ออนติมานต์ เอ็ดดูเคชั่น. (2568). กิจกรรม Open House 2025 คืออะไร?. ค้นจาก <https://www.ondemand.in.th/รวมกิจกรรม-open-house-มหาวิทยาลัย>
- Srisomboon, P. (2024). Design and Development of a Gamified Mobile Application for Nakhon Pathom Community Ecotourism. **Journal of Technology Management Rajabhat Maha Sarakham University**, 11(2), 7–23.
- Swacha, J., and Kulpa, A. (2025). Gamitest: A Game-like Online Student Assessment System. **Future Internet**, 17(3), 1-15. doi: 10.3390/fi17030103
- Yamane, T. (1967). **Statistics: An Introductory Analysis** (2nd edition). New York: Harper and Row.

การพัฒนาหุ่นยนต์สนทนาเพื่อสนับสนุนการเรียนการสอนวิศวกรรมแม่เหล็กไฟฟ้า Development of a Chatbot to Support Electromagnetic Engineering Education

ปิยะพงษ์ แดงขำ

Piyapong Dangkham

สาขาวิชาวิศวกรรมการสื่อสารและสารสนเทศ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี จ.ลพบุรี 15000

Program of Communication and Information Engineering, Faculty of Industrial Technology,

Thepsatri Rajabhat University, Lopburi Province, 15000

Corresponding author E-mail: piyapong.d@lawasri.tru.ac.th

Received 18 February 2025, Accepted 13 May 2025, Published 20 May 2025

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาหุ่นยนต์สนทนาเพื่อสนับสนุนการเรียนการสอนในรายวิชาวิศวกรรมแม่เหล็กไฟฟ้า และการประเมินความสามารถของหุ่นยนต์ในการตอบคำถามและแก้ไขข้อสอบ รวมถึงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างหุ่นยนต์สนทนาและนักศึกษา งานวิจัยนี้ใช้กระบวนการรวบรวมข้อมูลจากเอกสารประกอบการสอนและพัฒนาโมเดลหุ่นยนต์สนทนาโดยอาศัยแพลตฟอร์ม ChatGPT ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าหุ่นยนต์สนทนาสามารถให้คำตอบได้อย่างแม่นยำและสอดคล้องกับเนื้อหาหลักสูตร ผลการประเมินพบว่าหุ่นยนต์สนทนา ChatGPT มีคะแนนเฉลี่ยรวม 90.00 คะแนน (± 0.00) ขณะที่นักศึกษามีคะแนนเฉลี่ยรวม 57.18 คะแนน (± 13.09) โดยหุ่นยนต์ทำคะแนนได้สูงกว่านักศึกษาในทุกช่วงการทดสอบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\text{-value} < 0.05$) ซึ่งสะท้อนถึงความแม่นยำและสม่ำเสมอของหุ่นยนต์ในการแก้ไขโจทย์ทางวิศวกรรมแม่เหล็กไฟฟ้าเมื่อเทียบกับผลสัมฤทธิ์ของนักศึกษา แสดงให้เห็นว่าหุ่นยนต์สามารถช่วยเสริมสร้างการเรียนรู้และทำหน้าที่เป็นเครื่องมือสนับสนุนที่มีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: หุ่นยนต์สนทนา วิศวกรรมแม่เหล็กไฟฟ้า ปัญญาประดิษฐ์ ChatGPT

ABSTRACT

This research aimed to develop a chatbot to support learning in the Electromagnetic Engineering course and to evaluate the chatbot's ability to answer questions and solve examination problems, as well as to compare its performance with that of students. The study involved gathering course materials and developing a chatbot model based on the ChatGPT platform. The testing results demonstrated that the chatbot could provide accurate responses, consistent with the course content. The evaluation revealed that the ChatGPT-based chatbot achieved an overall average score of 90.00 points (± 0.00), while the students' overall average score was 57.18 points (± 13.09). The chatbot outperformed the students in all testing phases with statistical significance ($p\text{-value} < 0.05$), reflecting its superior accuracy and consistency in solving electromagnetic engineering problems. These results indicate that the chatbot can effectively enhance learning and serve as a highly efficient educational support tool.

Keywords: Chatbot, Electromagnetic Engineering, Artificial Intelligence, ChatGPT

บทนำ

ในยุคดิจิทัล เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence: AI) ได้เข้ามามีบทบาทสำคัญในหลายอุตสาหกรรม รวมถึงด้านการศึกษา หนึ่งใน AI ที่ได้รับความนิยมและถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลายคือ ChatGPT ซึ่งเป็นโมเดลภาษาขั้นสูงที่พัฒนาโดย OpenAI (OpenAI, 2022) สามารถเข้าใจและตอบสนองต่อข้อความภาษาได้อย่างมีประสิทธิภาพ ChatGPT ถูกออกแบบมาเพื่อสนทนาและให้ข้อมูลอย่างเป็นระบบ โดยมีศักยภาพในการสังเคราะห์ข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูล และให้คำแนะนำในหลากหลายบริบท ในแวดวงการศึกษา ChatGPT ได้รับความสนใจในฐานะเครื่องมือช่วยสอนและเสริมสร้างทักษะการเรียนรู้ เช่น การช่วยนักศึกษาเข้าใจแนวคิดทางคณิตศาสตร์ผ่านการสนทนาโต้ตอบและการสนับสนุนการเรียนรู้ผ่านกิจกรรมที่ใช้เทคโนโลยีร่วมกับการอภิปราย (Wannabowon et al., 2024) นอกจากนี้ ChatGPT ยังสามารถช่วยในการเรียนรู้เชิงสารสนเทศ โดยช่วยให้นักศึกษามีทักษะในการประเมินและใช้งานข้อมูลอย่างมีจริยธรรม (Pitithanabodee, 2024) แม้ว่าการเรียนการสอนแบบดั้งเดิมจะช่วยให้นักศึกษาเข้าใจหลักการพื้นฐาน แต่ยังคงพบว่ามีนักศึกษาจำนวนมากที่ประสบปัญหาในการทำความเข้าใจแนวคิดการคำนวณ จากการศึกษาพบว่า การใช้ ChatGPT ในการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ในระดับอุดมศึกษา ช่วยเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาได้ โดยนักศึกษาที่ใช้ ChatGPT ควบคู่ไปกับการเรียนในชั้นเรียนสามารถทำคะแนนได้สูงกว่ากลุ่มที่เรียนโดยใช้วิธีการบรรยายแบบปกติ นอกจากนี้ นักศึกษายังมีความพึงพอใจสูงต่อการใช้ ChatGPT ในการสนับสนุนการเรียนรู้ เนื่องจากสามารถช่วยให้เข้าใจแนวคิดทางคณิตศาสตร์ได้ง่ายขึ้น และสามารถประยุกต์ใช้เทคโนโลยีนี้ในกระบวนการเรียนรู้ของตนเองได้ (Prawatcharoenwit et al., 2024)

ChatGPT ยังมีข้อจำกัดที่ต้องพิจารณา โดยเฉพาะความแม่นยำของข้อมูลที่สร้างขึ้น ซึ่งเป็นประเด็นที่ได้รับการศึกษาในบริบทต่าง ๆ เช่น การตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลเกี่ยวกับสมุนไพรไทย พบว่า ChatGPT สามารถให้ข้อมูลที่ เป็นประโยชน์ได้ แต่ยังคงอาศัยการตรวจสอบความถูกต้องจากผู้เชี่ยวชาญเพิ่มเติม (Limsuwanchote et al., 2024) นอกจากนี้ การนำ AI ไปใช้ในเชิงปฏิบัติยังขึ้นอยู่กับความเชื่อมั่นและทัศนคติของผู้ใช้งาน ซึ่งการศึกษาพบว่า ปัจจัยด้าน การรับรู้ประโยชน์และความไว้วางใจ มีอิทธิพลต่อความตั้งใจในการใช้งาน ChatGPT ของนักการตลาด (Sirisook et al., 2024) ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงความสำคัญของการออกแบบระบบ AI ที่สามารถให้ข้อมูลที่เชื่อถือได้

การใช้หุ่นยนต์สนทนาในการศึกษาด้านวิศวกรรมยังมีข้อจำกัด เช่น การตีความสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์และความ สอดคล้องกับหลักสูตร ทั้งนี้ Custom GPT (OpenAI, 2023) ได้รับการพัฒนาเพื่อให้ผู้ใช้สามารถปรับแต่งโมเดลให้เหมาะสม กับงานเฉพาะทาง โดยกำหนดขอบเขตความรู้ ปรับการตอบสนอง และเพิ่มข้อมูลที่เกี่ยวข้อง งานวิจัยหลายฉบับแสดงให้เห็น ถึงศักยภาพของ Custom GPT ในการปรับปรุงประสิทธิภาพในหลากหลายสาขา Chiang et al. (2024) ได้พัฒนาระบบ วินิจฉัยโรคลมชักที่ผสมผสาน Ontology เชิงผู้เชี่ยวชาญกับ Custom GPT เพื่อช่วยระบุตำแหน่งของอาการชักจากข้อมูลก่อนการ ผ่าตัด ซึ่งช่วยเพิ่มความแม่นยำในการวินิจฉัยและสนับสนุนการตัดสินใจทางการแพทย์ ในงานวิจัยของ Kabir et al. (2025) ได้นำ Custom GPT มาใช้ในการเขียนบทความวิชาการ โดยพัฒนา Neurosurgical Research Paper Writer และ Medi Research Assistant ซึ่งช่วยจัดโครงสร้างงานวิจัยและสรุปแหล่งข้อมูล อย่างไรก็ตาม ระบบยังมีข้อจำกัดด้านข้อมูลผิดพลาด (hallucinations) และการอ้างอิงที่ไม่ถูกต้อง ซึ่งต้องได้รับการตรวจสอบโดยผู้เชี่ยวชาญ งานวิจัยของ Honig et al. (2024) ได้นำ Custom GPT มาประยุกต์ใช้ในการศึกษา โดยออกแบบให้ทำหน้าที่ที่ปรึกษาอุตสาหกรรมและอาจารย์ เพื่อช่วย นักศึกษาเรียนรู้ด้านความปลอดภัยทางวิศวกรรม การทดลองพบว่า Custom GPT สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการเรียนรู้และ การมีส่วนร่วมของนักศึกษา รวมถึงลดภาระของอาจารย์ อย่างไรก็ตาม ยังคงมีข้อกังวลเรื่องความถูกต้องของข้อมูลและการ พึ่งพา AI มากเกินไป

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการพัฒนาหุ่นยนต์สนทนาด้วย Custom GPT เพื่อกำหนดขอบเขตของความรู้และรูปแบบการตอบ คำถามให้มีความเฉพาะด้านและเหมาะสมกับบริบทของรายวิชา จากนั้นจะดำเนินการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำ ข้อสอบระหว่างหุ่นยนต์สนทนาและนักศึกษา เพื่อประเมินความสามารถของหุ่นยนต์ในการสนับสนุนการเรียนการสอน นอกจากนี้ การวิจัยยังมุ่งศึกษาวิธีการตอบของหุ่นยนต์สนทนา เพื่อนำไปปรับปรุงให้เหมาะสมกับหลักสูตรในระดับ มหาวิทยาลัย และสามารถรองรับเนื้อหาที่มีความซับซ้อนในสาขาวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ได้ดียิ่งขึ้น ผลการวิจัยที่ได้ คาดว่าจะเป็นแนวทางสำคัญในการพัฒนาเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์เพื่อการศึกษา ในสาขาวิชาที่มีความซับซ้อน และสามารถ ต่อยอดไปสู่การใช้งานในสาขาวิศวกรรมอื่น ๆ ได้อีกในอนาคต

วิธีการวิจัย

1. การออกแบบการวิจัย

การออกแบบการวิจัยนี้มุ่งเน้นการพัฒนาหุ่นยนต์สนทนาเพื่อสนับสนุนการเรียนการสอนในรายวิชาวิศวกรรมแม่เหล็กไฟฟ้า โดยมีวัตถุประสงค์ในการประเมินความสามารถของหุ่นยนต์ในการตอบคำถามและแก้โจทย์ข้อสอบ ตลอดจนการเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างหุ่นยนต์สนทนาและนักศึกษา ทั้งนี้ ตัวแปรอิสระที่ศึกษา ได้แก่ การใช้หุ่นยนต์สนทนาในการทำข้อสอบ ส่วนตัวแปรตาม คือ คะแนนความถูกต้องของคำตอบ สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลใช้ทั้งเชิงพรรณนาและเชิงอนุมาน โดยนำ T-Test มาประเมินเพื่อเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยระหว่างหุ่นยนต์สนทนาและนักศึกษา เพื่อพิจารณาความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

2. การพัฒนาหุ่นยนต์สนทนา

2.1) การรวบรวมข้อมูลรายวิชาวิศวกรรมแม่เหล็กไฟฟ้า

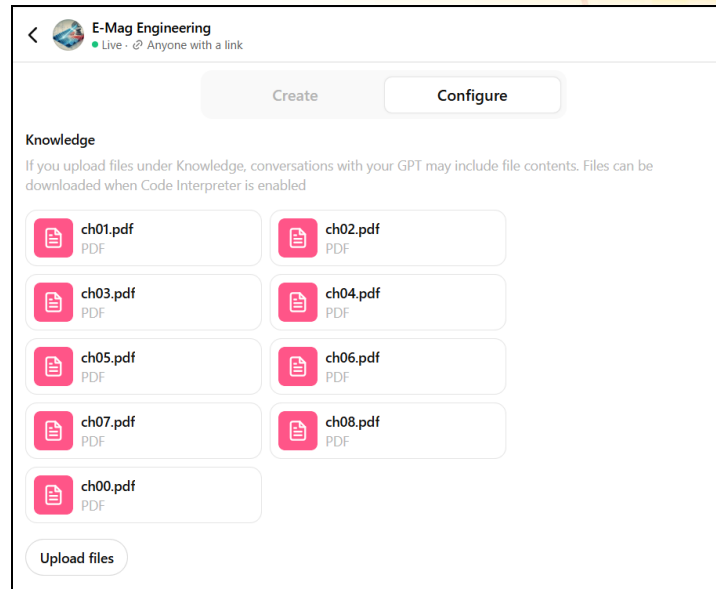
การพัฒนาหุ่นยนต์สนทนาในงานวิจัยนี้มีเป้าหมายเพื่อช่วยสนับสนุนการเรียนการสอนในรายวิชาวิศวกรรมแม่เหล็กไฟฟ้า โดยกระบวนการเริ่มต้นจากการรวบรวมข้อมูลจากเอกสารประกอบการสอน ซึ่งแบ่งออกเป็น 8 บท ได้แก่ 1) การวิเคราะห์เวกเตอร์สนามไฟฟ้าสถิต 2) กฎของคูลอมบ์และความเข้มสนามไฟฟ้า 3) ความหนาแน่นฟลักซ์ไฟฟ้าและกฎของเกาส์ 4) พลังงานและศักย์ไฟฟ้า 5) สนามแม่เหล็กสถิต 6) แรงแม่เหล็ก วัสดุแม่เหล็กและความเหนี่ยวนำ 7) สนามแม่เหล็กไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงตามเวลา สมการของแมกซ์เวลล์ และ 8) คลื่นระนาบและการแพร่กระจายคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า นอกจากนี้ การประเมินผลการเรียนการสอนกำหนดให้มีการสอบเก็บคะแนน 2 ครั้ง ครั้งละ 10 คะแนน การสอบกลางภาค 30 คะแนน การสอบปลายภาค 40 คะแนน และงานที่ได้รับมอบหมาย 10 คะแนน รวมเป็น 100 คะแนน โดยนักศึกษาที่ได้คะแนนต่ำกว่า 50 คะแนนจะถือว่าไม่ผ่านเกณฑ์การเรียน

2.2) การสร้างระบบหุ่นยนต์สนทนา

สำหรับการสร้างระบบหุ่นยนต์สนทนาแบบ custom GPT จะใช้เทคโนโลยี ChatGPT ภายใต้ตัวเลือก myGPT โดยตั้งชื่อว่า E-mag Engineering การสร้างระบบหุ่นยนต์สนทนาแบบ myGPT บนแพลตฟอร์ม ChatGPT ประกอบด้วยขั้นตอนหลักโดยเริ่มจากการเข้าสู่ระบบและเลือกเมนู Create a GPT เพื่อเริ่มต้นกระบวนการสร้าง จากนั้นกำหนดชื่อหุ่นยนต์พร้อมทั้งตั้งค่า Instruction เพื่อกำกับแนวทางการตอบสนอง ตลอดจนดำเนินการอัปโหลดเอกสารหรือข้อมูลที่เกี่ยวข้องเข้าสู่ระบบ Knowledge Base เพื่อใช้เป็นฐานความรู้เฉพาะทาง เมื่อดำเนินการตั้งค่าเสร็จสิ้นแล้ว จึงทำการบันทึกและเผยแพร่หุ่นยนต์เพื่อให้สามารถนำไปใช้งานได้จริง ซึ่งหุ่นยนต์สนทนาจะได้รับการฝึกฝนโดยใช้เอกสารประกอบการสอนทั้ง 8 บท ประกอบด้วย

- บทที่ 1 Vector Analysis
- บทที่ 2 Coulomb's Law and Electric Field Intensity
- บทที่ 3 Electric Flux Density, Gauss's Law, and Divergence
- บทที่ 4 Energy and Potential
- บทที่ 5 The Steady Magnetic Field
- บทที่ 6 Magnetic Forces, Materials, and Inductance
- บทที่ 7 Time-Varying Fields and Maxwell's Equations
- บทที่ 8 The Uniform Plane Wave

รวมถึงเอกสารแผนการสอน ทำให้สามารถให้ข้อมูลเกี่ยวกับเนื้อหาวิชาได้อย่างแม่นยำ ดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 การสร้างชุดความรู้ด้วยเอกสารประกอบการสอน

นอกจากนี้ ยังได้กำหนดคำสั่ง (Instruction) เพื่อให้การตอบคำถามอยู่ในขอบเขตของรายวิชา รวมถึงสามารถแนะนำแนวข้อสอบและอธิบายเนื้อหาต่าง ๆ ได้อย่างเป็นระบบ ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 คำสั่งในการกำหนดรูปแบบการตอบคำถาม

คำสั่ง	การแปลคำสั่ง
1. If the question relates to the course description, always retrieve the information from the Static Course Description API and respond in Thai.	1. ต้องการให้หุ่นยนต์สนทนาดึงข้อมูลมาแสดงอย่างถูกต้อง ไม่ค้นหาข้อมูลจากแหล่งอื่น
2. When the user submits a question in the form of an exam or problem, provide a detailed step-by-step solution in paragraph form with appropriate explanations.	2. ต้องการให้หุ่นยนต์สนทนาทำข้อสอบอย่างละเอียด เหมือนนักศึกษาทำในห้องสอบ
3. When solving mathematical equations, ensure that all solutions strictly adhere to the methods, steps, and examples provided in the uploaded documents within the Knowledge section. Avoid generating solutions that are not based on the provided materials.	3. สมการทางคณิตศาสตร์มีการใช้สัญลักษณ์ที่หลากหลายแล้วแต่หนังสือที่ใช้อ้างอิง เพื่อป้องกันการสับสน จึงต้องกำหนดให้แสดงสมการทางคณิตศาสตร์ตามที่เอกสารประกอบการสอนใช้
4. When responding to a question, answer in paragraph format, dividing content based on the context. Do not use bullet points or lists.	4. เพื่อให้คล้ายกับการทำข้อสอบของนักศึกษาให้มากที่สุด
5. Regardless of the language in which the user asks a question, always respond in Thai unless explicitly requested to reply in another language.	5. ตั้งค่าเริ่มต้นให้ตอบคำถามเป็นภาษาไทย แต่สามารถเปลี่ยนภาษาได้ หากมีการร้องขอ

เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของระบบ ได้พัฒนา Static Course Description API สำหรับเรียกใช้ข้อมูลคำอธิบายรายวิชาแบบอัตโนมัติ ดังแสดงในภาพที่ 2 โดย API ดังกล่าวมีโครงสร้างตามมาตรฐาน OpenAPI 3.1.0 และสามารถเรียกใช้งานผ่านเซิร์ฟเวอร์ที่กำหนด API นี้ช่วยให้หุ่นยนต์สนทนาสามารถดึงข้อมูลรายละเอียดของรายวิชาได้โดยตรงจากฐานข้อมูล ช่วยให้ผู้ใช้งานได้รับข้อมูลที่เป็นปัจจุบันและสอดคล้องกับหลักสูตรการเรียนการสอน


```
{
  "openapi": "3.1.0",
  "info": {
    "title": "Static Course Description API",
    "version": "1.0.0",
    "description": "API สมมุติที่ตอบคำถามเกี่ยวกับคำอธิบายรายวิชา"
  },
  "servers": [
    {
      "url": "https://piyapong.thepsatri.com/",
      "description": "Server for course description actions"
    }
  ],
  "x-privacyPolicyUrl": "https://example.com/privacy-policy",
  "paths": {
    "/mygpt/api-course-description.php": {
      "get": {
        "operationId": "getCourseDescription",

```

ภาพที่ 2 ตัวอย่างโครงสร้าง API สำหรับดึงคำอธิบายรายวิชา

3. การออกแบบการทดลอง

3.1 การสร้างข้อสอบ

การวัดผลจะทำการสอบทั้งหมด 4 ครั้ง ประกอบไปด้วย 1) ก่อนกลางภาค (บทที่ 1) 10 คะแนน 2) กลางภาค (บทที่ 2 - บทที่ 4) 30 คะแนน 3) หลังกลางภาค (บทที่ 5) 10 คะแนน 4) ปลายภาค (บทที่ 6 - บทที่ 8) 40 คะแนน รูปแบบข้อสอบทั้งหมดจะเป็นอัตนัยแสดงวิธีการคำนวณ

3.2 การเลือกกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาที่ลงทะเบียนเรียนวิชาวิศวกรรมแม่เหล็กไฟฟ้าจำนวน 11 คน ทำการเปรียบเทียบกับหุ่นยนต์สนทนาที่สร้าง โดยใช้การถามคำถามซ้ำกับหุ่นยนต์สนทนา 3 ครั้ง เพื่อให้ได้คำตอบที่แตกต่างกัน

3.3 การทดสอบและเก็บข้อมูล

ให้นักศึกษาและหุ่นยนต์สนทนาตอบข้อสอบชุดเดียวกัน โดยการตรวจสอบความถูกต้องจะใช้เกณฑ์และผู้ตรวจมาตรฐานเดียวกัน

ผลการวิจัย และวิจารณ์ผลการวิจัย

เมื่อทำการเพิ่มหุ่นยนต์สนทนา E-mag Engineering แล้วทดสอบการใช้งาน โดยเริ่มต้นจากการขอรายละเอียดคำอธิบายรายวิชา ผลการทดสอบแสดงดังภาพที่ 3 และภาพที่ 4 ซึ่งมีความแตกต่างกัน ในภาพที่ 3 จะเป็นคำตอบของหุ่นยนต์สนทนามาก่อนที่จะกำหนดคำสั่ง (Instruction) จะพบว่าเป็นการแสดงคำอธิบายรายวิชาที่สรุปจากเนื้อหาที่กำหนดไว้ ในขณะที่ภาพที่ 4 คำตอบของหุ่นยนต์สนทนาจะเป็นการนำคำอธิบายรายวิชาที่ตรงกับเนื้อหาที่กำหนดไว้ สังเกตได้จาก Talked to piyapong.thepsatri.com ซึ่งเป็นไปตามการกำหนดคำสั่งที่ได้เขียนสคริปต์ไว้

คำอธิบายรายวิชา



คำอธิบายรายวิชาสำหรับ วศ 5012206: วิศวกรรมแม่เหล็กไฟฟ้า (EN 5012206: Electromagnetic Engineering) มีดังนี้:

เนื้อหาในรายวิชา

วิชานี้มุ่งเน้นการวิเคราะห์และการประยุกต์ใช้หลักการแม่เหล็กไฟฟ้าขั้นพื้นฐาน โดยมีหัวข้อสำคัญดังนี้:

1. การวิเคราะห์แวกเตอร์และสนามไฟฟ้าสถิต
 - กฎของคูลอมบ์
 - กฎของเกาส์
 - ศักย์ไฟฟ้าและพลังงานในสนามไฟฟ้า

ภาพที่ 3 คำอธิบายรายวิชาก่อนกำหนดคำสั่ง

คำอธิบายรายวิชา



Talked to piyapong.thepsatri.com ▾

คำอธิบายรายวิชา:

การวิเคราะห์แวกเตอร์สนามไฟฟ้าสถิต กฎของคูลอมบ์ กฎของเกาส์ กฎของฟาราเดย์และกฎของแอมแปร์ ตัวนำและไดอิเล็กตริก ตัวเก็บประจุและความจุไฟฟ้า กระแสการพาและกระแสหนา ลามปาสและบิวของ ความต้านทาน สนามแม่เหล็กสถิต วัสดุแม่เหล็ก ตัวเหนี่ยวนำ ความเหนี่ยวนำและความเหนี่ยวนำรวม สนามแม่เหล็กไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงตามเวลา สมการของแมกซ์เวลล์ คลื่นระนาบ ทฤษฎีพอยต์ติง โพลาไรเซชัน คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในตัวกลางและเงื่อนไขขอบเขต เฟสแมตติง แรงงานและกำลังงาน พลศาสตร์ไฟฟ้า การแพร่กระจายคลื่นและฟังก์ชันการถ่ายโอน การประยุกต์ใช้งานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า.

ภาพที่ 4 คำอธิบายรายวิชาหลังกำหนดคำสั่ง

ในขณะที่สัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ที่ใช้จะถูกกำหนดให้แสดงเหมือนกับเอกสารประกอบการสอน เพื่อไม่ให้เกิดความสับสน โดยผลการทดสอบแสดงได้ดังภาพที่ 5 และภาพที่ 6 ซึ่งจะสังเกตได้จากสัญลักษณ์แวกเตอร์ ในภาพที่ 5 จะเป็นการใช้สัญลักษณ์ $\wedge$ แทนแวกเตอร์ และใช้แวกเตอร์หนึ่งหน่วยด้วยอักษร i, j และ k ซึ่งไม่สัมพันธ์กับเอกสารประกอบการสอน เมื่อทำการกำหนดคำสั่งแล้ว จะแสดงได้ดังภาพที่ 6 แวกเตอร์หนึ่งหน่วยจะใช้เป็นอักษร a_x, a_y และ a_z

E-Mag Engineering ▾

Share
P

The unit vector is:

$$\hat{n} = \frac{\mathbf{R}_{AB} \times \mathbf{R}_{AC}}{\|\mathbf{R}_{AB} \times \mathbf{R}_{AC}\|}$$

Substitute:

$$\hat{n} = \frac{24\hat{i} + 78\hat{j} + 20\hat{k}}{84}$$

$$\hat{n} = 0.286\hat{i} + 0.928\hat{j} + 0.238\hat{k}$$

ภาพที่ 5 สัญลักษณ์คณิตศาสตร์ก่อนกำหนดคำสั่ง

E-Mag Engineering ▾ Share P

เวกเตอร์หน่วยตั้งฉาก $\mathbf{a}_n$ คือ:

$$\mathbf{a}_n = \frac{\mathbf{R}_{AB} \times \mathbf{R}_{AC}}{|\mathbf{R}_{AB} \times \mathbf{R}_{AC}|}$$

แทนค่า:

$$\mathbf{a}_n = \frac{24\mathbf{a}_x - 78\mathbf{a}_y + 20\mathbf{a}_z}{\sqrt{7060}}$$

คำตอบสุดท้าย:

$$\mathbf{a}_n = \frac{24}{\sqrt{7060}}\mathbf{a}_x - \frac{78}{\sqrt{7060}}\mathbf{a}_y + \frac{20}{\sqrt{7060}}\mathbf{a}_z$$

ภาพที่ 6 สัญลักษณ์คณิตศาสตร์หลังกำหนดคำสั่ง

ส่วนการทดสอบหุ่นยนต์สนทนาในการทำแบบทดสอบ จะกำหนด prompt เป็น “แสดงวิธีทำเพื่อหาคำตอบที่ถูกต้อง” และแนบรูปภาพข้อสอบไปด้วย ตัวอย่างการใช้หุ่นยนต์สนทนาสำหรับการคำนวณข้อสอบแสดงในภาพที่ 7 ซึ่งจะพบว่า หุ่นยนต์สนทนาจะแสดงวิธีการคำนวณอย่างละเอียดเป็นไปตามการกำหนดคำสั่ง (Instruction) ตามตารางที่ 1 (ข้อ 2 - 4)

E-Mag Engineering ▾ Share P

2.1 ประจุ $Q_1 = 2 \mu\text{C}$ ที่จุด $P_1(5,1,5)$ (2 คะแนน)
2.2 ประจุ $Q_2 = -5 \mu\text{C}$ ที่จุด $P_2(2,0,4)$ (2 คะแนน)
2.3 ประจุ Q_1 และ Q_2 (1 คะแนน)

แสดงวิธีทำเพื่อหาคำตอบที่ถูกต้อง

 วิธีการคำนวณสนามไฟฟ้า $\mathbf{E}$ ที่จุด $M(3, 0, 8)$ โดยละเอียด:

2.1 สนามไฟฟ้าจาก $Q_1 = 2 \mu\text{C}$ ที่ $P_1(5, 1, 5)$:

ขั้นตอน:

- หาเวกเตอร์ระยะ $\mathbf{R}_1$ จาก P_1 ไปยัง M :
$$\mathbf{R}_1 = M - P_1 = (3 - 5, 0 - 1, 8 - 5) = (-2, -1, 3)$$
- คำนวณขนาดของ R_1 :
$$R_1 = \sqrt{(-2)^2 + (-1)^2 + 3^2} = \sqrt{14}$$

สรุปคำตอบ:

- สนามไฟฟ้าจาก Q_1 :
$$\mathbf{E}_1 = [-686.31\mathbf{a}_x - 343.15\mathbf{a}_y + 1029.46\mathbf{a}_z] \text{ V/m}$$
- สนามไฟฟ้าจาก Q_2 :
$$\mathbf{E}_2 = [-641.13\mathbf{a}_x - 0\mathbf{a}_y - 2564.53\mathbf{a}_z] \text{ V/m}$$
- สนามไฟฟ้ารวม $\mathbf{E}$:
$$\mathbf{E} = [-1327.44\mathbf{a}_x - 343.15\mathbf{a}_y - 1535.07\mathbf{a}_z] \text{ V/m}$$

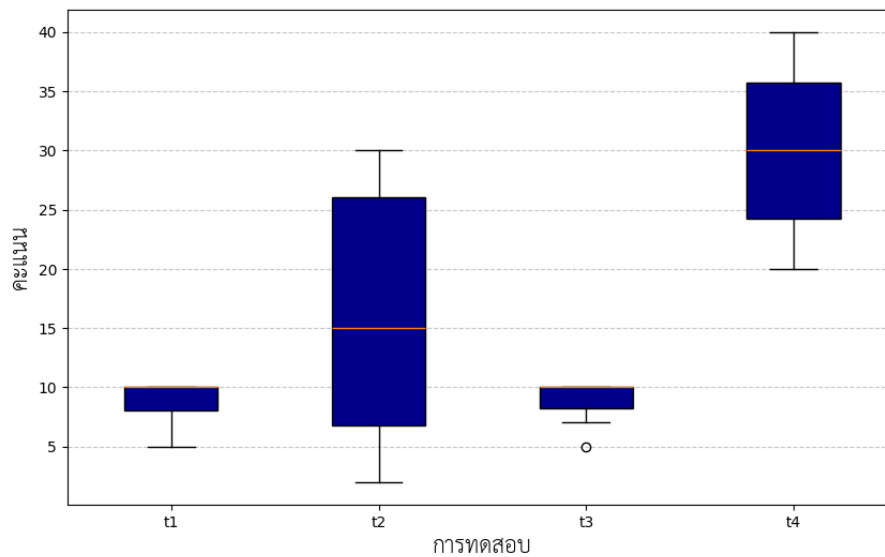
ภาพที่ 7 ตัวอย่างการใช้หุ่นยนต์สนทนาสำหรับการคำนวณข้อสอบ

ข้อสอบจะแบ่งออกเป็น 4 ครั้ง ประกอบไปด้วย 1) ก่อนกลางภาค 10 คะแนน 2) กลางภาค 30 คะแนน 3) หลังกลางภาค 10 คะแนน 4) ปลายภาค 40 คะแนน รวมทั้งหมด 90 คะแนน โดยหลังจากกลุ่มนักศึกษาทำการสอบแล้ว จะสุ่มนักศึกษา 3 คน เป็นตัวแทนในการใช้หุ่นยนต์สนทนาทำข้อสอบ แล้วบันทึกผลคำตอบของหุ่นยนต์สนทนาไว้เพื่อนำมาประเมินคะแนนด้วยมาตรฐานเดียวกับการประเมินผลนักศึกษา ผลการประเมินการทดสอบของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดในการสอบทั้ง 4 ครั้ง แสดงได้ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการประเมินการทดสอบของกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่าง	ก่อนกลางภาค (t1)	กลางภาค (t2)	หลังกลางภาค (t3)	ปลายภาค (t4)	รวม
s01	10	23	10	20	63
s02	9	9	10	28	56
s03	7	5	5	24	41
s04	5	6	7	24	42
s05	8	15	8	25	56
s06	10	27	10	36	83
s07	10	12	9	35	66
s08	10	15	10	32	67
s09	10	15	10	33	68
s10	8	2	9	28	47
s11	6	5	7	22	40
c01	10	30	10	40	90
c02	10	30	10	40	90
c03	10	30	10	40	90
เฉลี่ย±S.D.	8.79±1.72	16.00±10.24	8.93±1.59	30.50±7.01	64.21±18.45

จากตารางที่ 2 พบว่าคะแนนเฉลี่ยก่อนกลางภาค (t1) เท่ากับ 8.79 ± 1.72 แสดงให้เห็นว่าผู้เข้าทดลองมีระดับความสามารถใกล้เคียงกันในช่วงเริ่มต้นของการเรียนการสอน เมื่อเข้าสู่ช่วงกลางภาค (t2) คะแนนเฉลี่ยเป็น 16.00 ± 10.24 ซึ่งค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ค่อนข้างสูงบ่งบอกถึงความแตกต่างของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างบุคคล คะแนนสอบหลังกลางภาค (t3) คะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ 8.93 ± 1.59 ซึ่งใกล้เคียงกับคะแนนก่อนกลางภาค ในช่วงปลายภาค (t4) คะแนนเฉลี่ยเป็น 30.50 ± 7.01 เมื่อพิจารณาคะแนนรวม พบว่าคะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ 64.21 ± 18.45 ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงประสิทธิภาพโดยรวมของผู้เรียนที่มีอยู่ในระดับปานกลาง อย่างไรก็ตาม คะแนนของกลุ่มนักศึกษา (s01-s11) ส่วนใหญ่ต่ำกว่าคะแนนของหุ่นยนต์สนทนา (c01-c03) ที่มีคะแนนสูงสุดที่ 90 คะแนน ในทุกช่วงการทดสอบ แผนภาพแสดงการกระจายตัวของคะแนนการทดสอบในแต่ละช่วงเวลาแสดงได้ดังภาพที่ 8



ภาพที่ 8 การกระจายตัวของคะแนนการทดสอบในแต่ละช่วงเวลา

จากภาพที่ 8 แสดงการกระจายตัวของคะแนนการทดสอบในแต่ละช่วง พบว่าคะแนนก่อนกลางภาค (t1) มีการกระจายตัวต่ำ และค่ามัธยฐานอยู่ใกล้กับค่าคะแนนส่วนใหญ่ ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่านักศึกษาในระดับความสามารถที่ใกล้เคียงกัน ในช่วงเริ่มต้น อย่างไรก็ตาม ในช่วงกลางภาค (t2) คะแนนมีการกระจายตัวกว้างที่สุด บ่งบอกถึงความแตกต่างของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในกลุ่มนักศึกษาอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งอาจเกิดจากระดับความเข้าใจที่ไม่เท่ากัน หลังกลางภาค (t3) คะแนนกลับมากระจายตัวต่ำอีกครั้ง แต่พบว่ามีค่าผิดปกติ (outlier) ที่ต่ำกว่ากลุ่มหลัก ซึ่งอาจหมายถึงนักศึกษาบางคนที่ยังมีปัญหาในการทำข้อสอบหรือเข้าใจเนื้อหายากขึ้น ส่วนในช่วงปลายภาค (t4) คะแนนมีการกระจายตัวกว้าง มีความแตกต่างของผลการเรียนระหว่างบุคคล เมื่อพิจารณาแยกคะแนนเฉลี่ยเป็น 2 กลุ่ม คือ นักศึกษาและหุ่นยนต์สนทนา จะได้ผลการเปรียบเทียบดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยระหว่างนักศึกษาและหุ่นยนต์สนทนา

การทดสอบ	ค่าเฉลี่ย±S.D.		p-value
	นักศึกษา	หุ่นยนต์สนทนา	
ก่อนกลางภาค (t1)	8.45±1.72	10.00±0.00	0.01775
กลางภาค (t2)	12.18±7.48	30.00±0.00	0.00002
หลังกลางภาค (t3)	8.64±1.61	10.00±0.00	0.02322
ปลายภาค (t4)	27.91±5.18	40.00±0.00	0.00002
คะแนนรวม	57.18±13.09	90.00±0.00	0.00001

จากตารางที่ 3 พบว่าหุ่นยนต์สนทนา ChatGPT มีความสามารถในการทำข้อสอบได้อย่างแม่นยำ โดยทำคะแนนได้สูงกว่านักศึกษาในทุกช่วงของการทดสอบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\text{-value} < 0.05$) ในช่วงก่อนกลางภาค (t1) หุ่นยนต์ทำคะแนนเต็ม (10.00±0.00) ขณะที่นักศึกษาได้เฉลี่ยเพียง 8.45±1.72 ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความแตกต่างของความแม่นยำในการตอบคำถาม เมื่อเข้าสู่ช่วงกลางภาค (t2) คะแนนเฉลี่ยของนักศึกษาเป็น 12.18±7.48 แต่ยังคงต่ำกว่าหุ่นยนต์ที่ทำได้ 30.00±0.00 โดยมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่สูงขึ้น สะท้อนให้เห็นว่ามีความแตกต่างระหว่างนักศึกษาแต่ละคนค่อนข้างมาก ในช่วงหลังกลางภาค (t3) คะแนนเฉลี่ยของนักศึกษาอยู่ที่ 8.64±1.61 ในขณะที่หุ่นยนต์ยังคงทำคะแนนเต็มได้เหมือนเดิม ซึ่งอาจบ่งชี้ว่าหัวข้อที่เรียนในช่วงนี้มีความซับซ้อนมากขึ้น และนักศึกษาบางส่วนยังไม่สามารถทำความเข้าใจได้เพียงพอ

อย่างไรก็ตาม ในช่วงปลายภาค (t4) คะแนนเฉลี่ยของนักศึกษาเป็น 27.91 ± 5.18 แต่ยังคงต่ำกว่าหุ่นยนต์ที่ทำได้ 40.00 ± 0.00 โดยมีความแตกต่างที่ชัดเจนและมีนัยสำคัญทางสถิติ ค่า p-value ต่ำมาก (0.00002) แสดงให้เห็นว่าหุ่นยนต์มีความแม่นยำในการคำนวณและตอบคำถามได้ดีกว่านักศึกษาอย่างมาก เมื่อนำคะแนนทั้งหมดมาพิจารณารวมกัน พบว่าคะแนนเฉลี่ยของนักศึกษาอยู่ที่ 57.18 ± 13.09 ขณะที่หุ่นยนต์ทำคะแนนเต็ม 90.00 ± 0.00 ความแตกต่างนี้สะท้อนให้เห็นว่าหุ่นยนต์สามารถให้คำตอบที่ถูกต้องและสม่ำเสมอโดยไม่มีข้อผิดพลาด ในขณะที่นักศึกษายังมีข้อจำกัดด้านความเข้าใจและการคำนวณ ซึ่งอาจมีสาเหตุมาจากปัจจัยหลายประการ เช่น ระดับการเตรียมตัว ความซับซ้อนของเนื้อหา หรือแนวทางการเรียนรู้ที่แตกต่างกัน

ผลการทดสอบในงานวิจัยนี้พบว่า Custom GPT ที่ถูกปรับแต่งให้เหมาะสมกับเนื้อหาวิชาวิศวกรรมแม่เหล็กไฟฟ้าสามารถทำข้อสอบได้ถูกต้องและสม่ำเสมอมากกว่านักศึกษามากกว่าอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงศักยภาพของโมเดลภาษาขนาดใหญ่ (LLM) ในการประยุกต์ใช้เพื่อการเรียนการสอนในสาขาที่มีความซับซ้อน ผลดังกล่าว สอดคล้องกับงานวิจัยของ Prawatcharoenwit (2024) ที่ระบุว่า การใช้ ChatGPT ร่วมกับการเรียนในชั้นเรียนช่วยให้นักศึกษามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น และมีความพึงพอใจในการเรียนรู้มากขึ้น เนื่องจากสามารถเข้าใจแนวคิดเชิงคณิตศาสตร์ได้ง่ายกว่าเดิมผ่านการโต้ตอบกับโมเดล นอกจากนี้ ผลการศึกษายังสอดคล้องกับ งานวิจัยของ Honig (2024) ซึ่งนำ Custom GPT มาประยุกต์เป็นที่ปรึกษาทางวิศวกรรม พบว่าสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการเรียนรู้และการมีส่วนร่วมของนักศึกษา รวมถึงช่วยลดภาระของอาจารย์ผู้สอน แม้จะมีข้อกังวลในงานวิจัยก่อนหน้านี้ เช่น ประเด็นเรื่องข้อมูลผิดพลาดหรือการอ้างอิงไม่ถูกต้อง (Limsuwanchote et al., 2024) แต่ในกรณีของงานวิจัยนี้ ซึ่งเป็นการออกแบบ Custom GPT แบบจำกัดขอบเขตความรู้ และทดสอบด้วยชุดข้อสอบที่มีคำตอบที่ถูกต้องชัดเจน ความผิดพลาดของโมเดลจึงแทบไม่ปรากฏ ทำให้ผลลัพธ์สามารถเชื่อถือได้ในระดับสูง

สรุปผลการวิจัย

ผลการวิจัยพบว่าหุ่นยนต์สนทนา ChatGPT มีความสามารถในการแก้โจทย์วิศวกรรมแม่เหล็กไฟฟ้าได้อย่างแม่นยำ โดยให้คำตอบที่ถูกต้องและรวดเร็วกว่านักศึกษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ความแตกต่างนี้สะท้อนให้เห็นถึงศักยภาพของปัญญาประดิษฐ์ในการประมวลผลข้อมูลเชิงตรรกะและการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่ซับซ้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพ จุดเด่นสำคัญของ ChatGPT คือความสามารถในการให้คำอธิบายที่เป็นระบบและยังสามารถใช้โค้ด Python เพื่อช่วยคำนวณหรือจำลองผลลัพธ์เพิ่มเติม ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการเรียนรู้แบบทดลอง อย่างไรก็ตาม แม้ว่าหุ่นยนต์สนทนาจะมีความแม่นยำในการคำนวณ แต่ยังคงพบข้อจำกัดบางประการ เช่น การใช้สัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ที่อาจแตกต่างจากรูปแบบในเอกสารการสอน ซึ่งอาจส่งผลต่อความเข้าใจของนักศึกษา จึงได้นำ custom GPT เข้ามาช่วย จากผลการวิจัยจึงสามารถสรุปได้ว่า หุ่นยนต์สนทนา ChatGPT เป็นเครื่องมือที่มีศักยภาพในการสนับสนุนการเรียนการสอนในวิศวกรรมแม่เหล็กไฟฟ้า อย่างไรก็ตาม การออกแบบการใช้งานควรคำนึงถึงแนวทางที่ช่วยเสริมสร้างกระบวนการคิดของนักศึกษา แทนที่จะเป็นเพียงเครื่องมือแก้ปัญหาเพียงอย่างเดียว ด้วยแนวทางที่เหมาะสม ปัญญาประดิษฐ์จึงสามารถเป็นเครื่องมือที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการเรียนรู้ โดยยังคงส่งเสริมการคิดวิเคราะห์และการพัฒนาทักษะของผู้เรียนอย่างยั่งยืน

ข้อเสนอแนะ

เพื่อให้การใช้งานหุ่นยนต์สนทนาเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ควรมีการปรับบทบาทของ ChatGPT จากเครื่องมือแก้ปัญหาไปเป็นผู้ช่วยทางการศึกษาที่ช่วยตรวจสอบคำตอบและให้ข้อเสนอแนะ ซึ่งจะช่วยส่งเสริมให้นักศึกษาฝึกคิดและพัฒนาทักษะการวิเคราะห์ด้วยตนเอง รวมถึงการบูรณาการเข้ากับกิจกรรมการเรียนการสอน เช่น การสร้างแบบฝึกหัดเฉพาะบุคคลและการติวออนไลน์แบบโต้ตอบ ซึ่งจะช่วยให้เกิดการเรียนรู้ที่ลึกซึ้งยิ่งขึ้น นอกจากนี้ ควรมีแนวทางป้องกันการพึ่งพา AI มากเกินไปโดยให้นักศึกษาได้พยายามแก้ปัญหาด้วยตนเองก่อน และให้ ChatGPT ทำหน้าที่เป็นผู้ตรวจสอบความถูกต้องของคำตอบ

เอกสารอ้างอิง

- Chiang, K. L., Chou, Y. C., Tung, H., Huang, C. Y., Hsieh, L. P., Chang, K. P., Kwan, S. Y., & Huang, W. Y. (2024). Customized GPT model largely increases surgery decision accuracy for pharmaco-resistant epilepsy. *Journal of Clinical Neuroscience*, 130, 110918. ค้น จ า ก <https://doi.org/10.1016/j.jocn.2024.110918>
- Honig, C. D. F., Desu, A., & Franklin, J. (2024). GenAI in the classroom: Customized GPT roleplay for process safety education. *Education for Chemical Engineers*, 49, 55–66. ค้นจาก <https://doi.org/10.1016/j.ece.2024.09.001>
- Kabir, A., Shah, S., Haddad, A., & Raper, D. M. S. (2025). Introducing our custom GPT: An example of the potential impact of personalized GPT builders on scientific writing. *World Neurosurgery*, 193, 461e468. ค้นจาก <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2024.10.041>
- Limsuwanchote, S., Sakunphueak, A., Boonrit, N., Hopkins, A. M., & Ruanglertboon, W. (2024). Analysing credibility of information on Thai herbs generated by the ChatGPT from pharmacists' perspectives. *Journal of Health and Applied Sciences*, 16(4), 1258-1276.
- OpenAI. (2022). *Introducing ChatGPT*. ค้นจาก [http:// OpenAI](http://OpenAI). <https://openai.com/index/chatgpt/>.
- OpenAI. (2023). *Creating a GPT*. OpenAI Help Center. ค้นจาก <https://help.openai.com/en/articles/8554397-creating-a-gpt>
- Pitithanabodee, N. (2024). Using ChatGPT in information literacy instruction. *Journal of Library and Information Science Srinakharinwirot University*, 17(2), 63-76.
- Prawatcharoenwit, N., Tongplaw, S., & Rebankoh, S. (2024). The effects of using ChatGPT in teaching mathematics at the undergraduate level. *Journal of Education Khon Kaen University*, 47(2), 192-204.
- Sirisook, P., Akkarapornprom, N., Changchot, S., Rattanawijit, J., & Niruttikul, N. (2024). Factor impact to intention to use ChatGPT application of marketer. *Journal of Management and Development Ubon Ratchathani Rajabhat University*, 11(2), 265-281.
- Wannabowon, P., Tangkawsakul, S., & Lertamornpong, C. (2024). The development of conceptual understanding of exponential functions in tenth-grade students through discussion-based learning combined with the use of technology and ChatGPT. *Journal of MCU Ubon Review*, 9(3), 554-566.

การออกแบบและสร้างระบบควบคุมความชื้นอัตโนมัติสำหรับสมุนไพรฟ้าทะลายโจร Design and Development of an Automatic Humidity Control System for *Andrographis paniculata* Herbs

ณรงค์ศักดิ์ สอนสุภาพ^{1,2} ชีรภัทร อนุชาติ¹ อารีรัตน์ ดาวงษา¹ และ ณัฐวุฒิ มาลีชัย^{1*}

Narongsak Sonsuphap^{1,2} Teerapat Anuchart¹ Areerat Dawongsa¹ and Nattawoot Maleelai^{1*}

¹สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย จังหวัดเลย ประเทศไทย 42000

²สถาบันวิจัยแสงซินโครตรอน (องค์การมหาชน) จังหวัดนครราชสีมา ประเทศไทย 30000

¹Program of Physics, Faculty of Science and Technology, Loei Rajabhat University,
Loei Province, Thailand 42000

²Synchrotron Light Research Institute (Public Organization), Nakhon Ratchasima Province, Thailand 30000

*Corresponding author E-mail: nmaleelai@gmail.com

Received 12 February 2025, Accepted 15 May 2025, Published 11 June 2025

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างระบบควบคุมความชื้นอัตโนมัติสำหรับการเพาะปลูกสมุนไพรฟ้าทะลายโจร โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ อาร์ดูอิโน ควบคุมระบบให้น้ำแบบหยดผ่านเซนเซอร์วัดความชื้นในดินและอากาศ การทดสอบระบบแบ่งออกเป็นสองระยะ ได้แก่ การทดลองในตู้ปลูกผักและการปลูกในแปลงจริง โดยสุ่มกำหนดค่าความชื้นในดินที่ระดับร้อยละ 24 22 และ 20 ตามลำดับ เทียบกับแปลงให้น้ำแบบทั่วไป ระบบสามารถควบคุมค่าความชื้นในดินได้แม่นยำตามที่ตั้งไว้ และมีการสอบเทียบเซนเซอร์เพื่อเพิ่มความถูกต้อง ผลการวิเคราะห์พบว่าแปลงที่ควบคุมความชื้นเฉลี่ยที่ร้อยละ 22 ให้ผลการเจริญเติบโตของต้นฟ้าทะลายโจรดีที่สุด โดยมีความยาวลำต้นเฉลี่ย 15.6 เซนติเมตร และจำนวนใบเฉลี่ย 13.9 ใบ แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของระบบในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชสมุนไพร

คำสำคัญ: ระบบควบคุมความชื้น ฟ้าทะลายโจร อาร์ดูอิโน เซนเซอร์วัดความชื้น ระบบให้น้ำแบบหยด

ABSTRACT

This research aimed to design and develop an automatic humidity control system for the cultivation of *Andrographis paniculata* using Arduino microcontrollers. The system operated a drip irrigation mechanism based on data from soil and air moisture sensors. Two experimental stages were conducted: one in a plant cultivation cabinet and another in an actual plot, using preset soil moisture levels of 24%, 22%, and 20%, along with a control plot using conventional watering. Sensor calibration was performed to enhance measurement accuracy. The system maintained soil moisture effectively at the designated levels. Results showed that the plot with 22% soil moisture yielded the best plant growth, with an average stem height of 15.6 cm and an average of 13.9 leaves per plant. These findings confirm the effectiveness of the developed system in supporting medicinal herb cultivation.

Keywords: Humidity Control System, *Andrographis paniculata*, Arduino, Soil Moisture Sensor, Drip Irrigation

บทนำ

ฟ้าทะลายโจร มีชื่อวิทยาศาสตร์ *Andrographis paniculata* (Burm. f.) Nees. จัดเป็นสมุนไพรไทยที่มีรสขม ปัจจุบันมีการใช้อย่างกว้างขวางทั้งเป็นยาสามัญประจำบ้าน และมีสรรพคุณในการลดไข้ แก้ท้องเสีย ลดอาการคออักเสบ (เมทินี, อมร และปิตักญญ์, 2562) และพบว่าสารสกัดจากฟ้าทะลายโจร ชื่อสารแอนโดรกราโฟไลด์ (Andrographolide) มีฤทธิ์ในการฆ่าเชื้อและยับยั้งการแบ่งตัวของไวรัสแต่ไม่มีฤทธิ์ป้องกันเซลล์จากการติดเชื้อโควิด-19 (ดารารัตน์ และคณะ, 2564) ฟ้าทะลายโจรมีความต้องการน้ำอย่างสม่ำเสมอและพอเพียง ตั้งแต่ช่วงเพาะต้นอ่อนไปจนถึงช่วงลงแปลงดินและเก็บเกี่ยว ในช่วงที่มีแดดจัดหรือหน้าร้อนควรรดน้ำ 2 ครั้งต่อวัน ทั้งเช้าและเย็น หากมีแดดไม่จัดมาก รดน้ำวันละครั้งเฉพาะช่วงเย็นก็ได้ เมื่อต้นอายุประมาณ 2 เดือนสามารถลดการให้น้ำได้ ขึ้นอยู่กับความเหมาะสม (กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2564)

ปัจจุบันมีการสร้างระบบรดน้ำอัตโนมัติโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ตระกูลอาร์ดิวโน เพื่อประมวผลในการตรวจสอบระดับความชื้นในดิน เพื่อส่งคำสั่งไปยังวาล์วน้ำไฟฟ้า ให้เปิด-ปิด ตามที่ตรวจสอบระดับความชื้นของเซ็นเซอร์ เพื่อให้พืชได้น้ำในปริมาณที่เหมาะสม และช่วยประหยัดแรงงาน รวมทั้งประหยัดระยะเวลาในการรดน้ำ (นราธิป และธนาพัฒน์, 2559) และในเขตการเกษตรขนาดใหญ่ก็ได้มีการทดสอบและพัฒนาระบบให้น้ำแบบหยดสำหรับไร่อ้อยนอกเขตชลประทานในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เป็นการทดสอบการให้น้ำด้วยระบบน้ำหยดแบบเทป พบว่า เมื่อวัดจากปริมาณผลผลิต การให้น้ำหยดแบบเทปให้ผลผลิตดีกว่าการให้น้ำแบบทั่วไป (นาวิ และคณะ, 2556) ในงานด้านการทดลองเพาะปลูกเพื่อหาค่าความชื้นที่เหมาะสมได้มีการทดลองปลูกผักกวางตุ้งด้วยการควบคุมปริมาณความชื้นในดินจากการรดน้ำแบบหยดให้แตกต่างกันด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ก็ให้ผลที่น่าสนใจคือที่ค่าความชื้นในดินร้อยละ 15 โดยมวล จะทำให้ผักเติบโตมีมวลมากที่สุดคือร้อยละ 27 เทียบกับมวลผักรดน้ำปกติ แต่ถ้าเพิ่มความชื้นเป็นร้อยละ 18 จะได้มวลผักเพิ่มเพียงร้อยละ 2 (กาญจนา และคณะ, 2564) นอกจากนี้ยังสามารถประยุกต์ใช้เซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตามดวงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงานให้กับระบบให้น้ำแบบอัตโนมัติในเขตเพาะปลูกที่อยู่ห่างไกลได้อีกด้วย (ปริชา และคณะ, 2557) หรือการนำระบบรดน้ำอัตโนมัติไปใช้กับการปลูกพืชแนวตั้งก็ยังสามารถควบคุมการให้น้ำแบบหยดได้อย่างมีประสิทธิภาพ ถูกต้อง แม่นยำ (วิฑริช และสนั่น, 2562)

ผู้วิจัยต้องการศึกษาการออกแบบและสร้างระบบรดน้ำที่สามารถควบคุมความชื้นอัตโนมัติให้แก่ต้นฟ้าทะลายโจร ให้เจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว เพื่อเป็นการสนับสนุนการเพาะปลูกให้ใช้ในการช่วยลดอาการบางอย่างในผู้ติดเชื้อโควิดที่มีอาการไม่รุนแรง ดังนั้นจึงสนใจการเจริญเติบโตที่วัดจากความสูงของต้นและจำนวนใบ โดยขั้นตอนการออกแบบจะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino (อาร์ดิวโน) เป็นตัวรับข้อมูลจากเซ็นเซอร์ และส่งคำสั่งให้ปั้มน้ำและโซลินอยด์วาล์วทำงาน เพื่อที่จะควบคุมความชื้นในดิน ให้เหมาะสมกับความต้องการน้ำของสมุนไพรฟ้าทะลายโจรแบบเรียลไทม์ ทำให้จำเป็นต้องพัฒนาระบบจัดเก็บข้อมูลส่งเข้าคอมพิวเตอร์เพื่อช่วยในการวิเคราะห์ข้อมูลความชื้น อุณหภูมิ และเวลา สิ่งที่สำคัญอีกประการคือความถูกต้องและแม่นยำของเซ็นเซอร์ จึงต้องสอบเทียบหัววัดเซ็นเซอร์ให้ถูกต้องกับการทดลองวัดจากตัวอย่างดินที่ปรับค่าความชื้นในดินให้เป็น 5 ระดับคือร้อยละ 0 5 10 15 และ 20 โดยมวล ซึ่งจะทำให้สามารถนำไปใช้ศึกษาหาร้อยละความชื้นในดินที่ต้นฟ้าทะลายโจรต้องการได้ โดยระบบที่ออกแบบและพัฒนามาจะนำไปใช้กับการเพาะต้นอ่อนฟ้าทะลายโจรในตู้ปลูกเพราะจะสามารถควบคุมความชื้นและอุณหภูมิในตู้ได้อย่างแม่นยำและไม่มีปัจจัยภายนอกมารบกวนได้ จากนั้นจะนำระบบไปใช้กับการปลูกในแปลงดินจริง เนื่องจากความต้องการน้ำของสมุนไพรฟ้าทะลายโจรไม่เท่ากันในแต่ละระยะการปลูก จึงต้องแบ่งการศึกษาหาค่าความชื้นในดินที่เหมาะสมเป็นสองระยะคือ ระยะการเพาะต้นอ่อนและระยะการปลูกลงแปลงดิน โดยทำการสุ่มกำหนดช่วงความชื้นเป็น 3 ระดับ เพื่อหาระดับร้อยละความชื้นในดินที่พืชสามารถเจริญเติบโตได้ดีที่สุดของทั้งสองระยะของการปลูก โดยผู้วิจัยหวังว่าระบบนี้จะช่วยในเรื่องการเจริญเติบโตของสมุนไพรฟ้าทะลายโจรในพื้นที่อย่างมีประสิทธิภาพ

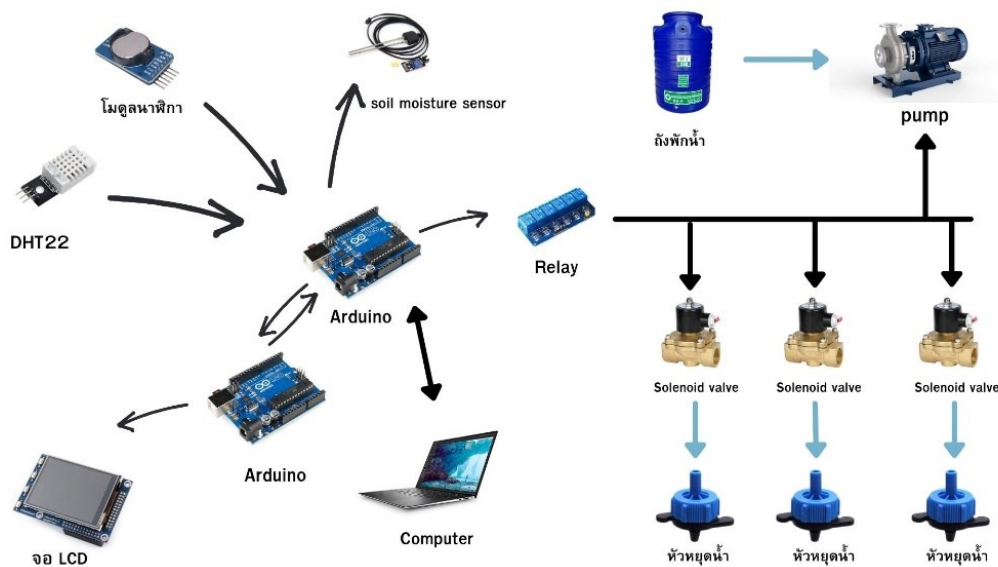
วิธีการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการออกแบบและพัฒนาระบบควบคุมการให้น้ำแก่ต้นฟ้าทะลายโจร โดยออกแบบระบบให้น้ำในตู้เพาะเลี้ยงต้นอ่อน และออกแบบระบบให้น้ำในแปลงปลูกจริง ซึ่งจะเป็นการวัดค่าความชื้นในดินและควบคุมการให้น้ำโดยไมโครคอนโทรลเลอร์จำนวนสองตัวที่สื่อสารระหว่างกัน การออกแบบจะเน้นความถูกต้องแม่นยำของหัววัดความชื้นในดินจึงจำเป็นต้องนำมาสอบเทียบหัววัดทั้งหมดก่อนนำไปใช้ในการทดลอง เพื่อให้ได้ข้อสรุปว่าความชื้นในดินที่มีค่าเท่าใดต้นฟ้าทะลายโจรจึงจะเจริญเติบโตได้ดีที่สุด โดยการวัดจากความสูงและจำนวนใบ

1) การออกแบบระบบและแปลงผัก

ต้นฟ้าทะลายโจรมีความต้องการน้ำในปริมาณที่สม่ำเสมอและต้องการสภาวะอากาศที่เหมาะสมตลอดช่วงระยะเวลาการเติบโต ดังนั้นจึงออกแบบระบบควบคุมความชื้นอัตโนมัติเพื่อให้ต้นฟ้าทะลายโจรได้รับความชื้นที่เพียงพอ ในระบบจะประกอบด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอาร์ดูโนจำนวนสองตัวนำมาสื่อสารกัน โดยตัวที่หนึ่งใช้ในการรับข้อมูลจากเซนเซอร์ความชื้นในดินและอากาศ เมื่อความชื้นในดินมีค่าน้อยตามเงื่อนไขจะสั่งให้ระบบน้ำหยุดทำงาน นอกจากนี้ยังเพิ่มระบบเวลาเข้ามาเพื่อทำการส่งข้อมูลค่าเวลา ค่าความชื้นในดิน ค่าความชื้นในอากาศ และค่าอุณหภูมิอากาศ โดยส่งไปยังอาร์ดูโนตัวที่สองเพื่อแสดงผลออกจอแสดงผลทุกค่า และส่งข้อมูลออกไปยังคอมพิวเตอร์เพื่อเก็บข้อมูลผลการทดสอบระบบ โดยการเชื่อมต่อของระบบไปเป็นตามภาพที่ 1 และมีเงื่อนไขในการทำงานเป็นไปตามตารางที่ 1

การออกแบบแปลงปลูกแต่ละแปลงเป็นแนวยาวเรียงกัน 5 แปลง ขนาดกว้าง 50 เซนติเมตร ยาว 450 เซนติเมตร ระยะห่างระหว่างต้น 50 เซนติเมตร และระยะห่างระหว่างแปลง 50 เซนติเมตร ซึ่ง 3 แปลงแรกจะมีการติดตั้งระบบน้ำหยุด โดยจะให้หัวน้ำหยุดอยู่ใกล้ต้นผัก และมีเซนเซอร์วัดความชื้นดิน แปลงละ 3 ตัว เมื่อความชื้นในดินต่ำกว่าค่าที่กำหนดไว้ ไมโครคอนโทรลเลอร์จะสั่งการให้รีเลย์เปิดการทำงานของระบบน้ำหยุด เพื่อให้น้ำแก่พืช และเมื่อความชื้นในดินถึงค่าที่กำหนดไว้ รีเลย์จะสั่งให้ปั๊มน้ำหยุดการให้น้ำแก่พืช



ภาพที่ 1 การเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ของระบบควบคุมความชื้นอัตโนมัติสำหรับต้นฟ้าทะลายโจร

ตารางที่ 1 แสดงเงื่อนไขการออกแบบระบบควบคุมการให้น้ำแบบหยด

Condition of irrigation	Solenoid valve number	Pump	Number of waterings	RH data			
				9:00AM	12:00PM	3:00PM	Real time
แปลง 1 RH< 24 %	Soil 1 On	On	keep	keep	keep	keep	show
แปลง 1 RH> 24 %	Soil 1 Off	Off	No	keep	keep	keep	show
แปลง 2 RH< 22 %	Soil 2 On	On	keep	keep	keep	keep	show
แปลง 2 RH> 22 %	Soil 2 Off	Off	No	keep	keep	keep	show
แปลง 3 RH< 20 %	Soil 3 On	On	keep	keep	keep	keep	show
แปลง 3 RH> 20 %	Soil 3 Off	Off	No	keep	keep	keep	show
แปลง 4 Time = 7:00AM	Soil 4 On	On	keep	keep	keep	keep	show
แปลง 4 Time ≠ 7:00AM	Soil 4 Off	Off	No	keep	keep	keep	show
แปลง 5	Off	Off	No	keep	keep	keep	show

2) การสร้างและทดสอบระบบควบคุมความชื้นอัตโนมัติ

การสร้างระบบควบคุมได้เลือกไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอาร์ดูอิโนมาใช้ในการเขียนโปรแกรมควบคุม ใช้เซนเซอร์วัดความชื้นในดินคือ Soil Moisture Sensor มีการใช้เซนเซอร์วัดความชื้นและอุณหภูมิในอากาศคือ DHT22 ส่งข้อมูลกลับมาเพื่อประมวลผลตามเงื่อนไข ถ้าค่าความชื้นในดินต่ำกว่าที่ตั้งค่าจะสั่งให้รีเลย์ตัวที่หนึ่งทำงานให้อยู่ในสถานะ ON เพื่ออนุญาตให้กระแสไฟฟ้าไหลไปยังปั๊มน้ำเพื่อให้ทำงาน (ปั๊มน้ำมีขนาดความดัน 12 bar กระแส 6A แรงดัน 12V) และหลังจากผ่านไปประมาณ 5 วินาทีถึงสั่งให้รีเลย์ตัวที่สองทำงานเพื่อปล่อยกระแสไฟฟ้าไปควบคุมให้โซลินอยด์วาล์วทำงานปล่อยให้น้ำไหลลงไปยังท่อลำเลียง PE แล้วกลายเป็นน้ำหยดต่อไป โดยรีเลย์ตัวที่ 2 3 และ 4 จะคอยควบคุมโซลินอยด์วาล์วของชุดแปลงผักฟ้าทะเลสาบโจรที่ต้องการควบคุมค่าความชื้นในดินให้อยู่ที่ร้อยละ 24 22 และ 20 ตามลำดับ และจากค่าเวลาที่ส่งมาจากโมดูลนาฬิกา (DS3231 Module) จะถูกนำมาเข้าเงื่อนไขในการส่งค่าที่สำคัญไปยังอาร์ดูอิโนตัวที่สองเพื่อให้ส่งค่าออกมายังจอโมดูลจอแสดงผลแบบสีขนาด 3.5 นิ้ว โดยข้อมูลที่ส่งไปจะมีค่าความชื้นในดินของแปลงผักที่ 1 2 3 4 และ แปลงควบคุมค่าอุณหภูมิและความชื้นในอากาศ โดยแสดงค่าวันละ 3 ครั้ง คือเวลา 09.00 น. 12.00 น. และ 15.00 น. แต่ในช่วงทดสอบระบบจะดำเนินการทดลองในตู้ปลูกผักเพื่อให้ง่ายในการดูแลผักและทดสอบระบบ โดยจะวัดค่าเป็นเวลา 24 ชั่วโมง โดยวัดค่าทุกหนึ่งนาที่แล้วส่งค่ามายังคอมพิวเตอร์ โดยข้อมูลจะเข้าไปที่โปรแกรม Visual Studio ที่พัฒนาขึ้นเพื่อให้สามารถบันทึกค่าเป็นไฟล์ .xlsx ได้ทุกชั่วโมงเพื่อป้องกันไฟดับ วงจรควบคุมที่สร้างเสร็จ และตู้ปลูกผักทดสอบแสดงในภาพที่ 2

ในส่วนระบบวัดค่าความชื้นในดินที่สร้างเสร็จจะถูกนำไปสอบเทียบค่าความถูกต้องโดยการนำไปวัดค่าเทียบกับดินที่ถูกเตรียมให้มีค่าความชื้นในดินที่แตกต่างกัน 5 ระดับ คือร้อยละ 0 5 10 15 20 โดยมวล ตามลำดับ โดยเป็นค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นโดยมวลของมวลน้ำในดินที่เทียบกับมวลดินแห้ง ดังภาพที่ 3(ก) ในขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างดินสามารถเตรียมโดยการนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 110 °C เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง โดยนำออกมาชั่ง 2 ครั้งแล้วมวลไม่เปลี่ยนไปจากเดิมจึงถือว่าตัวอย่างมีความชื้นเป็นร้อยละ 0 จากนั้นจึงเติมน้ำลงไปเพื่อให้ได้ค่าความชื้นในดินตามที่ต้องการ โดยเติมน้ำลงไปตามสมการ (1)

$$M_w = M_p \times RH_p \quad (1)$$



(ก)



(ข)

ภาพที่ 2 ระบบควบคุมความชื้นอัตโนมัติที่พัฒนาขึ้น (ก) วงจรของระบบควบคุม และ (ข) ระบบควบคุมความชื้นอัตโนมัติที่กำลังทดสอบในตู้ปลูกผัก

โดยค่า RH_p คือ เปอร์เซ็นต์ความชื้นโดยมวลที่ต้องการ และต้องหาค่า M_p หรือมวลของดินที่แห้งสนิท (หน่วยกรัม) จากนั้นจึงคำนวณหาค่า M_w หรือมวลของน้ำ (หน่วยกรัม) ที่ต้องเติมลงไปดินตัวอย่าง เมื่อทำการวัดค่าความชื้นในดินด้วยระบบที่สร้างขึ้นแล้วจึงนำค่าที่วัดได้ไปทำเป็นกราฟเปรียบเทียบระหว่างค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นจริงเทียบกับค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นจากระบบ หลังจากนั้นจึงทำเทียบค่าด้วยสมการเส้นตรงเพื่อหาสมการสอบเทียบของแต่ละหัวเซนเซอร์ แล้วนำสมการไปใช้ในการปรับค่าให้ถูกต้องด้วยการเขียนโปรแกรมในไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวแรก เพื่อที่จะได้วัดและแสดงค่าได้ถูกต้อง

ในส่วนของการวัดค่าความชื้นในอากาศจะใช้การสอบเทียบกับเครื่องวัดค่าความชื้นมาตรฐานคือ เครื่องมือวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์แบบพกพาพร้อมหัววัดในตัว รุ่น Testo 625 ดังภาพที่ 3(ข) แล้วนำค่าที่วัดไปทำกราฟเพื่อเปรียบเทียบและหาสมการสอบเทียบเพื่อใช้ในการปรับแก้ในการเขียนโปรแกรมค่าความชื้นในดิน



(ก)



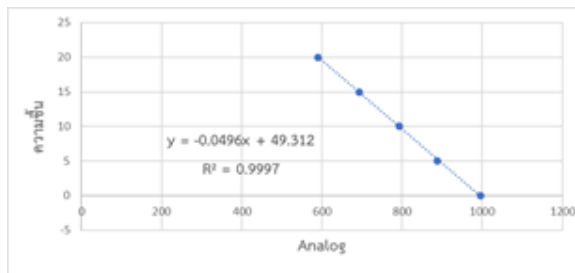
(ข)

ภาพที่ 3 การสอบเทียบค่าของเซนเซอร์ (ก) การวัดค่าความชื้นในดินเพื่อสอบเทียบ และ (ข) การวัดค่าความชื้นในอากาศเพื่อสอบเทียบ

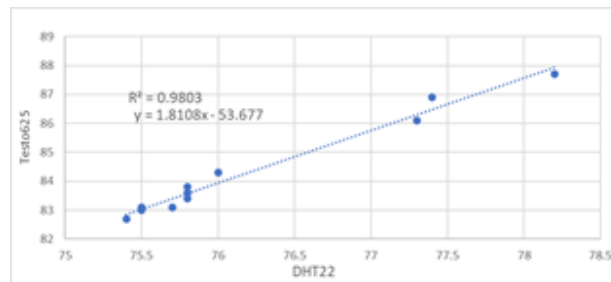
ผลการวิจัย และวิจารณ์ผลการวิจัย

1) ผลการสอบเทียบเซนเซอร์ของระบบให้น้ำอัตโนมัติ

เมื่อนำเซนเซอร์วัดความชื้นในดินจำนวน 15 ตัว มาทำการวัดค่าความชื้นในดินจากตัวอย่างดินที่เตรียมไว้ให้มีค่าความชื้นในดิน 5 ระดับคือร้อยละ 0 5 10 15 20 โดยมวล ได้ผลตัวอย่างการสอบเทียบดังภาพที่ 4(ก) และได้ผลการสอบเทียบการวัดค่าเปรียบเทียบกับระหว่างเซนเซอร์วัดความชื้นในอากาศ (DHT22) กับ เครื่องวัดค่าความชื้นมาตรฐาน (Testo625) ดังภาพที่ 4(ข)



(ก)



(ข)

ภาพที่ 4 ผลการสอบเทียบค่าของเซนเซอร์ (ก) ผลการสอบเทียบหัวเซนเซอร์วัดความชื้นในดิน และ (ข) ผลการสอบเทียบหัวเซนเซอร์วัดความชื้นในอากาศ

จากตัวอย่างกราฟแสดงการสอบเทียบเซนเซอร์วัดความชื้นในดินในภาพที่ 4 (ก) จะได้สมการเส้นตรงสำหรับนำไปเขียนโปรแกรมปรับค่าแสดงได้ดังสมการ (2)

$$Y = -0.049X + 49.312 \quad (2)$$

เมื่อค่าจากเซนเซอร์วัดความชื้นในดินส่งมาเป็นค่า Analog จะถูกแทนค่าลงไปในสมการในค่าตัวแปร X จากนั้นผลลัพธ์จะออกมาเป็นค่าตัวแปร Y ซึ่งจะกลายเป็นค่าความชื้นในดินที่ใกล้เคียงค่าที่ถูกต้องที่สุดของเซนเซอร์ตัวนี้ และในทำนองเดียวกัน กรณีความชื้นในอากาศของภาพที่ 4 (ข) ก็จะได้สมการสอบเทียบแสดงได้ดังสมการ (3)

$$Y = 1.8108X - 53.677 \quad (3)$$

โดยค่า X จะเป็นค่าที่ได้มาจากเซนเซอร์ DHT22 แล้วจะถูกแทนในสมการสอบเทียบเพื่อแปลงให้เป็น Y ซึ่งคือค่าความชื้นในอากาศที่ถูกต้องที่สุดของเซนเซอร์นี้

เมื่อนำสมการที่ (1) และ (2) ไปเขียนในโปรแกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์จะช่วยให้เมื่อรับค่าจากเซนเซอร์มาเป็นค่า Analog จะแปลงในสมการให้เป็นค่าความชื้นที่ใกล้เคียงค่าที่ถูกต้องได้มากขึ้น โดยเซนเซอร์แต่ละตัวจะมีความคลาดเคลื่อนไม่เท่ากัน ดังนั้นจึงจำเป็นต้องทำการสอบเทียบทุกเซนเซอร์ ซึ่งได้ผลการสอบเทียบดังตารางที่ 2

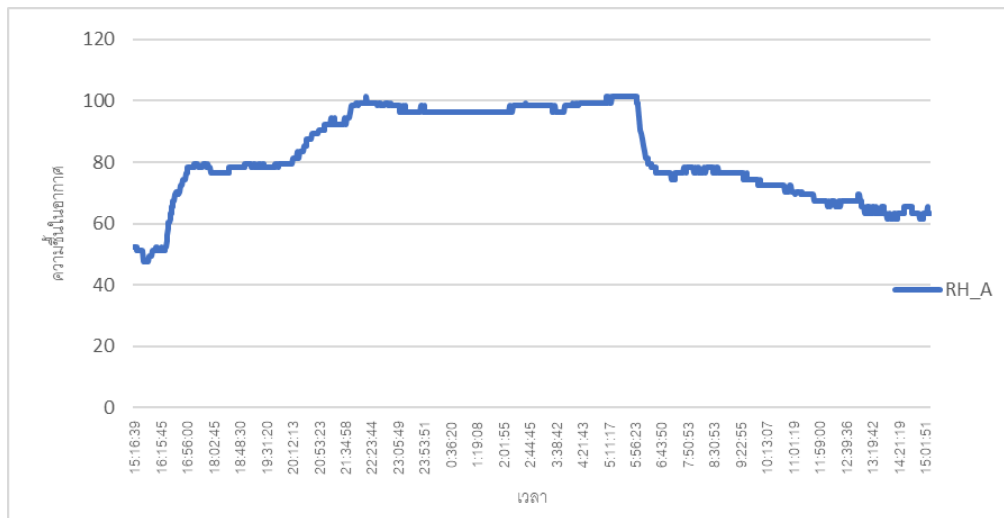
ตารางที่ 2 แสดงการเปรียบเทียบค่าความชื้นในดินของเซนเซอร์ก่อนและหลังการสอบเทียบ

หมายเลข เซนเซอร์	สมการสอบเทียบ	ค่าความชื้นในดินวัดด้วยเซนเซอร์		ค่าความชื้นใน ดินตัวอย่าง
		ก่อนสอบเทียบ (%)	หลังสอบเทียบ (%)	
sensor1	$y = -0.05x + 49.978$	14.5	15.4	15
sensor2	$y = -0.0496x + 49.312$	14.4	14.9	15
sensor3	$y = -0.0498x + 49.827$	13.1	14.1	15
sensor4	$y = -0.0432x + 43.913$	17.3	16.5	15
sensor5	$y = -0.0434x + 44.586$	17.9	15.0	15
sensor6	$y = -0.0496x + 50.192$	16.4	14.9	15
sensor7	$y = -0.0473x + 49.263$	15.6	14.8	15
sensor8	$y = -0.0463x + 47.326$	16.5	14.5	15
sensor9	$y = -0.0446x + 46.917$	14.8	16.4	15
sensor10	$y = -0.0482x + 49.041$	13.4	14.7	15
sensor11	$y = -0.0448x + 45.657$	18.8	15.9	15
sensor12	$y = -0.043x + 44.227$	15.5	15.4	15
sensor13	$y = -0.0419x + 43.979$	19.3	16.6	15
sensor14	$y = -0.0418x + 42.616$	13.0	14.2	15
sensor15	$y = -0.0427x + 43.093$	17.3	16.0	15

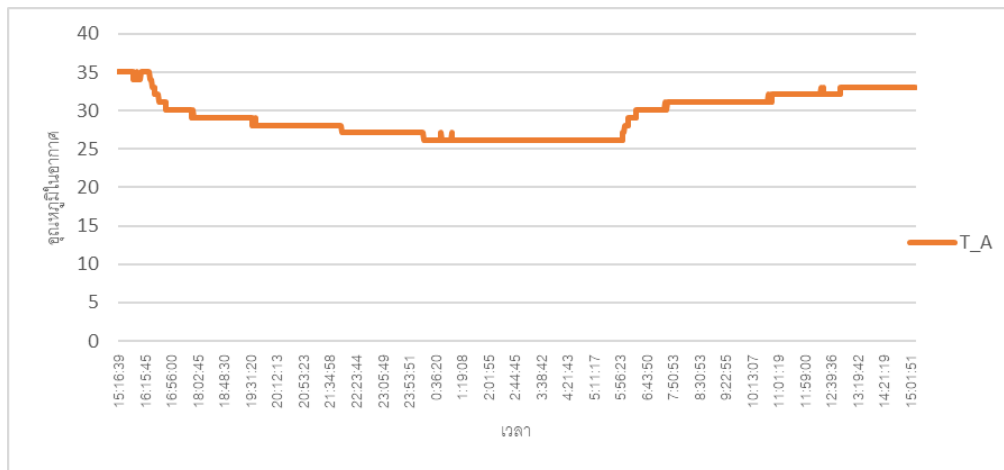
2) ผลการทดสอบระบบการให้น้ำหยดอัตโนมัติในตู้ปลูกผัก 24 ชั่วโมง

ทำการเก็บข้อมูลการทำงานของระบบน้ำหยดอัตโนมัติในตู้ปลูกผักเป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง โดยเก็บข้อมูลโดยใช้โปรแกรม Visual Studio ที่พัฒนาขึ้นโดยเก็บข้อมูลค่าความชื้นในดินของเซนเซอร์ทั้ง 15 ตัว ซึ่งจะเก็บเป็นค่าเฉลี่ยของแต่ละแปลง โดยแปลงที่ 1 2 และ 3 คือแปลงที่ใช้ระบบน้ำหยดอัตโนมัติ เนื่องจากยังไม่ทราบค่าความชื้นในดินที่ต้นฟ้าทะลายโจรต้องการใช้ในการเจริญเติบโต จึงสุ่มกำหนดค่าความชื้นไว้ที่ร้อยละ 24 22 และ 30 ส่วนแปลงที่ 4 เป็นแปลงให้น้ำแบบทั่วไป และแปลงที่ 5 เป็นแปลงควบคุมหรือสิ่งแวดล้อม รวมทั้งเก็บค่าอุณหภูมิและความชื้นในอากาศ และดูการทำงานของระบบน้ำหยดอัตโนมัติว่าสามารถทำงานได้ตามเงื่อนไขที่กำหนดหรือไม่ โดยได้ข้อมูลดังภาพที่ 5 - 7

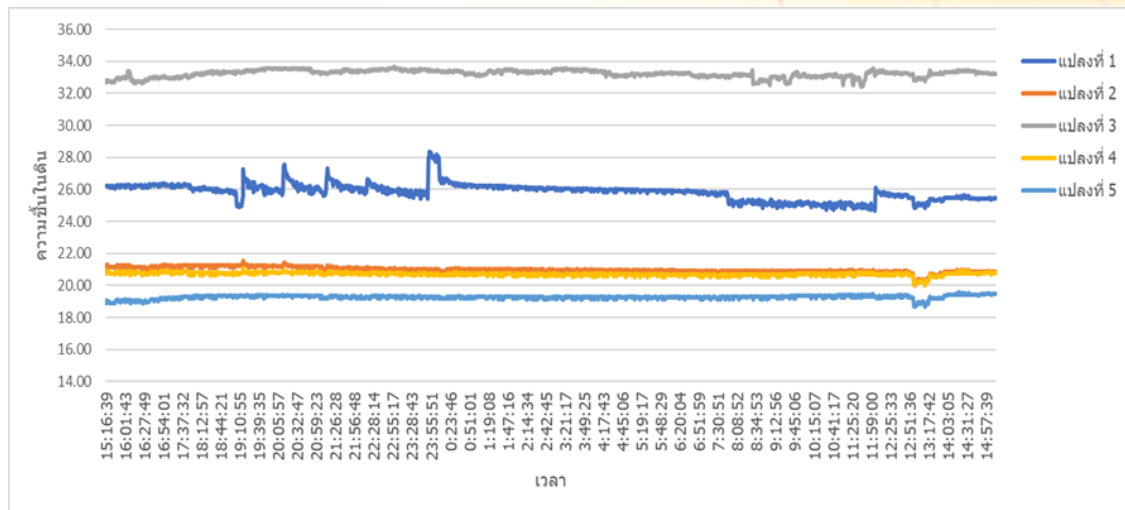
จากการทดสอบระบบและวัดค่าเป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง พบว่าระบบทำงานได้ดี สามารถควบคุมค่าความชื้นในดินให้เป็นไปตามเงื่อนไขได้ถูกต้อง แต่ในช่วงเวลากลางคืนระหว่าง 21:00 – 6:00น ค่าอุณหภูมิของอากาศลดลงจาก 28°C เป็น 26°C และค่าความชื้นในอากาศได้เพิ่มสูงขึ้นจากร้อยละ 80 เป็น 100 จึงส่งผลให้ค่าความชื้นในดินเพิ่มขึ้นเล็กน้อยจากปรากฏการณ์ธรรมชาติในเรื่องความอึดตัวของน้ำในอากาศ แต่เมื่อถึงเวลาเช้าค่าความชื้นในอากาศลดลงส่งผลให้ค่าความชื้นในดินของทุกแปลงสามารถปล่อยความชื้นจากผิวดินออกสู่อากาศได้ ทำให้ค่าความชื้นในดินกลับมาได้เท่าเดิม จากผลการทดลองนี้สามารถยืนยันได้ว่าระบบสามารถควบคุมความชื้นในดินได้จริง และสามารถนำไปใช้กับการเพาะต้นอ่อนของสมุนไพรฟ้าทะลายโจรได้



ภาพที่ 5 ค่าความชื้นในดินเฉลี่ยทั้ง 5 แปลงในตู้ปลูกผัก



ภาพที่ 6 ค่าความชื้นอากาศในตู้ปลูกผัก

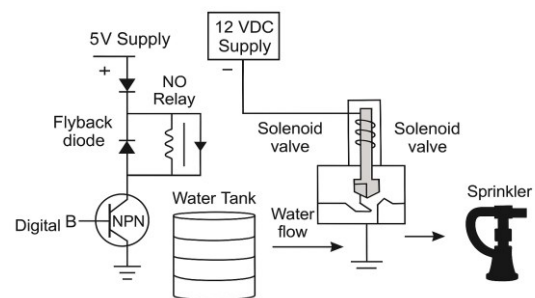


ภาพที่ 7 ค่าอุณหภูมิอากาศในตู้ปลูกผัก

ในช่วงที่ทำการสร้างและทดสอบระบบได้พบว่าระบบได้ทำงานผิดปกติ จึงได้ทำการตรวจสอบแล้วพบสาเหตุว่าอุปกรณ์ในระบบ เช่น พัดลม ปั้มน้ำ และ Solenoid valve เป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดการรบกวนทางแม่เหล็กไฟฟ้า โดยสร้างสัญญาณรบกวน (Noise) เข้ามาในระบบ ดังภาพที่ 8(ก) ส่งผลต่อการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ สอดคล้องกับการศึกษาของ Ho et al. (2003) ที่พบว่า EMI จากปั้มน้ำสามารถทำให้ระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ทำงานผิดปกติได้ ซึ่งสามารถลดปัญหาสัญญาณรบกวนได้ด้วยการต่อวงจรจระไดโอดระบายกระแสย้อนกลับ (Flyback Diode Protection Circuit) เข้าไปในอุปกรณ์ชนิด Solenoid valve และ Relay ดังภาพ 8(ข) นอกจากนี้ปัญหาการกักร้อนของเซนเซอร์วัดความชื้นในดินที่ทำจากโลหะ ซึ่งนำไปสู่การอ่านค่าที่ผิดพลาด ก็สอดคล้องกับการศึกษาของ Saleh et al. (2016) ที่พบว่า เซนเซอร์แบบ Capacitive สามารถเกิดการกักร้อนได้หากไม่ได้รับการป้องกันอย่างเหมาะสม



(ก)



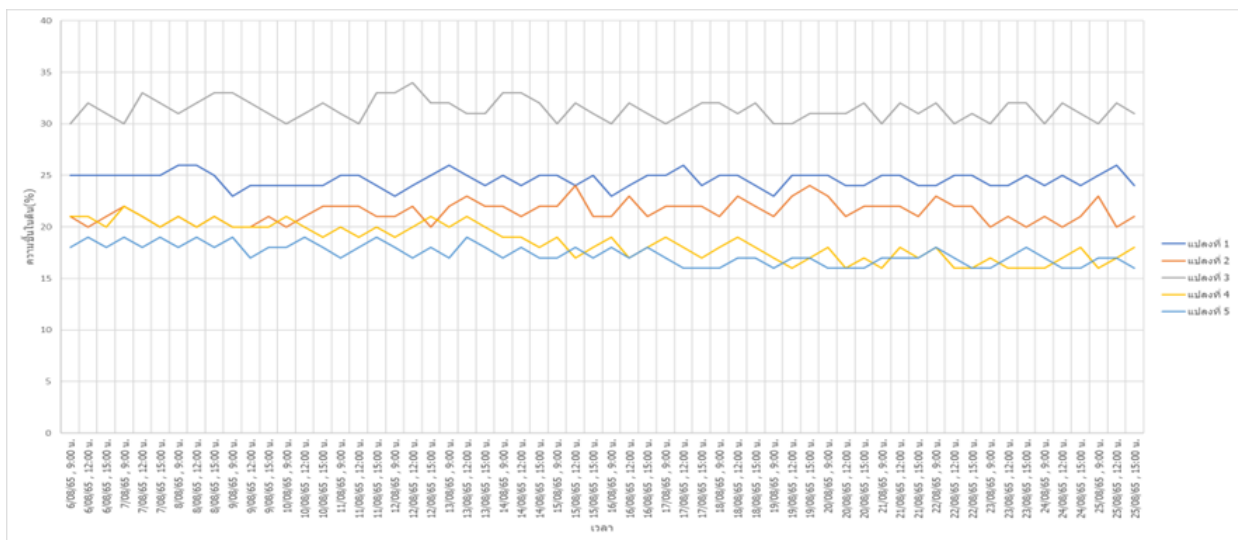
(ข)

ภาพที่ 8 สัญญาณรบกวนที่เกิดในระบบ (ก) ภาพสัญญาณรบกวน และ (ข) ภาพวงจรลดสัญญาณรบกวน

3) ทดสอบระบบโดยเก็บข้อมูลการทำงานของระบบน้ำหยดอัตโนมัติในตู้ปลูกผัก 20 วัน

เพื่อความมั่นใจว่าระบบจะสามารถนำออกไปใช้งานได้จริงกับแปลงปลูก จึงต้องนำระบบมาทดลองใช้งานจริงกับการให้น้ำหยดในตู้ปลูกผักของการเพาะต้นอ่อนเป็นระยะเวลา 20 วัน โดยให้ระบบทำงานติดต่อกันโดยไม่ปิดระบบ และทำการแสดงค่าความชื้นในดินเฉลี่ยของแต่ละชุดแปลงเป็นแบบเรียลไทม์ โดยเก็บข้อมูลค่าความชื้นในดินที่เป็นค่าเฉลี่ยของแต่ละแปลงทั้ง 5 แปลง โดย 3 แปลงแรกจะใช้ระบบน้ำหยดที่กำหนดค่าความชื้นดินที่ร้อยละ 24 22 และ 30 ตามลำดับ แปลงที่ 4 ให้น้ำแบบทั่วไป และแปลงที่ 5 เป็นแปลงความชื้นสิ่งแวดล้อม รวมเก็บค่าอุณหภูมิ และความชื้นในอากาศ วันละ 3 ครั้ง คือเวลา 09.00 น. 12.00 น. และ 15.00 น. ได้ข้อมูลดังภาพที่ 9

หลังจากทดสอบระบบด้วยการใช้งานจริงเป็นระยะเวลา 20 วัน พบว่าระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถให้น้ำหยดและควบคุมค่าความชื้นในดินได้อย่างถูกต้องตามที่ตั้งค่าไว้คือ ชุดแปลงปลูกที่ 1 มีค่าความชื้นเฉลี่ยอยู่ที่ร้อยละ 25 ชุดแปลงปลูกที่ 2 มีค่าความชื้นเฉลี่ยอยู่ที่ร้อยละ 22 ชุดแปลงปลูกที่ 3 มีค่าความชื้นเฉลี่ยอยู่ที่ร้อยละ 32 แปลงปลูกที่ 4 แบบให้น้ำทั่วไปไม่มีค่าความชื้นเฉลี่ยอยู่ที่ร้อยละ 18 โดยมีแนวโน้มลดลงเรื่อยๆ และชุดแปลงปลูกที่ 5 แปลงความชื้นสิ่งแวดล้อมค่าความชื้นเฉลี่ยอยู่ที่ร้อยละ 17 ซึ่งในช่วงการทดสอบระบบได้ทำการเก็บข้อมูลการเจริญเติบโตของสมุนไพรพาสลางใจไปได้ด้วย



ภาพที่ 9 ค่าความชื้นในดินเฉลี่ยทั้ง 5 แปลง ที่ปลูกในตู้ปลูกผักในระยะเวลา 20 วัน

4) ทดสอบระบบการให้น้ำหยดอัตโนมัติในแปลงจริง

ทำการเก็บข้อมูลการทำงานของระบบน้ำหยดอัตโนมัติในแปลงจริง 14 วัน โดยเก็บข้อมูลค่าความชื้นในดินที่เป็นค่าเฉลี่ยของแต่ละแปลงทั้ง 5 แปลง โดย 3 แปลงแรกจะใช้ระบบน้ำหยดที่กำหนดค่าความชื้นดินที่ร้อยละ 24 22 และ 20 ตามลำดับ แปลงที่ 4 ให้น้ำแบบทั่วไป และแปลงที่ 5 เป็นแปลงความชื้นสิ่งแวดล้อม รวมเก็บค่าอุณหภูมิ และความชื้นในอากาศ วันละ 3 ครั้ง คือเวลา 09.00 น. 12.00 น. และ 15.00 น. ได้ผลการเก็บข้อมูลต่างๆ ดังภาพที่ 10 - 12

จากการทดสอบการทำงานของระบบการให้น้ำหยดแบบอัตโนมัติ เป็นเวลา 14 วัน จากกราฟพบว่าค่าความชื้นในดินเฉลี่ยของแปลงพาสลางใจที่ใช้ระบบ คือ แปลงที่ 1 แปลงที่ 2 แปลงที่ 3 จะมีค่าความชื้นที่สูงอยู่ในระดับตามเงื่อนไขและจะไม่ลดลงกว่าระดับเงื่อนไขที่ตั้งไว้ และแปลงไม่ใช้ระบบคือแปลงที่ 4 ที่ทำการรดน้ำด้วยมือจะมีค่าความชื้นมากหรือน้อยเป็นไปตามปริมาณการให้น้ำ และแปลงที่ 5 คือแปลงสิ่งแวดล้อมจะมีค่าความชื้นขึ้นขึ้นกับสภาพภูมิอากาศในแต่ละวัน แต่ในช่วงวันที่ 12 ถึง 16 กันยายน 2565 มีค่าความชื้นลดลงต่อเนื่อง เนื่องจากกำลังเข้าสู่ฤดูหนาวที่ความชื้นในอากาศมีค่าน้อยทำให้ความชื้นในดินของแปลงสิ่งแวดล้อมต้องสูญเสียไปให้แก่อากาศ โดยแต่ละแปลงมีค่าความชื้นสูงสุดและต่ำสุดคือ

แปลงที่ 1 จะมีค่าความชื้นในดินมากที่สุดคือร้อยละ 24 และมีค่าต่ำที่สุดคือร้อยละ 20

แปลงที่ 2 จะมีค่าความชื้นในดินมากที่สุดคือร้อยละ 22 และมีค่าต่ำที่สุดคือร้อยละ 18

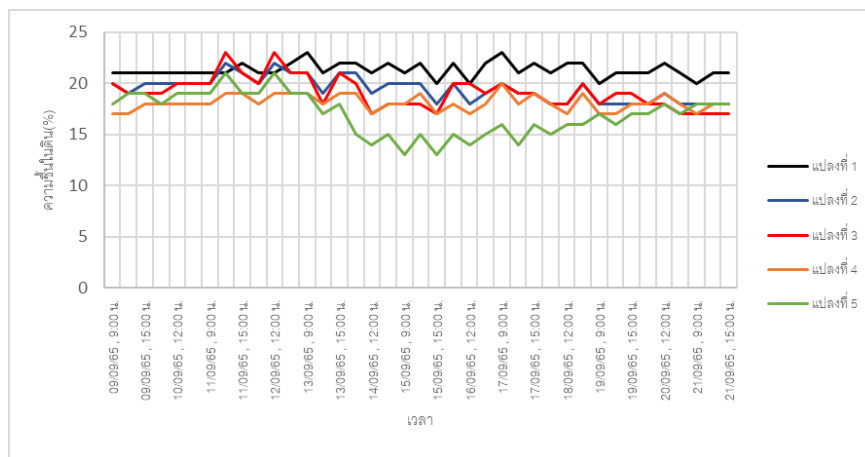
แปลงที่ 3 จะมีค่าความชื้นในดินมากที่สุดคือร้อยละ 23 และมีค่าต่ำที่สุดคือร้อยละ 17

แปลงที่ 4 รดน้ำด้วยมือ จะมีค่าความชื้นในดินมากที่สุดคือร้อยละ 20 และมีค่าต่ำที่สุดคือร้อยละ 17

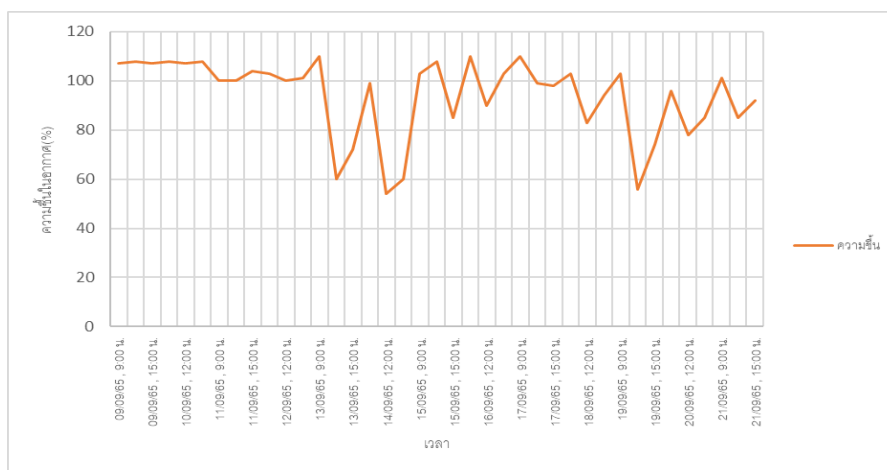
แปลงที่ 5 แปลงสิ่งแวดล้อม จะมีค่าความชื้นในดินมากที่สุดคือร้อยละ 21 และมีค่าต่ำที่สุดคือร้อยละ 13

ผลการควบคุมค่าความชื้นในดินของระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถรักษาความชื้นให้อยู่ในช่วงที่กำหนดได้อย่างมีประสิทธิภาพตลอดช่วงการทดสอบ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Ferrarezi et al. (2015) และ Majumder et al. (2025) ที่พบว่าไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถควบคุมการให้น้ำโดยอัตโนมัติได้อย่างแม่นยำ และช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้น้ำอย่างมีนัยสำคัญ ทั้งยังมีลักษณะแนวโน้มกราฟที่คล้ายคลึงกันในการรักษาความชื้นให้คงที่ใกล้เคียงค่าที่ตั้งไว้

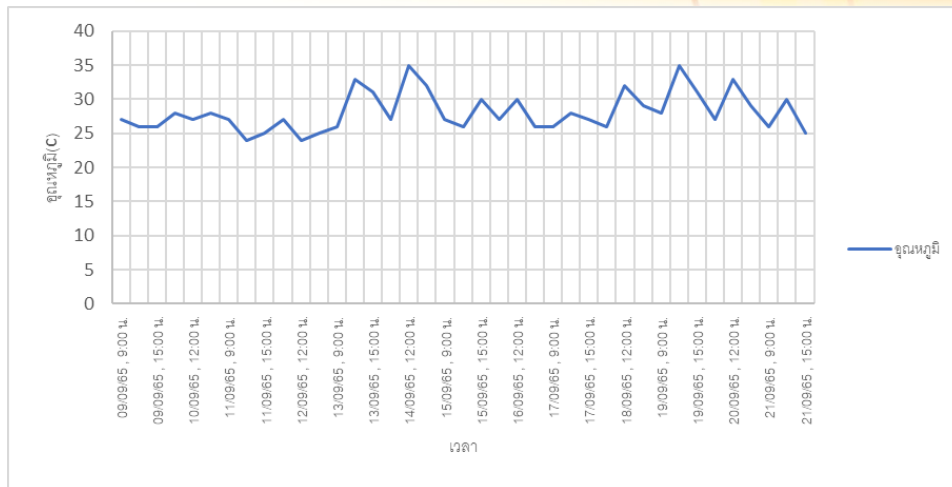
มีข้อสังเกตที่น่าสนใจคือในภาพที่ 10 มีค่าความชื้นในอากาศลดลงมาอยู่ที่ระดับร้อยละ 60 ถึง 3 ครั้ง เป็นเพราะว่ากำลังอยู่ในช่วงฤดูหนาวและในขณะเวลานั้นเป็นช่วงเวลาที่ยังมีท้องฟ้าไร้เมฆพоди จึงทำให้อุณหภูมิของก้อนอากาศในบริเวณแปลงปลูกเพิ่มสูงขึ้นถึง 32-35°C ก้อนอากาศจะลอยตัวสูงขึ้นจนส่งผลให้ค่าความชื้นในอากาศลดลง



ภาพที่ 10 ค่าความชื้นในดินเฉลี่ยทั้ง 5 แปลง ที่ปลูกในแปลงจริง ในระยะเวลา 14 วัน



ภาพที่ 11 ค่าความชื้นในอากาศในบริเวณแปลงจริง ในระยะเวลา 14 วัน

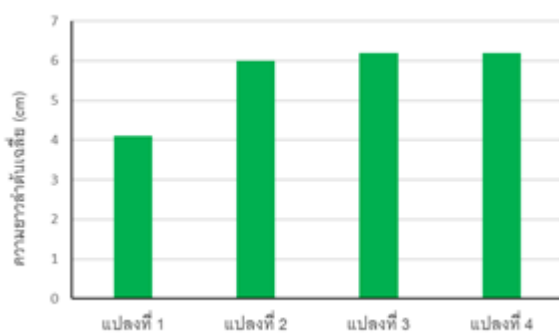


ภาพที่ 12 ค่าอุณหภูมิในอากาศในบริเวณแปลงจริง ในระยะเวลา 14 วัน

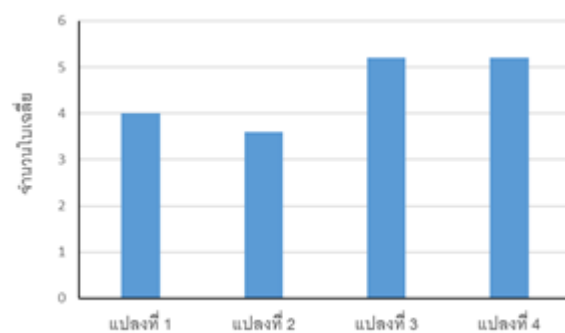
5) เปรียบเทียบผลการเจริญเติบโตของพืชทะเลทรายระหว่างใช้ระบบและไม่ใช่ระบบน้ำหยดอัตโนมัติ

ในช่วงเริ่มต้นได้ใช้ระบบอัตโนมัติในการเพาะต้นกล้าในตู้ปลูกผัก ซึ่งได้ผลการเปรียบเทียบความยาวและจำนวนใบของสมุนไพรทะเลทรายระหว่างต้นที่ให้น้ำแบบระบบน้ำหยดอัตโนมัติและต้นที่ไม่ใช้ระบบน้ำหยดอัตโนมัติ โดยวิเคราะห์ความยาวลำต้นและจำนวนของใบของต้นพืชทะเลทรายเปรียบเทียบกันได้ข้อมูลดังภาพที่ 13

ในการทดลองปลูกได้ออกแบบให้แปลงปลูกที่ใช้ระบบน้ำหยดอัตโนมัติคือแปลงที่ 1 2 และ 3 โดยแปลงที่ 4 จะเป็นการให้น้ำแบบปกติ จากการวัดค่าความชื้นเฉลี่ยของชุดแปลงปลูกที่ 1 2 3 และ 4 มีค่าความชื้นเฉลี่ยอยู่ที่ร้อยละ 25 22 32 และ 18 ตามลำดับ โดยจากข้อมูลในภาพที่ 13(ก) แสดงให้เห็นว่าแปลงปลูกที่ 2 3 และ 4 มีความสูงของต้นกล้าใกล้เคียงกันคือ 6 เซนติเมตร และจากข้อมูลในภาพที่ 13(ข) แสดงให้เห็นว่าแปลงปลูกที่ 3 และ 4 มีจำนวนใบเฉลี่ยสูงสุดใกล้เคียงกันคือประมาณ 5 ใบ แต่ทว่าทั้งค่าความสูงและจำนวนใบของต้นอ่อนอายุ 2 สัปดาห์นั้นแม้จะผ่านการให้น้ำหยดและแสงเทียม (สีม่วง) เป็นระยะเวลาต่อเนื่องกัน 20 วัน ก็จะมีค่าความสูงเฉลี่ยและจำนวนใบเท่าเดิมตั้งแต่เริ่มวัดค่า ทางผู้วิจัยจึงตัดสินใจ



(ก)

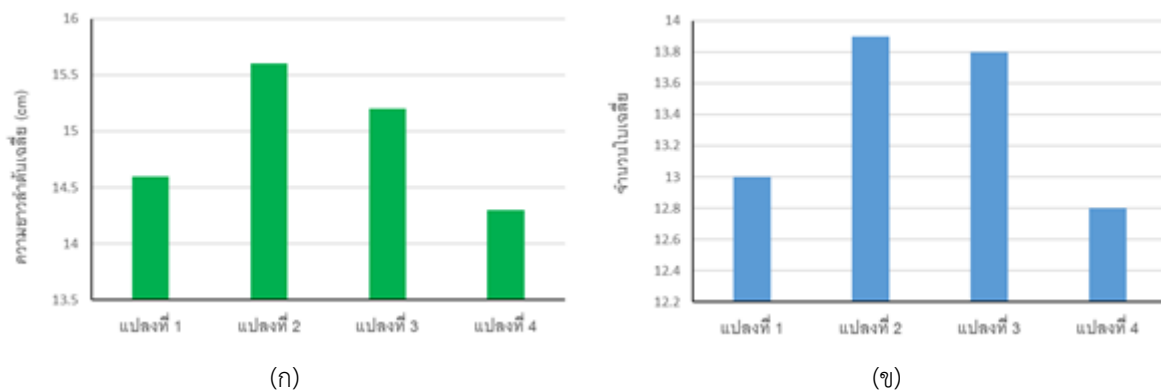


(ข)

ภาพที่ 13 ผลการเจริญเติบโตของต้นอ่อนพืชทะเลทรายที่ปลูกในตู้ปลูกผัก (ก) ความยาวลำต้นเฉลี่ย และ (ข) จำนวนใบเฉลี่ย

นำต้นกล้าอายุ 4 สัปดาห์นี้ลงปลูกยังแปลงดินจริง โดยได้เลือกใช้ค่าความชื้นที่ร้อยละ 30 เพราะที่ดินจะขึ้นจนเปลี่ยนสภาพเป็นดินโคลน

ในการปลูกลงแปลงดินจริงได้นำต้นกล้าเดิมมาสุ่มใหม่ โดยพยายามให้ความสูงเฉลี่ยของทุกแปลงมีความสูงโดยเฉลี่ยเท่ากันคือ 5.5 เซนติเมตร เมื่อนำต้นกล้าลงปลูกยังแปลงดินได้ใช้ระบบน้ำหยดอัตโนมัติในแปลงที่ 1 2 และ 3 โดยแปลงที่ 4 จะเป็นการให้น้ำแบบปกติเป็นระยะเวลา 14 วัน เมื่อเปรียบเทียบความยาวและจำนวนใบของสมุนไพรมะเขือเทศที่ให้น้ำแบบระบบน้ำหยดอัตโนมัติและไม่ใช้ระบบน้ำหยดอัตโนมัติ โดยวิเคราะห์ความยาวลำต้นและจำนวนของใบของพืชมะเขือเทศที่ใช้ระบบน้ำหยดอัตโนมัติเปรียบเทียบกับความยาวลำต้นและจำนวนใบของพืชมะเขือเทศที่ใช้วิธีรดน้ำธรรมดาว่าการรดน้ำแบบใดที่สามารถให้ผลผลิตได้ดีกว่า โดยได้ข้อมูลดังภาพที่ 14



ภาพที่ 14 ผลการเจริญเติบโตของต้นอ่อนพืชมะเขือเทศที่ปลูกในแปลงดินจริง (ก) ความยาวลำต้นเฉลี่ย และ (ข) จำนวนใบเฉลี่ย

หลังจากใช้ระบบน้ำหยดอัตโนมัติกับแปลงที่ 1 2 และ 3 โดยควบคุมค่าความชื้นในดินให้อยู่ในระดับ ร้อยละ 24 22 และ 20 ตามลำดับ โดยเปรียบเทียบกับผลการรดน้ำด้วยมือในแปลงที่ 4 ได้ผลความแตกต่างของการเจริญเติบโตของสมุนไพรมะเขือเทศอย่างชัดเจนโดยทั้ง 3 แปลงมีผลการเจริญเติบโตที่มากกว่าแปลงที่ 4 ทั้งหมด และแปลงที่มีผลการเจริญเติบโตสูงที่สุดคือแปลงที่ 2 ที่ควบคุมให้ดินมีความชื้นอยู่ที่ร้อยละ 22 ซึ่งจากผลการทดลองดังกล่าวพบว่าแปลงปลูกพืชมะเขือเทศที่ควบคุมความชื้นในดินให้อยู่ที่ร้อยละ 22 มีความยาวลำต้นเฉลี่ยสูงที่สุดที่ 15.6 เซนติเมตร และจำนวนใบเฉลี่ย 13.9 ใบ ได้แสดงให้เห็นว่าระบบควบคุมความชื้นอัตโนมัติที่พัฒนาขึ้นสามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตได้ดีกว่าการให้น้ำแบบทั่วไป สอดคล้องกับงานวิจัยของ Deshmukh et al. (2017) ซึ่งได้พัฒนาระบบให้น้ำโดยใช้ Arduino และตรวจพบว่าพืชที่ได้รับการรดน้ำแบบอัตโนมัติมีการเจริญเติบโตดีกว่าในแง่ของความสูงและใบเช่นเดียวกัน โดยเฉพาะในสภาพอากาศที่ความชื้นไม่คงที่ ระบบอัตโนมัติสามารถรักษาความชื้นให้เหมาะสมกับการเจริญเติบโตได้ดีกว่าการให้น้ำด้วยมือที่ขึ้นกับความสม่ำเสมอของผู้ปฏิบัติ

การทดลองได้แบ่งแปลงออกเป็นจำนวน 4 แปลง และ เปรียบเทียบความยาวต้นและจำนวนใบเมื่อใช้ระบบน้ำหยด กับวิธีรดน้ำแบบปกติ สรุปได้ว่า ระบบทำงานปกติ ผลการวิเคราะห์แปลงที่มีค่าเฉลี่ยความยาวลำต้นมากที่สุดคือ แปลงที่ 2 มีค่า 15.6 เซนติเมตร และแปลงที่มีค่าเฉลี่ยจำนวนใบมากที่สุดคือ แปลงที่ 2 มีค่าเฉลี่ย 13.9 ใบ โดยมีค่าความชื้นเฉลี่ยอยู่ที่ร้อยละ 22 สรุปได้ว่าการทำงานของระบบควบคุมอัตโนมัติสามารถทำงานได้ปกติตามเงื่อนไขที่กำหนด และผลของการวัดที่ได้จากเซนเซอร์อุณหภูมิ และความชื้นอากาศในตู้มีความแม่นยำ

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนา ที่ให้ทุนสนับสนุนการวิจัยจากกองทุนสนับสนุนงานวิจัยของบุคลากรมหาวิทยาลัยราชภัฏเลย ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2565

เอกสารอ้างอิง

- กาญจนา สมหวัง, สุภาพร วันนา, และณัฐภูมิ มาลีชัย. (2564). ศึกษาและสร้างระบบให้น้ำแบบหยดอัตโนมัติสำหรับแปลงผักกวางตุ้ง. ใน: รายงานสืบเนื่องจากการประชุมทางวิชาการระดับชาติ ราชภัฏเลยวิชาการ “ความท้าทายทางการวิจัยและนวัตกรรมเพื่อสังคมท้องถิ่นวิถีใหม่” ครั้งที่ 7 ประจำปี พ.ศ. 2564 (หน้า 783 - 791). เลย: มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย.
- กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. (2564). การปลูกฟ้าทะลายโจร. ค้นจาก <https://www.moac.go.th/>.
- ดาร์รัตน์ รัตนรักษ์, รุจิรา เข้มเพชร, อุษณีย์ พูลวิวัฒนกุล, สิริธร นิมิตรวิไล, อรอนงค์ เหล่าตระกูล, และ ปิยะวรรณ ศรีมณี. (2564). ประสิทธิภาพและความปลอดภัยของสารสกัดฟ้าทะลายโจรต่อการร่วมรักษา ผู้ป่วยโรคโควิด-19 ที่มีอาการรุนแรงน้อย โรงพยาบาลนครปฐม. วารสารแพทย์เขต 4-5, 40(2), 269-282.
- นราธิป ทองปาน และธนาพัฒน์ เทียงศักดิ์. (2559). ระบบรดน้ำอัตโนมัติผ่านเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย. วารสารวิชาการการจัดการเทคโนโลยีสารสนเทศและนวัตกรรม คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม, 3(1), 35-43.
- ปรีชา มหาไม้, นำพร ปัญโญใหญ่, และภาสวรรณ วัชรดำรงศักดิ์. (2557). ระบบให้น้ำแบบอัตโนมัติใช้เซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตามดวงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงาน. วารสารวิชาการและวิจัย มทร.พระนคร, 8(2), 15-26.
- เมทินี หลิมศิริวงศ์, อมร สหเมธาพัฒน์, และปิติกาญจน์ กาญจนพฤกษ์. (2562). การผลิตสารมาตรฐาน Andrographolide จากฟ้าทะลายโจร. วารสารการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือก, 17(3), 365-375.
- วิฑูรย์ เจริญศรี และสนั่น การค้า. (2562). ระบบควบคุมการให้น้ำแบบหยดอัตโนมัติในการปลูกพืชแนวตั้ง. ใน: รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิจัย ระดับชาติและนานาชาติ ครั้งที่ 10 "Global Goals, Local Actions: Looking Back and Moving Forward" (หน้า 1337 - 1347). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา.
- นาวี จิระชีวี, สราวุธ ปานทน, สันธาร์ นาคพัฒนานุกูล, วุฒิพล จันทร์สระคู, สุรัชย์ สวายสิก, และกาญจนา กิระศักดิ์. (2556). การทดสอบและประเมินผลการให้น้ำหยดสำหรับไร้อ่อนนอกเขตชลประทานในภาคกลาง. ใน: รายงานสืบเนื่องการประชุมวิชาการการประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทยระดับชาติ ครั้งที่ 14. และระดับนานาชาติครั้งที่ 6 ประจำปี 2556. (TSAE 2013) (หน้า 733-737). ประจวบคีรีขันธ์: สมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย.

- Deshmukh, S. G., Gaikwad, N. S., Patil, A. M., Patil, S. J., & Khandagale, R. S. (2017). Development of an automatic irrigation system using Arduino and GSM module. **Materials Today: Proceedings**, 4(8), 6746–6752.
- Ferrarezi, R. S., Testezlaf, R., & Scoggins, H. L. (2015). An automated system for monitoring soil moisture and controlling irrigation using low-cost open-source microcontrollers. In **Proceedings of the American Society for Horticultural Science Annual Conference 2015**. (pp. [not specified]) United States: American Society for Horticultural Science.
- Ho, S. S. K., Low, K. S., & Lim, W. H. (2003). EMI mitigation techniques in a microcontroller-based water purification system – a case study. **Proceedings of the 2003 IEEE International Symposium on Electromagnetic Compatibility**, 2, pp. 1102–1105. Istanbul: Turkey.
- Majumder, S., Bhattacharya, D., Ghosh, S., & Bandyopadhyay, T. (2025). A microcontroller-based approach to optimizing soil moisture for increased agricultural productivity. In **Proceedings of the Materials Today Conference 2025**. (pp. [not specified]). United Kingdom: Elsevier.
- Saleh, M., Elhajj, I. H., Asmar, D., Bashour, I., & Kidess, S. (2016). Experimental evaluation of low-cost resistive soil moisture sensors. **IEEE International Multidisciplinary Conference on Engineering Technology (IMCET)**, pp. 1–6. Beirut: Lebanon.

ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียด้วยตะกอนจุลินทรีย์ ในระบบเอสบีอาร์ The Efficiency of Wastewater Treatment Using Microbial Sludge in a Sequencing Batch Reactor (SBR) System

ชอฝียา ฉัตรทอง¹ อรุณย์ภัค พิทักษ์พงษ์^{1*} และ พัชรรัตน์ ตาเป็ง²

Sorfeeya Chuttrthong¹ Arunpak Pitakpong^{1*} and Patcharat Tapeng²

¹สาขาวิชานามัยสิ่งแวดล้อม คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา 56000

²บริษัท อีสเทิร์น ซีบอร์ด เอนไวรอนเม้นทอล คอมเพล็กซ์ จำกัด จังหวัดชลบุรี 20230

¹Program of Environmental Health, Faculty of Public Health, University of Phayao,
Chonburi Province, 56000

²Eastern Seaboard Environmental Complex Co., Ltd., Chonburi Province, 20230

*Corresponding author E-mail: 64224783@up.ac.th

Received 7 February 2025, Accepted 15 May 2025, Published 16 June 2025

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของตะกอนจุลินทรีย์ในการบำบัดน้ำเสียที่มีความเข้มข้นของแอมโมเนียไนโตรเจนสูง โดยใช้ระบบเอสบีอาร์ (Sequencing Batch Reactor; SBR) การทดลองดำเนินการเติมน้ำเสียในถังปฏิกรณ์ SBR จำนวน 3 รอบ รอบละ 200 ลิตร โดยไม่หยุดเติมอากาศ ตลอดระยะเวลา 72 ชั่วโมง ความเข้มข้นเริ่มต้นของแอมโมเนียไนโตรเจนในแต่ละรอบเท่ากับ 141 มก./ล 132 มก./ล และ 145 มก./ล ตามลำดับ ผลการวิจัยพบว่า ประสิทธิภาพของตะกอนจุลินทรีย์มีการบำบัดสูงสุดในแต่ละรอบการทดลองอยู่ที่ 82.6 83.9 และ 84.3% ตามลำดับ ข้อมูลจากสมการเชิงเส้นแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาการบำบัดกับการลดลงของความเข้มข้นแอมโมเนียไนโตรเจน ($R^2=0.902$, $R^2=0.7427$, $R^2=0.7326$) โดยพบว่าระยะเวลาการบำบัดที่ 72 ชั่วโมง เป็นช่วงเวลาที่มมีประสิทธิภาพการบำบัดเฉลี่ยเท่ากับ 79.2% โดยมีการควบคุมปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพของจุลินทรีย์ ได้แก่ ค่าออกซิเจนละลายน้ำ (DO) ในช่วง 2–4 มก./ล ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ในช่วง 6.5–7.5 และอุณหภูมิระหว่าง 25.4–27.6°C ผลการศึกษาแสดงให้เห็นถึงศักยภาพของตะกอนจุลินทรีย์ในระบบ SBR ในการบำบัดน้ำเสียที่มีแอมโมเนียไนโตรเจนสูงได้อย่างมีประสิทธิภาพ งานวิจัยนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้เป็นแนวทางการพัฒนากระบวนการบำบัดน้ำเสียต่อไปในอนาคต เพื่อเสริมสร้างระบบการจัดการ น้ำเสียที่มีความยั่งยืนและลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

คำสำคัญ: ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสีย ตะกอนจุลินทรีย์ ระบบเอสบีอาร์

ABSTRACT

This research aimed to study the efficiency of microbial sludge in treating wastewater with high concentrations of ammonia nitrogen using a Sequencing Batch Reactor (SBR) system. The experiment involved adding 200 liters of wastewater to the SBR reaction tank three times, with continuous aeration for over 72 hours. The initial ammonia nitrogen concentrations for each cycle were 141 mg/L, 132 mg/L, and 145 mg/L, respectively. The results showed that the maximum treatment efficiency of microbial sludge in each experimental cycle was 82.6%, 83.9%, and 84.3%, respectively. Data from linear equation

showed a strong relationship between treatment duration and the reduction in ammonia nitrogen concentration ($R^2=0.902$, $R^2=0.7427$, and $R^2=0.7326$). Furthermore, 72- hour treatment revealed an average treatment efficiency of 79.2%. Key factors affecting microbial efficiency were controlled throughout the experiment, including maintaining dissolved oxygen (DO) levels between 2-4 mg/L, pH between 6.5-7.5, and temperature between 25.4-27.6°C. These results demonstrate the potential of microbial sludge in SBR systems to effectively treat wastewater with high concentrations of ammonia nitrogen. This research can serve as a guideline for developing wastewater treatment processes, enhancing sustainable wastewater management and reducing environmental impacts.

Keywords: Efficiency of Wastewater Treatment, Bio-sludge, Sequencing Batch Reactor (SBR)

บทนำ

ในปัจจุบัน ปัญหาน้ำเสียเป็นหนึ่งในปัญหาสิ่งแวดล้อมที่สำคัญ ภาคอุตสาหกรรมมีการขยายตัวอย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้ปริมาณน้ำเสียจากอุตสาหกรรมเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งมีประมาณ 80% ของน้ำเสียไม่ได้รับการบำบัดอย่างเหมาะสม (WHO, 2023) น้ำเสียเหล่านี้ประกอบด้วยสารมลพิษหลากหลายประเภท ซึ่งขึ้นอยู่กับวัตถุดิบและกระบวนการผลิตของแต่ละโรงงาน และน้ำเสียที่ไม่ได้รับการบำบัดอย่างเหมาะสมสามารถส่งผลกระทบต่อคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติ เช่น การปนเปื้อนของแอมโมเนียไนโตรเจนที่นำไปสู่ปัญหายูโทรฟิเคชัน โดยปกติแล้วน้ำเสียอุตสาหกรรมจะเกิดจากกิจกรรมต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นภายในโรงงาน เช่น กระบวนการผลิต กระบวนการล้างวัตถุดิบ กระบวนการหล่อเย็น และน้ำเสียจากกิจกรรมต่าง ๆ น้ำเสียที่เกิดขึ้นเป็นแหล่งมลพิษที่สำคัญที่สามารถส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้ การระบายน้ำเสียที่ไม่ได้ผ่านการบำบัดก่อนหรือน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแต่คุณภาพน้ำยังไม่ผ่านตามมาตรฐานที่กฎหมายกำหนดจะก่อให้เกิดผลกระทบต่อประชาชนและระบบนิเวศทางน้ำอย่างมหาศาล (Ahmed et al., 2021)

นอกจากนี้ การศึกษาในระบบ SBR (Sequencing Batch Reactor) ยังพบว่าการใช้ตะกอนจุลินทรีย์จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการปรับตัวและเจริญเติบโตในสภาพแวดล้อมที่หลากหลาย และสามารถบำบัดน้ำเสียได้อย่างมีนัยสำคัญ (Chen et al., 2020) ซึ่งมีคุณสมบัติในการย่อยสลายสารอินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำเสียได้อย่างมีประสิทธิภาพในการลดระดับสารพิษในน้ำเสีย เช่น แอมโมเนีย และ ค่าซีโอดี (COD) (Chand et al., 2021)

ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของตะกอนจุลินทรีย์ในการบำบัดน้ำเสียที่มีความเข้มข้นของแอมโมเนียไนโตรเจนสูง โดยใช้ระบบเอสบีอาร์ (SBR) การศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยจึงทำการบำบัดน้ำเสียโดยใช้ตะกอนจุลินทรีย์เพื่อประเมินประสิทธิภาพของตะกอนจุลินทรีย์ในบำบัดน้ำเสีย SBR โดยเฉพาะเพื่อมุ่งเน้นในการลดระดับแอมโมเนียของน้ำเสีย และเพื่อพัฒนาระบบการให้มีความยั่งยืนและประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียให้ดีขึ้น พารามิเตอร์ที่วิเคราะห์ ได้แก่ แอมโมเนียไนโตรเจน ค่าซีโอดี ค่าความเป็นกรด-ด่าง และของแข็งแขวนลอย ด้วยผลการการศึกษาเกี่ยวกับจุลินทรีย์ในปุ๋ยคอกจะช่วยเพิ่มความเข้าใจในกลไกการทำงานของจุลินทรีย์เหล่านี้ และสามารถพัฒนาระบบบำบัดน้ำเสียให้มีประสิทธิภาพและยั่งยืนได้ในอนาคต

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

น้ำชะขยะจากหลุมฝังกลบเป็นน้ำทิ้งที่เกิดขึ้นระหว่างการย่อยสลายวัสดุอินทรีย์และอนินทรีย์ในหลุมฝังกลบ โดยมีสารประกอบไนโตรเจนในระดับที่มีนัยสำคัญ ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อความเสี่ยงด้านสิ่งแวดล้อมและสาธารณสุข (Kjeldsen et al., 2002) แหล่งที่มาและการจัดการไนโตรเจนในน้ำชะขยะจากหลุมฝังกลบ ไนโตรเจนมีต้นกำเนิดมาจากการสลายตัวของจุลินทรีย์ในสารอินทรีย์ โปรตีน กรดอะมิโน ปล่อยแอมโมเนียออกมา (NH_4^+) และสารประกอบไนโตรเจนอินทรีย์ (Corsino et al., 2020; Kjeldsen et al., 2002)

ไนโตรเจนในน้ำชะขยะสามารถก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในหลายด้าน รวมถึงการปนเปื้อนของน้ำใต้ดิน ปัญหายูโทรฟิเคชัน และการเกิดกลิ่นเหม็น แอมโมเนียที่มีอยู่ในน้ำชะขยะสามารถซึมผ่านลงสู่ชั้นน้ำใต้ดินทำให้เกิดมลพิษมากขึ้น (Christensen et al., 1996) การอัดไนโตรเจนในน้ำผิวดินทำให้เกิดการยูโทรฟิเคชัน ทำให้เกิดการแพร่กระจายของสาหร่ายและทำให้ออกซิเจนลดลง (Cira et al., 2016) นอกจากนี้ การระเหยของแอมโมเนียในระหว่างการรักษายังก่อให้เกิดกลิ่นไม่พึงประสงค์อีกด้วย (Kampschreur et al., 2009) การจัดการที่มีประสิทธิภาพ ได้แก่ ระบบรวบรวมและบำบัดน้ำชะขยะ กระบวนการทางชีวภาพ เช่น ไนตริฟิเคชันและแอมโมเนียออกซิเดชันแบบไม่ใช้ออกซิเจน (anammox) และกระบวนการออกซิเดชันขั้นสูงเพื่อลดระดับไนโตรเจนและลดความเสี่ยงด้านสิ่งแวดล้อม

ปุ๋ยคอกแห้งเป็นสารดูดซับที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและมีต้นทุนต่ำ เป็นของเสียจากชีวภาพซึ่งมีส่วนประกอบของแคลเซียมออกไซด์ 12.48% แมกนีเซียมออกไซด์ 0.9% แคลเซียมซิลิเกต 0.312% อะลูมิเนียมออกไซด์ 20% เหล็กออกไซด์ 20% และซิลิกา 61% โดยการมีซิลิกาสูงที่สุดทำให้มีความสามารถในการดูดซับไอออนโลหะได้ดี ข้อดีของการใช้ปุ๋ยคอกเป็นคือไม่เพียงแต่มีมูลค่าทางเศรษฐกิจที่ต่ำ แต่ยังสามารถช่วยหยุดยั้งปัญหาสิ่งแวดล้อมอื่น ๆ อย่างกลิ่นเหม็นที่เกิดจากปุ๋ยคอกได้ (V.C. Ojemeh et al., 2017; V.C. Ojeme et al., 2019) และพบว่าปุ๋ยคอกสามารถนำไปใช้ในการบำบัดโลหะหนักในน้ำเสียได้ดี เนื่องจากมีศักยภาพในการดูดซับในกระบวนการบำบัดน้ำเสีย โดยเฉพาะในระบบเติมอากาศ นอกจากนี้ปุ๋ยคอกสามารถลดปริมาณสารมลพิษ เช่น ค่า Chemical Oxygen Demand (ค่าซีโอดี, COD) ปริมาณของแข็งละลายในน้ำ (Total Dissolved Solids, TDS) และของแข็งแขวนลอยทั้งหมด (Total Suspended Solids, TSS) (Quraishi et al., 2018) ปุ๋ยคอกได้มีการใช้ประโยชน์อย่างมีประสิทธิภาพในงานวิจัยสำหรับการบำบัดน้ำเสียอุตสาหกรรมเพื่อกำจัดโลหะหนัก ยาเกษตรกรรม ยาฆ่าแมลง และปิโตรเคมี (Barot et al., 2012; Godambe et al., 2016) ปุ๋ยคอกมีความหลากหลายทางจุลชีววิทยาที่อุดมสมบูรณ์ ประกอบด้วยแบคทีเรีย โปรโตซัว และยีสต์ที่แตกต่างกัน (Tanvi Godambe et al., 2016) และได้มีการแยกสายพันธุ์ของแบคทีเรียที่พบในปุ๋ยคอก ได้แก่ *Enterobacter cloacae*, *Pseudomonas pseudocaligenes*, *Archromobacter* sp., *Aeromonas hydrophila*, *Bacillus pumilis*

ระบบ Sequencing Batch Reactor (SBR) เป็นระบบตะกอนเลี้ยงเชื้อที่มีลักษณะเฉพาะ คือ มีถังตกตะกอนและถังเติมอากาศเป็นถังเดียวกัน ทำหน้าที่ตกตะกอนและเติมอากาศในแต่ละช่วงเวลา ซึ่งขั้นตอนในการบำบัดของระบบประกอบด้วยขั้นตอนการป้อนน้ำเสียเข้า (fill) การบำบัดและการเติมอากาศ (react and aerate) การตกตะกอน (settle) การระบายน้ำที่ผ่านการบำบัดและตะกอนส่วนเกินออกจากถังปฏิกรณ์ (draw) (Sombatsomphob et al., 2008) ดังนั้นระบบ SBR จึงเป็นระบบบำบัดน้ำเสียที่สามารถลดพื้นที่ในการก่อสร้างและใช้พลังงานในการดำเนินระบบบำบัดน้ำเสียน้อยโดยค่าออกแบบ (design parameters) ของระบบ SBR ที่สำคัญคือ ค่า F/M ratio ระยะเวลาการบำบัด (หรือช่วงเติมอากาศ) MLSS และระยะเวลาเก็บกักน้ำ (HRT) (US.EPA., 1999) ระบบ SBR สามารถบำบัดทั้งความสกปรกในรูปบีโอดี ซีโอดี รวมถึงธาตุอาหารได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Alagha et al., 2020)

วิธีการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียที่มีความเข้มข้นของแอมโมเนียไนโตรเจนสูงด้วยตะกอนจุลินทรีย์จากบริษัท อีสเทิร์น ซีบอร์ด เอนไวรอนเมทัลลอล คอมเพล็กซ์ ตำบลบ่อวิน อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี ทางผู้วิจัยมีการออกแบบดำเนินการ แบ่งออกเป็น 3 ส่วนหลัก ๆ คือ 1) การปรับปรุงสภาพตะกอนจุลินทรีย์ 2) การศึกษาประสิทธิภาพของตะกอนจุลินทรีย์ในการบำบัดแอมโมเนีย และ 3) การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของจุลินทรีย์ในการกำจัดแอมโมเนีย โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. น้ำเสียตัวอย่างและตะกอนจุลินทรีย์

น้ำเสียตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ เป็นตัวอย่างน้ำเสียที่เก็บรวบรวมจากบริษัท อีสเทิร์น ซีบอร์ด เอนไวรอนเมทัลลอล คอมเพล็กซ์ น้ำเสียดังกล่าวมาจากน้ำชะขยะจากหลุมฝังกลบและน้ำจากภายนอกที่ส่งเข้ามาบำบัดในสถานประกอบการดังที่แสดงในตารางที่ 1 น้ำเสียมีคุณลักษณะ (ความเข้มข้นเริ่มต้น) คือ แอมโมเนียไนโตรเจน 232 มก./ล ของแข็งละลายน้ำ 17,500 มก./ล ค่าซีโอดี 2,328 มก./ล ค่าความเป็นกรด-ด่าง 8.67 และอุณหภูมิ 26.1 °C

ตะกอนจุลินทรีย์ที่ใช้ในการทดลองเป็นตะกอนจุลินทรีย์จากบ่อบำบัดน้ำเสียแบบ Sequencing Batch Reactor (SBR) ของสถานประกอบการ โดยเป็นตะกอนที่มีการใช้งานจริงในระบบบำบัดน้ำเสีย

ตารางที่ 1 ส่วนประกอบและสมบัติทางเคมีของน้ำเสียตัวอย่าง วิเคราะห์เมื่อวันที่ 11 พฤศจิกายน พ.ศ. 2567

ดัชนีตรวจวัด	หน่วย	ผลการตรวจวัด
ค่าความเป็นกรด-ด่าง		8.67
อุณหภูมิ	°C	26.1
ของแข็งละลายน้ำ	มก./ล	17,500
แอมโมเนียไนโตรเจน	มก./ล	232
ค่าซีโอดี COD	มก./ล	2,328

2. ถึงปฏิกิริยา Sequencing Batch Reactor (SBR)

การศึกษาในครั้งนี้ใช้ระบบ Sequencing Batch Reactor (SBR) ซึ่งเป็นกระบวนการบำบัดน้ำเสียที่มีประสิทธิภาพและเหมาะสมสำหรับการบำบัดน้ำเสียจากแหล่งกำเนิดที่หลากหลาย โดยถึงปฏิกิริยาของระบบ SBR ที่ใช้ทำจากเม็ดพลาสติกโพลีเอทิลีนรูปทรงสี่เหลี่ยม ปริมาตร 1,000 ลิตร ความจุน้ำเสีย 1,000 ลิตร ระบบถูกออกแบบให้มีการจ่ายอากาศผ่านท่อ PVC ที่เจาะรูขนาดเล็กกระจายอยู่ทั่วระบบ เพื่อให้เกิดการกระจายอากาศที่สม่ำเสมอและทั่วถึงในถังปฏิกิริยา การจ่ายอากาศในลักษณะนี้ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการถ่ายเทออกซิเจนเข้าสู่ระบบและสนับสนุนการเจริญเติบโตและการทำงานของจุลินทรีย์

3. การตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำและพารามิเตอร์

ตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำเสียก่อนบำบัดและหลังบำบัด โดยมีรายละเอียดดังนี้ น้ำเสียก่อนทำการบำบัดพารามิเตอร์ที่ทำการตรวจวัด ได้แก่ อุณหภูมิ ของแข็งละลายน้ำ ค่าออกซิเจนละลายน้ำ ค่าความเป็นกรด-ด่าง แอมโมเนียไนโตรเจน และ ค่าซีโอดี COD

การวิเคราะห์น้ำเสียระหว่างการบำบัดกำหนดช่วงเวลากักเก็บน้ำที่ 9.00 นาฬิกา และ 15.00 นาฬิกา โดยมีรายละเอียดดังนี้ น้ำเสียระหว่างการบำบัดพารามิเตอร์ที่ทำการตรวจวัด คือ อุณหภูมิของแข็งละลายน้ำ ค่าออกซิเจนละลายน้ำ ค่าความเป็นกรด-ด่าง แอมโมเนียไนโตรเจน และ ค่าซีโอดี COD

ตารางที่ 2 พารามิเตอร์ที่ใช้สำหรับการวิเคราะห์ในการทดลอง

พารามิเตอร์	หน่วย	วิธีวิเคราะห์	ความถี่ในการตรวจ
ค่าความเป็นกรด-ด่าง		เครื่องวัดพีเอช	2 ครั้ง/วัน
อุณหภูมิ	°C	เครื่องวัดอุณหภูมิ	2 ครั้ง/วัน
ค่าออกซิเจนละลายน้ำ	มก./ล	เครื่องวัดออกซิเจนละลาย	2 ครั้ง/วัน
ของแข็งละลายน้ำ	มก./ล	เครื่องวัดปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายในน้ำ	2 ครั้ง/วัน
แอมโมเนียไนโตรเจน	มก./ล	เครื่องวัดแอมโมเนียไนโตรเจน	2 ครั้ง/วัน
ค่าซีโอดี	มก./ล	Titrimetric Method	1 ครั้ง/สัปดาห์

4. ขั้นตอนการดำเนินวิจัย

3.1 การปรับสภาพตะกอนจุลินทรีย์

ในการวิจัยผู้ศึกษามีการเตรียมตะกอนจุลินทรีย์ก่อนเข้าสู่กระบวนการทดลองเพื่อให้จุลินทรีย์สามารถเจริญเติบโตและปรับตัวกับน้ำเสียได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยใช้ตะกอนจุลินทรีย์จำนวน 200 ลิตร ซึ่งได้จากบ่อบำบัดน้ำเสียระบบ SBR ของสถานประกอบการ และทำการผสมกับน้ำดีปริมาตร 200 ลิตร จากนั้นเปิดลมเพื่อเติมอากาศให้กับระบบ โดยมีการจ่ายอากาศผ่านท่อ PVC ที่เจาะรูขนาดเล็กกระจายอยู่ทั่วระบบ เพื่อให้เกิดการกระจายอากาศที่สม่ำเสมอและทั่วถึงในถังปฏิกรณ์ หลังจากนั้นเติมน้ำเสียตัวอย่างลงในถังปฏิกรณ์ครั้งแรก 50 ลิตร เพื่อให้จุลินทรีย์ปรับตัวและคุ้นเคยกับน้ำเสียก่อน (acclimatization)

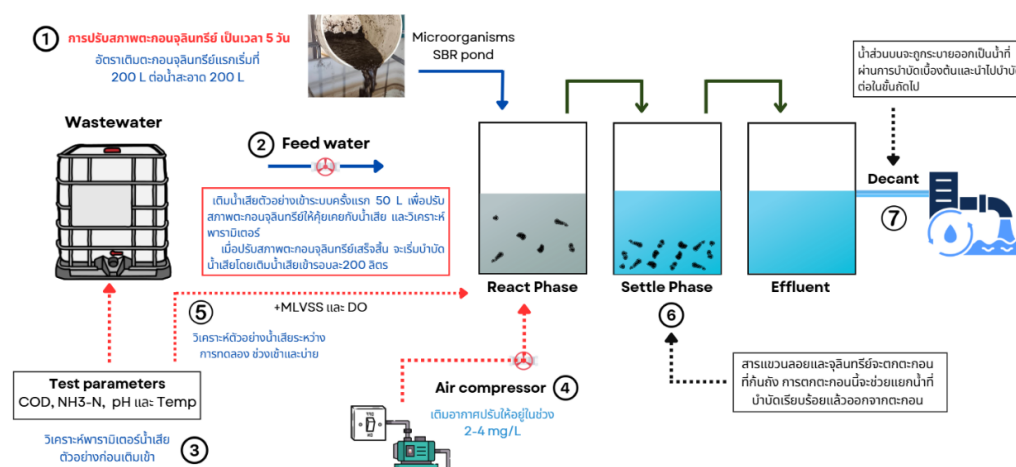
โดยกำหนดระยะเวลาในการปรับสภาพของจุลินทรีย์ 10 วัน ซึ่งอ้างอิงตามแนวทางในงานวิจัยของ (Quraishi et al. 2018) ที่ระบุว่าจุลินทรีย์จากปุ๋ยคอกซึ่งถูกนำมาใช้เป็นหัวเชื้อสามารถปรับตัวกับน้ำเสียอุตสาหกรรมได้ภายในระยะเวลา 7-10 วัน โดยใช้การลดลงของแอมโมเนียไนโตรเจนในระบบเป็นตัวชี้วัดความสามารถในการปรับตัวของจุลินทรีย์

3.2 ขั้นตอนการบำบัดน้ำเสียตัวอย่าง

กระบวนการบำบัดน้ำเสียในงานวิจัยนี้ดำเนินการทั้งหมด 3 รอบ โดยในแต่ละรอบจะทำการป้อนน้ำเสียตัวอย่าง ปริมาณ 200 ลิตร เข้าสู่ถังบำบัดที่มีตะกอนจุลินทรีย์ กระบวนการบำบัดดำเนินการต่อเนื่องโดยไม่มีกระบวนการพักตกตะกอน ระหว่างรอบการเติมน้ำเสีย การเติมน้ำเสียในแต่ละรอบจะเริ่มต้นเมื่อค่าความเข้มข้นของแอมโมเนียไนโตรเจนในถังลดลงจนถึงระดับที่กำหนด ในระหว่างกระบวนการบำบัด มีการเติมอากาศลงในถังตลอดเวลา เพื่อกระตุ้นจุลินทรีย์ในตะกอนให้ทำงาน ย่อยสลายสารปนเปื้อนในน้ำเสีย โดยมีการควบคุมสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการบำบัด ได้แก่ อุณหภูมิระหว่าง 25-30 °C ค่าออกซิเจนละลายน้ำ อยู่ในช่วง 2-4 มก./ล และ ค่าความเป็นกรด-ด่าง ในช่วง 6.5-7.5 ซึ่งเป็นสภาวะที่ส่งเสริมการกำจัด แอมโมเนียไนโตรเจนในระบบได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Nadeem et al., 2024)

ในระหว่างการดำเนินการ มีการเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อนำไปวิเคราะห์ ได้แก่ แอมโมเนียไนโตรเจน ออกซิเจนละลายน้ำ ค่าซีโอดี ของแข็งละลายน้ำทั้งหมด ค่าความเป็นกรด-ด่าง และอุณหภูมิ การเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อตรวจวัดพารามิเตอร์ดังกล่าว ดำเนินการวันละ 2 ครั้ง ในช่วงเช้าและบ่าย เพื่อศึกษาค่าที่เปลี่ยนแปลงระหว่างการบำบัด

หลังจากกระบวนการบำบัดเสร็จสิ้น น้ำที่ผ่านการบำบัดจะนำไปวิเคราะห์คุณภาพโดยเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ ก่อนและหลังการบำบัด เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของตะกอนจุลินทรีย์ในการกำจัดแอมโมเนียไนโตรเจน และศึกษาปัจจัยต่าง ๆ ที่อาจมีผลต่อประสิทธิภาพการทำงานของจุลินทรีย์ในกระบวนการบำบัด ได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่าง อุณหภูมิ และค่าออกซิเจนละลายน้ำ โดยกระบวนการบำบัดอธิบายดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แผนผังกระบวนการบำบัดน้ำเสียของระบบถังปฏิกรณ์แบบ SBR

ผลการวิจัย และวิจารณ์ผลการวิจัย

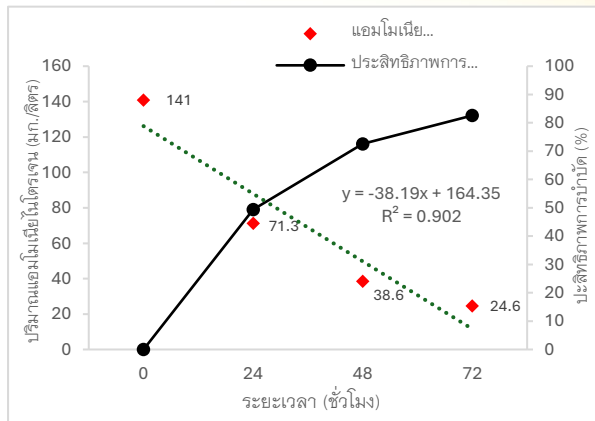
1. ประสิทธิภาพของตะกอนจุลินทรีย์ในการบำบัดแอมโมเนียไนโตรเจนในน้ำเสีย

จากภาพที่ 2 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการบำบัดแอมโมเนียของน้ำเสียตัวอย่างที่ระยะเวลา 0 24 46 และ 72 ชั่วโมงทั้งสามรอบ จากกราฟแสดงถึงผลการทดลองที่วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนและประสิทธิภาพของตะกอนจุลินทรีย์ในการบำบัดน้ำเสีย โดยแกน X คือระยะเวลาในการทดลอง (ชั่วโมง) ซึ่งแสดงค่าที่ช่วง 0 24 48 และ 72 ชั่วโมง ที่แกน Y ข้ามมือแสดงค่าความเข้มข้นของแอมโมเนียไนโตรเจนในน้ำเสีย (มก./ล) ส่วนแกน Y ขวามือแสดงค่าประสิทธิภาพการบำบัดในรูปแบบเปอร์เซ็นต์ จุดข้อมูลสีแดงบนกราฟแสดงค่าความเข้มข้นของแอมโมเนียไนโตรเจนซึ่งลดลงตามระยะเวลาการบำบัด ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจน ($\text{NH}_3\text{-N}$) และประสิทธิภาพของตะกอนจุลินทรีย์ในการบำบัดน้ำเสีย สามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

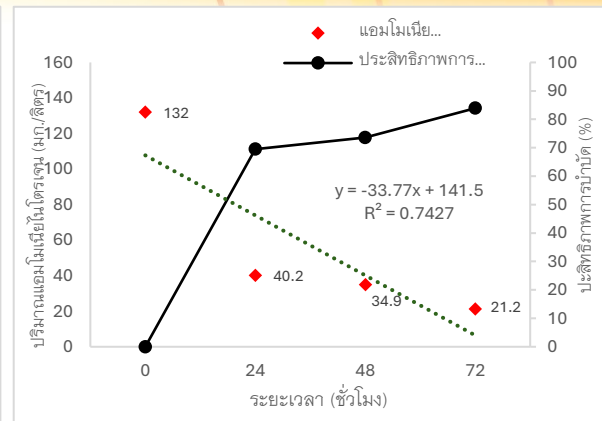
การทดลองบำบัดรอบที่ 1 จากกราฟแสดงถึงการลดลงของปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนในน้ำเสีย โดยปริมาณแอมโมเนียเริ่มต้น 141 มก./ล ลดลงเหลือ 24.6 มก./ล ในชั่วโมงที่ 72 ประสิทธิภาพเฉลี่ยในการบำบัดอยู่ที่ 82.6% ซึ่งแสดงถึงการลดลงอย่างมีประสิทธิภาพของแอมโมเนียไนโตรเจนในกระบวนการบำบัดน้ำเสีย ในขณะเดียวกันแนวโน้มการลดลงของแอมโมเนียไนโตรเจนในกระบวนการบำบัดคือ $y = -38.19x + 164.35$ เป็นสมการเชิงเส้นที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของแอมโมเนียไนโตรเจนแปรผกผันกับระยะเวลาการบำบัดโดยค่า $R^2 = 0.902$ บ่งบอกถึงประสิทธิภาพของตะกอนจุลินทรีย์ที่กำจัดแอมโมเนียได้ถึง 90.2% ซึ่งแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของตะกอนจุลินทรีย์ในการลดปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนในน้ำเสียได้อย่างชัดเจน (ภาพที่ 1 (ก))

การทดลองบำบัดรอบที่ 2 จากกราฟแสดงถึงการลดลงของปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนในน้ำเสีย โดยปริมาณแอมโมเนียเริ่มต้น 132 มก./ล ลดลงเหลือ 21.2 มก./ล ในชั่วโมงที่ 72 ประสิทธิภาพเฉลี่ยในการบำบัดอยู่ที่ 83.9% ซึ่งแสดงถึงการลดลงอย่างมีประสิทธิภาพของแอมโมเนียไนโตรเจนในกระบวนการบำบัดน้ำเสีย ในขณะเดียวกันแนวโน้มการลดลงของแอมโมเนียไนโตรเจนในกระบวนการบำบัดคือ $y = -33.77x + 141.5$ เป็นสมการเชิงเส้นที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของแอมโมเนียไนโตรเจนแปรผกผันกับระยะเวลาการบำบัดโดยค่า $R^2 = 0.7427$ บ่งบอกถึงประสิทธิภาพของตะกอนจุลินทรีย์และระยะเวลาการบำบัดในการกำจัดแอมโมเนีย (ภาพที่ 1 (ข))

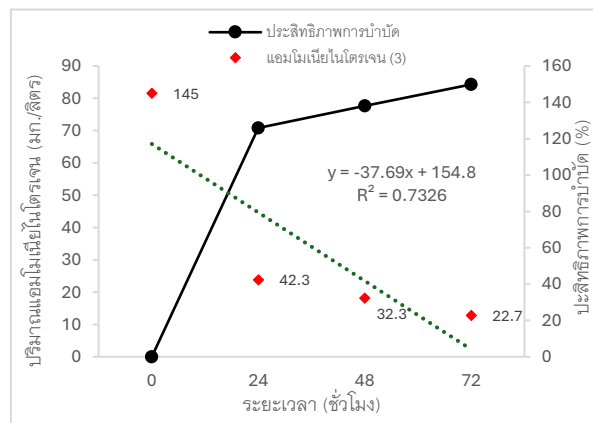
การทดลองบำบัดรอบที่ 3 จากกราฟแสดงถึงการลดลงของปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนในน้ำเสีย โดยปริมาณแอมโมเนียเริ่มต้น 145 มก./ล ลดลงเหลือ 22.7 มก./ล ในชั่วโมงที่ 72 ประสิทธิภาพเฉลี่ยในการบำบัดอยู่ที่ 84.3% ซึ่งแสดงถึงการลดลงอย่างมีประสิทธิภาพของแอมโมเนียไนโตรเจนในกระบวนการบำบัดน้ำเสีย ในขณะเดียวกันแนวโน้มการลดลงของแอมโมเนียไนโตรเจนในกระบวนการบำบัดคือ $y = -37.69x + 154.8$ เป็นสมการเชิงเส้นที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของแอมโมเนียไนโตรเจนแปรผกผันกับระยะเวลาการบำบัดโดยค่า $R^2 = 0.7326$ บ่งบอกถึงประสิทธิภาพของตะกอนจุลินทรีย์และระยะเวลาการบำบัดในการกำจัดแอมโมเนีย (ภาพที่ 1 (ค))



(ก)



(ข)



(ค)

ภาพที่ 2 การเปลี่ยนแปลงของปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนและประสิทธิภาพของตะกอนจุลินทรีย์ในการบำบัดน้ำเสียตัวอย่าง
ที่ระยะเวลา 0 24 46 และ 72 ชั่วโมง (ก) บำบัดรอบที่ 1 (ข) บำบัดรอบที่ 2 และ (ค) บำบัดรอบที่ 3

2. ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการทำงานของจุลินทรีย์ในการกำจัดแอมโมเนียในน้ำเสีย

ตารางที่ 3 ผลการตรวจวัดค่า pH อุณหภูมิ และ DO หลังการทดลองทั้ง 3 รอบ

ดัชนีตรวจวัด (หน่วย)	ผลการตรวจวัด					
	1		2		3	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
ความเป็นกรด - ด่าง	8.55	7.46	8.74	7.77	8.60	7.75
อุณหภูมิ (°C)	25.4	25.6	25.8	25.7	27.6	27.1
ออกซิเจนละลายในน้ำ (มก./ล)	6.65	2.14	4.95	2.03	4.86	2.03
แอมโมเนีย (NH ₃ -N) (มก./ล)	141	24.6	132	21.2	145	22.7
ประสิทธิภาพการกำจัดแอมโมเนีย (%)	82.6		83.9		84.3	

จากตารางที่ 3 พบว่า ในระหว่างการดำเนินการทดลองค่าความเป็นกรด - ด่างที่มีประสิทธิภาพในการกำจัดแอมโมเนียอยู่ในช่วง 7.46-8.60 โดยมีประสิทธิภาพในการกำจัดแอมโมเนียสูงสุดเท่ากับ 82.6% 83.9% และ 84.3% ตามลำดับ ถือว่าเหมาะสมสำหรับการทำงานของจุลินทรีย์ (Nadeem et al., 2024) ซึ่งผลการศึกษาค่าความเป็นกรด - ด่างดังกล่าวสอดคล้องกับงานวิจัยของ Nadeem et al. (2024) ที่แสดงให้เห็นว่าค่าพีเอชในการกำจัดแอมโมเนียมักทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพในช่วงความเป็นกรด - ด่าง ระหว่าง 7 ถึง 8 การควบคุมค่าความเป็นกรด - ด่าง จึงมีบทบาทสำคัญต่อการรักษาประสิทธิภาพของจุลินทรีย์ในระบบ SBR เพื่อให้การบำบัดน้ำเสียดำเนินไปอย่างราบรื่นและมีประสิทธิภาพสูงสุด

การศึกษาค่าอุณหภูมิที่มีผลต่อประสิทธิภาพของจุลินทรีย์ในการกำจัดแอมโมเนีย พบว่า กระบวนการบำบัดน้ำเสียมีอุณหภูมิในช่วง 25.4 - 27.6°C (ตารางที่ 3) ค่าอุณหภูมิที่คงที่แสดงถึงการควบคุมสภาวะในระบบได้อย่างเหมาะสม อุณหภูมิเป็นตัวแปรสำคัญที่ส่งผลต่ออัตราการเจริญเติบโตและการทำงานของจุลินทรีย์ อุณหภูมิในช่วง 25 - 35°C เป็นช่วงที่เหมาะสมที่สุดสำหรับจุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับการบำบัดแอมโมเนีย การคงค่าอุณหภูมิช่วยรักษาประสิทธิภาพของจุลินทรีย์ หากอุณหภูมิสูงหรือต่ำกว่านี้ อาจทำให้จุลินทรีย์ทำงานได้ไม่เต็มประสิทธิภาพ และอัตราการบำบัดแอมโมเนียอาจลดลง

การศึกษาค่าออกซิเจนละลายในน้ำที่มีผลต่อประสิทธิภาพของจุลินทรีย์ในการกำจัดแอมโมเนีย พบว่า กระบวนการบำบัดน้ำเสียมีค่าออกซิเจนละลายในน้ำอยู่ในช่วง 2.03 - 6.65 มก./ล (ตารางที่ 3) แสดงถึงการทำงานของจุลินทรีย์ที่ใช้ออกซิเจนในกระบวนการออกซิเดชันแอมโมเนีย (Nitrification) การลดลงในช่วงท้ายของค่าออกซิเจนละลายในน้ำ เกิดจากความต้องการออกซิเจนของจุลินทรีย์ในการบำบัดแอมโมเนีย ส่งผลให้ออกซิเจนในน้ำลดลงอย่างชัดเจน (Chávez et al., 2019) การลดลงของค่าออกซิเจนละลายในน้ำอย่างต่อเนื่องบ่งชี้ถึงการทำงานอย่างมีประสิทธิภาพของจุลินทรีย์ที่มีบทบาทสำคัญในการเปลี่ยนแอมโมเนีย (NH_3) ให้เป็นไนไตรต์ (NO_2^-) และไนเตรต (NO_3^-)

สรุปผลการวิจัย

จากผลการศึกษาการบำบัดน้ำเสียที่มีการปนเปื้อนของแอมโมเนียไนโตรเจนสูง โดยใช้ตะกอนจุลินทรีย์แบบใช้อากาศในการบำบัดน้ำเสียตัวที่มีแอมโมเนียความเข้มข้นในช่วง 100-250 มก./ล ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าตะกอนจุลินทรีย์จากระบบ SBR ของทางสถานประกอบการมีศักยภาพในการบำบัดน้ำเสียที่มีความเข้มข้นของแอมโมเนียไนโตรเจนสูง ตะกอนจุลินทรีย์สามารถลดความเข้มข้นของแอมโมเนียไนโตรเจนในน้ำเสียได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนเริ่มต้นในแต่ละรอบอยู่ที่ 141 132 และ 145 มก./ล ตามลำดับ และลดลงเหลือ 24.6 21.2 และ 22.7 มก./ล หลังการบำบัดครบ 72 ชั่วโมง ซึ่งเป็นผลมาจากกระบวนการไนตริฟิเคชันที่ดำเนินไปอย่างต่อเนื่องในระบบ การเปลี่ยนแปลงนี้แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของจุลินทรีย์ในการกำจัดแอมโมเนียไนโตรเจน ($\text{NH}_3\text{-N}$) โดยประสิทธิภาพของตะกอนจุลินทรีย์มีการบำบัดสูงสุดในแต่ละรอบการทดลองอยู่ที่ 82.6% 83.9% และ 84.3% ตามลำดับ และข้อมูลจากสมการเชิงเส้นที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาการบำบัดกับการลดลงของความเข้มข้นแอมโมเนียไนโตรเจน ($R^2=0.902$, $R^2=0.7427$, $R^2=0.7326$) พบว่าระยะเวลาการบำบัด 72 ชั่วโมง เป็นช่วงเวลาที่มียุทธสิทธิภาพการบำบัดเฉลี่ยเท่ากับ 79.2% โดยการทดลองนี้มีการควบคุมปัจจัยที่อาจส่งผลต่อประสิทธิภาพของจุลินทรีย์ระหว่างการบำบัด ได้แก่ ค่าออกซิเจนละลายน้ำ (DO) ในช่วง 2 - 4 มก./ล ค่าความเป็นกรด-ด่าง ในช่วง 6.5 - 7.5 และอุณหภูมิระหว่าง 25.4 - 27.6°C

จากผลการทดลองทั้งสามรอบ พบว่าแอมโมเนียไนโตรเจนมีความเข้มข้นเริ่มต้นสูงสุด 145 มก./ล พบว่าตะกอนจุลินทรีย์สามารถกำจัดแอมโมเนียไนโตรเจนได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุดที่ 84.3% ในระยะเวลา 72 ชั่วโมง ซึ่งแสดงให้เห็นว่าตะกอนจุลินทรีย์ในระบบ SBR สามารถรองรับและกำจัดแอมโมเนียไนโตรเจนในน้ำเสียที่มีความเข้มข้นสูงได้ดี เหมาะสำหรับการบำบัดน้ำเสียจากแหล่งที่มีแอมโมเนียไนโตรเจนสูง และผลการทดลองดังกล่าวยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ (Kumar et al., 2022) จากการศึกษาพบว่าจุลินทรีย์แบคทีเรียกลุ่มไนตริไฟเออร์ มีความสามารถในการกำจัดแอมโมเนียไนโตรเจนได้อย่างมีประสิทธิภาพในระบบบำบัดน้ำเสีย ซึ่งสนับสนุนแนวคิดที่ว่ามูลวัวเป็นแหล่งจุลินทรีย์ธรรมชาติที่มีศักยภาพสูงในการนำมาใช้ในระบบบำบัดน้ำเสีย โดยเฉพาะในระบบที่ต้องการการปรับตัวของจุลินทรีย์ต่อสภาวะที่มีแอมโมเนียความเข้มข้นสูง

ข้อเสนอแนะ

1. ศึกษาเชิงลึกเกี่ยวกับจุลินทรีย์ในระบบ SBR เพื่อวิเคราะห์ชนิดและสัดส่วนของจุลินทรีย์ในตะกอน เพื่อระบุชนิดที่มีบทบาทสำคัญในการบำบัดแอมโมเนียไนโตรเจนและศึกษาความสามารถของจุลินทรีย์ที่ผ่านการปรับตัวในสภาวะน้ำเสียที่มีความเข้มข้นของแอมโมเนียไนโตรเจนสูง เพื่อประเมินความเหมาะสมในการใช้งานในระบบขนาดใหญ่
2. ศึกษาการปรับปรุงประสิทธิภาพของระบบ ผลของการเปลี่ยนแปลงปัจจัยต่าง ๆ ของค่า ค่าออกซิเจนละลายน้ำ ค่าความเป็นกรด-ด่าง และอุณหภูมิ เพื่อหาขอบเขตที่เหมาะสมที่สุดและศึกษาศักยภาพของจุลินทรีย์ชนิดอื่นที่อาจเพิ่มประสิทธิภาพการบำบัด เช่น จุลินทรีย์ที่สามารถทนต่อความเข้มข้นของแอมโมเนียไนโตรเจนที่สูงขึ้น หรือจุลินทรีย์ที่สามารถบำบัดน้ำเสียที่มีสารมลพิษชนิดอื่นได้

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณบริษัท อีสเทิร์น ซิเบอร์ค เอนไวรอนเมทัลคอล คอมเพล็กซ์ ตำบลบ่อวิน อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี ที่ให้การสนับสนุนงานวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

- กระทรวงอุตสาหกรรม. (2560). ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมเรื่องกำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากโรงงาน พ.ศ. 2560. ค้นจาก <http://www.diw.go.th/hawk/content.php?mode=laws&tabid=1&secid=3>
- ธงชัย พรรณสวัสดิ์. (2545). การกำจัดไนโตรเจนและฟอสฟอรัสทางชีวภาพ. กรุงเทพฯ: สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย. ค้นจาก <http://www.diw.go.th/hawk/content.php?mode=laws&tabid=1&secid=3>
- สุบัณฑิต นิมรัตน์. (2548). จุลชีววิทยาของน้ำเสีย. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- Abbas, A., Jingsong, G., Ping, Z., Pan, Y., and Al-Rekabi, S. (2009). Review on landfill leachate treatments. *Journal of Applied Sciences Research*, 5, 534–545.
- Ahmed, F. N., and Lan, C. Q. (2012). Treatment of landfill leachate using membrane bioreactors: A review. *Desalination*, 287, 41–54.
- Ahmed, J., Thakur, A., and Goyal, A. (2021). Industrial wastewater and its toxic effects. *Chemistry in the environment*, 1–14. DOI: <https://doi.org/10.1039/9781839165399-00001>
- Alagha, O., Allazem, A., Bukhari, A. A., Anil, I., and Mu'azu, N. D. (2020). Suitability of SBR for wastewater treatment and reuse: Pilot-scale reactor operated in different anoxic conditions. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(5), 1617. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph17051617>
- Barot, S., and Bagla, K. (2012). Eco-friendly wastewater treatment by cow dung powder (Adsorption studies of Cr(III), Cr(VI) and Cd(II) using tracer technique). *Desalination and Water Treatment*, 38, 104–113.
- Bashir, M. J., Aziz, H. A., and Yusoff, S. (2011). New sequential treatment for mature landfill leachate by cationic/anionic and anionic/cationic processes: Optimization and comparative study. *Journal of Hazardous Materials*, 186, 92–102.
- Chávez, P., Pizarro, C., and Galiano, L. (2019). Landfill leachate treatment using activated carbon obtained from coffee waste. *Eng Sanit Ambient*, 24, 8330–842. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-41522019178655>

- Chen, H., Yi, H., Li, H., Guo, X., and Xiao, B. (2020). Effects of thermal and thermal-alkaline pretreatments on continuous anaerobic sludge digestion: Performance, **energy balance and enhancement mechanism**. *Renewable Energy*, 4. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.10.051>
- Christensen, B., Jensen, L., and Christensen, H. (1996). Effect of dissolved organic carbon on the mobility of cadmium, nickel and zinc in leachate polluted groundwater. *Water Research*, 30(12), 3037–3049.
- Cira, K., Paerl, W., and Wetz, S. (2016). Effects of nitrogen availability and form on phytoplankton growth in a eutrophic estuary (Neuse River Estuary, NC, USA). *PLoS ONE*, 11(8), e0160663. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0160663>
- Corsino, F., Capodici, M., Di Trapani, D., Torregrossa, M., and Viviani, G. (2020). Assessment of landfill leachate biodegradability and treatability by means of allochthonous and autochthonous biomasses. *New Biotechnology*, 55, 91–97. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.nbt.2019.10.007>
- Godambe, T., and Farooqui, M. H. (2016). Cow dung bacteria offer an effective bioremediation for hydrocarbon-benzene. *International Journal of Biotechnology Trends*, 6, 13–20.
- Kampschreur, J., Temmink, H., Kleerebezem, R., Jetten, M., and van Loosdrecht, M. (2009). Nitrous oxide emission during wastewater treatment. *Water Research*, 43(17), 4093–4103. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2009.03.001>
- Kjeldsen, P., Barlaz, A., Rooker, P., Baun, A., Ledin, A., and Christensen, H. (2002). Present and long-term composition of MSW landfill leachate: A review. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 32(4), 297–336. DOI: <https://doi.org/10.1080/10643380290813462>
- Kumar, L., Sharma, J., and Kaur, R. (2022). Catalytic performance of cow-dung sludge in water treatment mitigation and conversion of ammonia nitrogen into nitrate. *Sustainability*, 14(4), 2183. DOI: <https://doi.org/10.3390/su14042183>
- Li, W., Hua, T., Zhou, Q., Zhang, S., and Li, F. (2010). Treatment of stabilized landfill leachate by the combined process of coagulation/flocculation and powder activated carbon adsorption. *Desalination*, 264, 56–62.
- Nadeem, A., Khan, Majumder, A., and Singh, S. (2024). C/N ratio effect on oily wastewater treatment using column type SBR. *Machine learning prediction and metagenomics study*, 8–10. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-024-72490-0>
- Chand, N., Suthar, S., Kumar, K., and Tyagi, V. K. (2021). Enhanced removal of nutrients and coliforms from domestic wastewater in cattle dung biochar-packed *Colocasia esculenta*-based vertical subsurface flow constructed wetland. *Journal of Water Process Engineering*, 4. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2021.101994>
- Ojemeh, V. C. (2017). Adsorption of Lead (II) ion from aqueous solution using chemically treated and untreated cow dung ash. *Federal University of Technology Akure*.
- Ojeme, V. C., Ayodele, O., Oluwasina, O. O., and Okoronkw, E. A. (2019). Adsorption of Pb (II) ions from aqueous solutions using chemically treated and untreated cow dung ash. *Bioresources*, 14(2), 2622–2641.
- Agarwal, P., Gupta, R., & Agarwal, N. (2019). Advances in synthesis and applications of microalgal nanoparticles for wastewater treatment. *Journal of Nanomaterials*, 2019, Article ID 7392713. DOI: <https://doi.org/10.1155/2019/7392713>

- Quraishi, T., Kenekar, A., Ranadive, P., and Kamath, G. (2018). Evaluation of performance of cow dung as microbial inoculum in industrial wastewater treatment and its environmental implications. **Indian Journal of Science and Technology**, 11(20). DOI: <https://doi.org/10.17485/ijst/2018/v11i20/122616>
- Renou, S., Givaudan, J. G., Poulain, S., Dirassouyan, F., and Moulin, P. (2008). Landfill leachate treatment: Review and opportunity. **Journal of Hazardous Materials**, 150, 468–493.
- Sombatsomphob, K. (2008). SBR wastewater treatment. **Journal of King Mongkut's University of Technology North Bangkok**, 18, 96–103.
- Umar, M., Aziz, H., and Yusoff, M. S. (2010). Trends in the use of Fenton, electro-Fenton and photo-Fenton for the treatment of landfill leachate. **Waste Management**, 30, 2113–2121. United States Environmental Protection Agency. (1999). **Wastewater technology fact sheet: Sequencing batch reactors**. https://www3.epa.gov/npdes/pubs/sbr_new.pdf
- World Health Organization. (2023). **Water quality and health: Review of the health risks associated with water quality issues**. https://www.who.int/water_sanitation_health/water-quality

การออกแบบและพัฒนาระบบขออนุมัติการนำทรัพย์สินเข้า-ออกนอกสถานที่
ผ่านโมบายแอปพลิเคชันด้วยภาษา Dart ร่วมกับ Firebase : กรณีศึกษาของ
บริษัทฟูจิตส์ (ประเทศไทย) จำกัด

Design and Development of an Asset Approval System for Inbound
and Outbound Transfers via a Mobile Application using Dart
Language with Firebase: A Case Study of Fujitsu (Thailand) Co., Ltd.

เชาวลิต จันภิรมย์^{1*} อรุณรัตน์ ไพโรจน์ทินกร¹ พัชริชา กลิ่นทอง¹ และ รัตนภรณ์ นิลพงษ์¹

Chaovarit Janpirom^{1*} Ararat Pairojthinnkorn¹ Patthicha Ghinthong¹ and Rattanaporn Nilphong¹

¹สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะเทคโนโลยีดิจิทัลและนวัตกรรม มหาวิทยาลัยเซาท์อีสต์บางกอก กรุงเทพฯ 10260

¹Program of Information Technology, Faculty of Digital Technology and Innovation,
Southeast Bangkok University, Bangkok, 10260

*Corresponding author E-mail: chaovarit@sbu.southeast.ac.th

Received 7 February 2025, Accepted 15 May 2025, Published 19 June 2025

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ออกแบบการพัฒนาระบบขออนุมัติการนำทรัพย์สินเข้า-ออกนอกสถานที่ กรณีศึกษาของบริษัทฟูจิตส์ (ประเทศไทย) จำกัด ผ่านโมบายแอปพลิเคชัน 2) เพื่อศึกษาหาความพึงพอใจของระบบระบบขออนุมัติการนำทรัพย์สินเข้า-ออกนอกสถานที่ โดยมีกลุ่มเป้าหมายคือ พนักงาน ผู้จัดการ จำนวน 161 คน ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการทำงานเพื่อลดปัญหาการตกหล่นของอีเมลและการซับซ้อนของการทำงาน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ ระบบขออนุมัติการนำทรัพย์สินเข้า-ออกนอกสถานที่ กรณีศึกษาของบริษัทฟูจิตส์ (ประเทศไทย) จำกัด ผ่านโมบายแอปพลิเคชัน แบบประเมินความพึงพอใจระบบขออนุมัติการนำทรัพย์สินเข้า-ออกนอกสถานที่ กรณีศึกษาของบริษัทฟูจิตส์ (ประเทศไทย) จำกัด ผ่านโมบายแอปพลิเคชัน สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลคือค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลวิจัยพบว่ามีความสะดวกในการใช้งาน ($\bar{X} = 4.35$, S.D. = 0.55) ระบบสามารถตรวจสอบข้อมูลได้ ($\bar{X} = 4.55$, S.D. = 0.48) ความถูกต้องแม่นยำของข้อมูล ($\bar{X} = 4.58$, S.D. = 0.50) โดยการประเมินที่ได้แสดงให้เห็นว่า เมื่อนำคะแนนเฉลี่ยของแต่ละหัวข้อมาประเมินจะคำนวณวิธีทางสถิติเพื่อหาค่าเฉลี่ย จะพบว่าได้ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.50 (ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.35) ดังนั้น ระบบขออนุมัติการนำทรัพย์สินเข้า-ออกนอกสถานที่ ได้พัฒนาขึ้นมานี้ มีความพึงพอใจของผู้ใช้งานอยู่ในระดับที่ดี

คำสำคัญ: ทรัพย์สิน โมบายแอปพลิเคชัน การพัฒนาระบบ

ABSTRACT

This research aims to: 1) design and develop a mobile application-based system for requesting approval to bring assets in and out of the premises, using a case study of Fujitsu (Thailand) Co., Ltd.; and 2) study user satisfaction with this asset approval system. The target group comprises 55 employees and managers involved in the asset approval process, with the goal of mitigating issues related to missing emails and complex workflows. The research instruments include the developed asset approval system

(based on the Fujitsu (Thailand) Co., Ltd. case study) accessible via a mobile application, and a satisfaction survey for the system. The statistical methods employed for data analysis are mean and standard deviation. The research results indicate that the system is convenient to use ($\bar{X} = 4.35$, S.D. = 0.55), allows for data verification ($\bar{X} = 4.55$, S.D. = 0.48), and ensures data accuracy ($\bar{X} = 4.58$, S.D. = 0.50). The overall statistical analysis shows an average score of 4.50 with a standard deviation of 0.35. Therefore, the developed asset approval system demonstrates a high level of user satisfaction.

Keywords: Assets, Mobile Application, System Development

บทนำ

ในปัจจุบัน องค์กรหรือบริษัทโดยทั่วไปที่ต้องมีการอนุมัติการนำทรัพย์สินออกนอกสถานที่ เช่น โน้ตบุ๊ก อุปกรณ์เครือข่าย หรือยานพาหนะ เพื่อสนับสนุนการปฏิบัติงานนอกสถานที่หรือการให้บริการลูกค้า มักประสบปัญหาในการจัดการกระบวนการขออนุมัติ ซึ่งส่วนใหญ่ยังคงพึ่งพาการดำเนินการผ่านเอกสารหรือการส่งอีเมล การดำเนินงานในลักษณะดังกล่าวมักก่อให้เกิดความล่าช้าในการอนุมัติ อันเนื่องมาจากปริมาณเอกสารและอีเมลจำนวนมากที่ผู้จัดการต้องรับผิดชอบและจัดการในแต่ละวัน นอกจากนี้ ยังนำไปสู่ปัญหาการตกหล่นของเอกสารหรืออีเมลที่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการทำงาน (ริตา, 2567)

เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว และลดผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมจากการใช้กระดาษและการใช้พลังงานในการรับส่งอีเมล โครงการนี้จึงมีแนวคิดในการออกแบบและพัฒนาระบบขออนุมัติการนำทรัพย์สินเข้า-ออกนอกสถานที่ผ่านโมบายแอปพลิเคชัน โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อจัดการด้านเอกสารและลดปริมาณการส่งอีเมล ระบบนี้จะถูกพัฒนาในรูปแบบเว็บแอปพลิเคชันที่สามารถให้พนักงานยื่นคำขออนุมัติและให้ผู้จัดการอนุมัติผ่านแอปพลิเคชันได้โดยตรง ทำให้กระบวนการอนุมัติเป็นไปอย่างรวดเร็วและอัตโนมัติ ลดขั้นตอนการทำงานของเจ้าหน้าที่ และรองรับการทำงานออนไลน์ได้ทุกที่ที่มีอินเทอร์เน็ต และสามารถเพิ่ม ลบ แก้ไข ค้นหา ข้อมูลทรัพย์สิน ตรวจสอบ แก้ไขสถานะของทรัพย์สิน ในส่วนของผู้ดูแลระบบ จะเพิ่มฟังก์ชันการเพิ่มผู้ใช้งาน และการออกรายงานรายการทรัพย์สิน (ชินทร และพัชรพงศ์, 2566)

ความสำคัญของโครงการนี้ยังสอดคล้องกับแนวทางการลดการใช้ทรัพยากรที่ไม่จำเป็นและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม สถิติบ่งชี้ว่ามนุษย์มีการใช้กระดาษจำนวนมหาศาลต่อปี ซึ่งนำไปสู่การตัดต้นไม้จำนวนมาก (ประมาณ 12,000 แผ่นต่อคนต่อปี หรือเทียบเท่าการตัดต้นไม้ 18 ต้นต่อคน และ 66.3 ล้านต้นทั่วประเทศต่อปี) ในขณะเดียวกัน การรับส่งอีเมลแม้จะเป็นทางเลือกแทนการใช้กระดาษ แต่ก็ยังคงทิ้งร่องรอยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ (Carbon Footprint) เนื่องจากต้องอาศัยเครือข่ายอิเล็กทรอนิกส์และศูนย์ข้อมูล (Cloud) ที่ใช้พลังงานไฟฟ้าจำนวนมาก ซึ่งส่วนใหญ่ยังคงมาจากเชื้อเพลิงฟอสซิล ดังนั้น ระบบจัดการทรัพย์สินเป็นระบบที่มีประสิทธิภาพสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการจัดการทรัพย์สินในหน่วยงานต่าง ๆ ได้เป็นอย่างดี (สาวิตรี, 2563) สำหรับการพัฒนาแบบดิจิทัลสำหรับการขออนุมัติจึงเป็นแนวทางที่ยั่งยืนกว่าในระยะยาวโดยมีวัตถุประสงค์การวิจัยดังนี้ 1. เพื่อออกแบบและพัฒนาระบบขออนุมัติการนำทรัพย์สินเข้า-ออกนอกสถานที่ผ่านโมบายแอปพลิเคชัน 2. เพื่อศึกษาหาความพึงพอใจระบบขออนุมัติการนำทรัพย์สินเข้า-ออกนอกสถานที่ผ่านโมบายแอปพลิเคชัน โดยมีแนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับแอปพลิเคชัน 1. การออกแบบ SDLC รูปแบบ Agile Development และ Scrum Framework

1. Software Development Life Cycle (SDLC) หรือ วงจรการพัฒนา

SDLC เป็นกรอบการทำงานหรือแผนงานที่กำหนดขั้นตอนต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการสร้างและบำรุงรักษาระบบซอฟต์แวร์ ตั้งแต่เริ่มต้นแนวคิดจนกระทั่งระบบถูกยกเลิกการใช้งาน เพื่อให้การพัฒนาเป็นไปอย่างมีระเบียบแบบแผน มีขั้นตอนที่ชัดเจน สามารถควบคุมคุณภาพและบริหารจัดการทรัพยากรได้อย่างมีประสิทธิภาพ

รูปแบบดั้งเดิม (Waterfall) เป็น SDLC รูปแบบหนึ่งที่ทำงานเป็นลำดับขั้นตอนที่ชัดเจน เช่น การวางแผน -> การออกแบบ -> การพัฒนา -> การทดสอบ -> การติดตั้ง -> การบำรุงรักษา แต่มีข้อจำกัดคือ หากเกิดปัญหาในขั้นตอนใดขั้นตอนหนึ่ง มักจะย้อนกลับไปแก้ไขได้ยาก และไม่ยืดหยุ่นต่อการเปลี่ยนแปลงความต้องการ

2. Agile Development (การพัฒนาแบบคล่องตัว)

Agile เป็นแนวคิดหรือปรัชญาในการพัฒนาระบบซอฟต์แวร์ที่เน้นความ ยืดหยุ่น การปรับตัว การทำงานร่วมกัน และการส่งมอบที่มีคุณค่าอย่างต่อเนื่อง แทนที่จะยึดติดกับแผนการที่ตายตัว เพื่อแก้ปัญหาของ SDLC รูปแบบดั้งเดิมที่ไม่สามารถรับมือกับการเปลี่ยนแปลงความต้องการที่เกิดขึ้นบ่อยครั้งในการพัฒนาซอฟต์แวร์สมัยใหม่

3. Scrum Framework (กรอบการทำงานแบบ Scrum)

Scrum เป็น กรอบการทำงาน (Framework) ที่เป็นที่ยอมรับมากที่สุดภายใต้แนวคิด Agile Scrum กำหนดบทบาท ความรับผิดชอบ กิจกรรม และกฎเกณฑ์ต่างๆ เพื่อช่วยให้ทีมพัฒนาสามารถทำงานร่วมกันและส่งมอบซอฟต์แวร์ที่มีคุณค่าได้อย่างรวดเร็วและต่อเนื่อง องค์ประกอบหลักของ Scrum คือ บทบาท (Roles), กิจกรรม (Events), สิ่งที่ต้องสร้าง (Artifacts) และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังนี้

ภาณุชญา (2567) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาระบบของอนุมัติเดินทางไปปฏิบัติงานโดยไม่ถือเป็นวันลา เวอร์ชัน 3 สำหรับคณะเภสัชศาสตร์มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์และประเมินด้านความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบโดยใช้หลักการพัฒนาระบบ Software Development Life Cycle (SDLC) ในการทำการวิจัย ออกแบบพัฒนาโดยภาษา PHP และใช้ฐานข้อมูล MySQL โดยสรุปว่าสามารถช่วยแก้ปัญหาความซ้ำซ้อนของการทำงาน ลดขั้นตอนการทำงานและค่าใช้จ่ายได้อย่างมีประสิทธิภาพ

สุรศักดิ์ และคณะ (2561) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาระบบการอนุมัติสินเชื่อผ่านเทคโนโลยีเว็บเซอร์วิส และการศึกษาคุณภาพของระบบอนุมัติสินเชื่อโดยใช้เทคโนโลยีเว็บเซอร์วิส โดยมีกลุ่มเป้าหมายเป็นอาจารย์คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ โดยผลการวิจัยพบว่าระบบการอนุมัติสินเชื่อผ่านเทคโนโลยีเว็บเซอร์วิสสามารถใช้งานได้ครบทุกโมดูลและมีคุณภาพ

นิตยา และคณะ (2566) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาระบบการลาออนไลน์ด้วย Microsoft Power Platform และศึกษาความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบ ผลวิจัยพบว่าระบบการลาออนไลน์มีการทำงานแบบ 2 ส่วน ส่วนที่หนึ่งผู้ใช้งานสามารถแสดงรายละเอียดการเขียนใบลาได้ ส่วนที่สองผู้อนุมัติการลาสามารถแสดงสถิติการลาและรายละเอียดการลาได้

ณัฐธิดา (2567) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาแอปพลิเคชันให้ความรู้การอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและปลูกไม้มีค่า ด้วย Glide Platform ได้ทำการทดสอบความสามารถของแอปพลิเคชัน โดยให้ผู้ใช้งานจริงทั้งสิ้น 113 ราย ได้ทำการใช้ระบบพร้อมทั้งตอบแบบสอบถามเพื่อนำมาประเมินความพึงพอใจในการใช้งานแอปพลิเคชันที่ได้พัฒนาขึ้นในด้านความพึงพอใจของผู้ใช้ ด้านคุณภาพของภาพรวมของระบบ ด้านคุณภาพของแอปพลิเคชัน ด้านคุณภาพของบริการและด้านการนำแอปพลิเคชันไปใช้งานและพัฒนาต่อไป ผลการประเมินด้านความพึงพอใจของผู้ใช้อยู่ในเกณฑ์ระดับมากที่สุดด้านคุณภาพของภาพรวมของระบบอยู่ในเกณฑ์ระดับมากที่สุดด้านคุณภาพของแอปพลิเคชันอยู่ในเกณฑ์ระดับมาก ด้านคุณภาพของบริการอยู่ในเกณฑ์ระดับมากที่สุด และด้านการนำแอปพลิเคชันไปใช้งานและพัฒนาต่อไปอยู่ในเกณฑ์ระดับมาก

ธีรวัฒน์ (2564) ได้ศึกษาเกี่ยวกับหารพัฒนาการทำงานด้วยระบบงานดิจิทัลสำหรับการติดตามความคืบหน้าการขออนุมัติโครงการตามแผนงานของราชการของมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรีมีการศึกษาประสิทธิภาพและประสิทธิผลในการติดตามโดยมีประชากรการวิจัยได้แก่ พนักงานมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี พบว่าระบบมีความก้าวหน้าเป็นไปตามแบบแผนปฏิบัติราชการ

เนาวรัตน์ และคณะ (2565) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการสร้างแอปพลิเคชันเพื่อการบริหารการจัดการรับส่งผู้สูงอายุไปรักษาที่สถานพยาบาลของเทศบาลตำบล โดยมีการวิเคราะห์ปัญหาประเมินผลและออกแบบโปรแกรม โดยสถิติที่ใช้ในการวิจัยคือค่าความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ยเลขคณิตผลวิจัยพบว่าแอปพลิเคชันมการบริหารจัดการการรับส่งผู้สูงอายุไปรักษาที่สถานพยาบาลเทศบาลตำบลประกอบด้วยหน้าจอแอปพลิเคชัน หน้าจอเรียกรถฉุกเฉิน และหน้าจอเมนูหลักและมีความพึงพอใจระดับมาก

จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องอาจกล่าวได้ว่า การพัฒนาโมบายแอปพลิเคชันโดยการใช้ ภาษา Dart ร่วมกับ Firebase เป็นทางเลือกที่ดีสำหรับนักพัฒนาที่ต้องการพัฒนาแอปพลิเคชันที่รวดเร็ว, มีประสิทธิภาพ, และสามารถทำงานได้ทั้งบนหลายแพลตฟอร์มในเวลาเดียวกัน และ Firebase มีฟีเจอร์ต่าง ๆ ที่สามารถใช้งานได้ร่วมกับ Dart ได้ทันที เช่น การจัดการข้อมูลแบบเรียลไทม์, การตั้งค่าการแจ้งเตือน, การจัดการการยืนยันตัวตน และการเก็บข้อมูลประวัติการใช้งาน ซึ่งทั้งหมดนี้สามารถเชื่อมต่อกับแอปพลิเคชันที่พัฒนาโดย Dart ได้อย่างราบรื่น

วิธีการวิจัย

1. เครื่องมือการวิจัย

- 1.1 ระบบขออนุมัติการนำทรัพย์สินเข้า-ออกนอกสถานที่ผ่านโมบายแอปพลิเคชัน
- 1.2 แบบประเมินความพึงพอใจของระบบขออนุมัติการนำทรัพย์สินเข้า-ออกนอกสถานที่ผ่านโมบายแอปพลิเคชันของผู้ใช้งานที่มีต่อการใช้ระบบขออนุมัติการนำทรัพย์สินเข้า-ออกนอกสถานที่ผ่านโมบายแอปพลิเคชัน
- 1.3 แบบประเมินประสิทธิภาพของระบบขออนุมัติการนำทรัพย์สินเข้า-ออกนอกสถานที่ผ่านโมบายแอปพลิเคชันของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อการใช้ระบบขออนุมัติการนำทรัพย์สินเข้า-ออกนอกสถานที่ผ่านโมบายแอปพลิเคชัน

2. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

- 2.1 ประชากรที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย พนักงาน ผู้จัดการ บริษัทฟูจิตตี้ (ประเทศไทย) จำกัด และผู้เชี่ยวชาญ
- 2.2 กลุ่มตัวอย่าง ประกอบด้วย พนักงานจำนวน 161 คน และผู้เชี่ยวชาญจำนวน 10 ท่าน

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

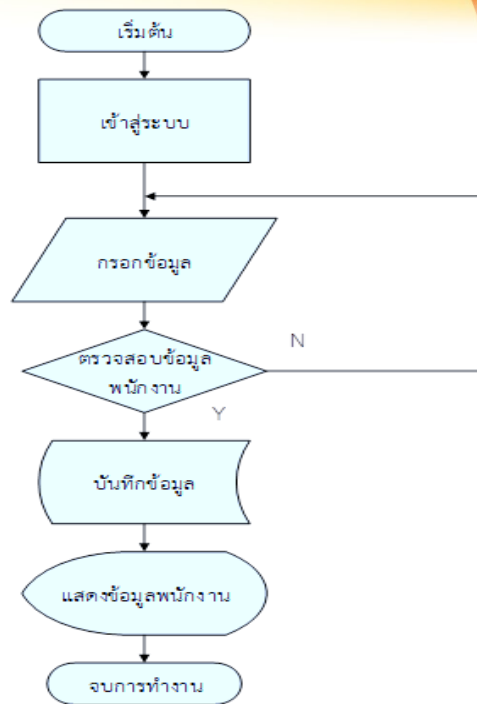
การดำเนินการออกแบบและพัฒนาระบบขออนุมัติการนำทรัพย์สินเข้า-ออกนอกสถานที่ กรณีศึกษาของบริษัท ฟูจิตตี้ (ประเทศไทย) จำกัด ผ่านโมบายแอปพลิเคชัน ผู้วิจัยได้ดำเนินการในลักษณะของการวิจัยและพัฒนา (Research and Development) โดยมีขั้นตอนดังนี้

3.1 การวิเคราะห์

ศึกษากระบวนการทำงานปัจจุบันการบริหารจัดการในส่วนของการขออนุมัติการขอทรัพย์สินออกนอกสถานที่นั้นยังคงใช้การใช้อุปกรณ์แบบการส่งอีเมลหาผู้จัดการซึ่งทำให้เกิดความล่าช้าจากการทดแทนของอีเมลหรือการได้รับอีเมลมากเกินไปก็ทำให้ได้รับการตอบรับที่ล่าช้าจนเกิดผลกระทบกับการปฏิบัติงาน จึงได้มีการออกแบบและริเริ่มพัฒนาระบบขออนุมัติการนำทรัพย์สินเข้า-ออกนอกสถานที่ขึ้นเพื่อความเร็วในการตอบรับการขออนุมัติและการปฏิบัติงาน

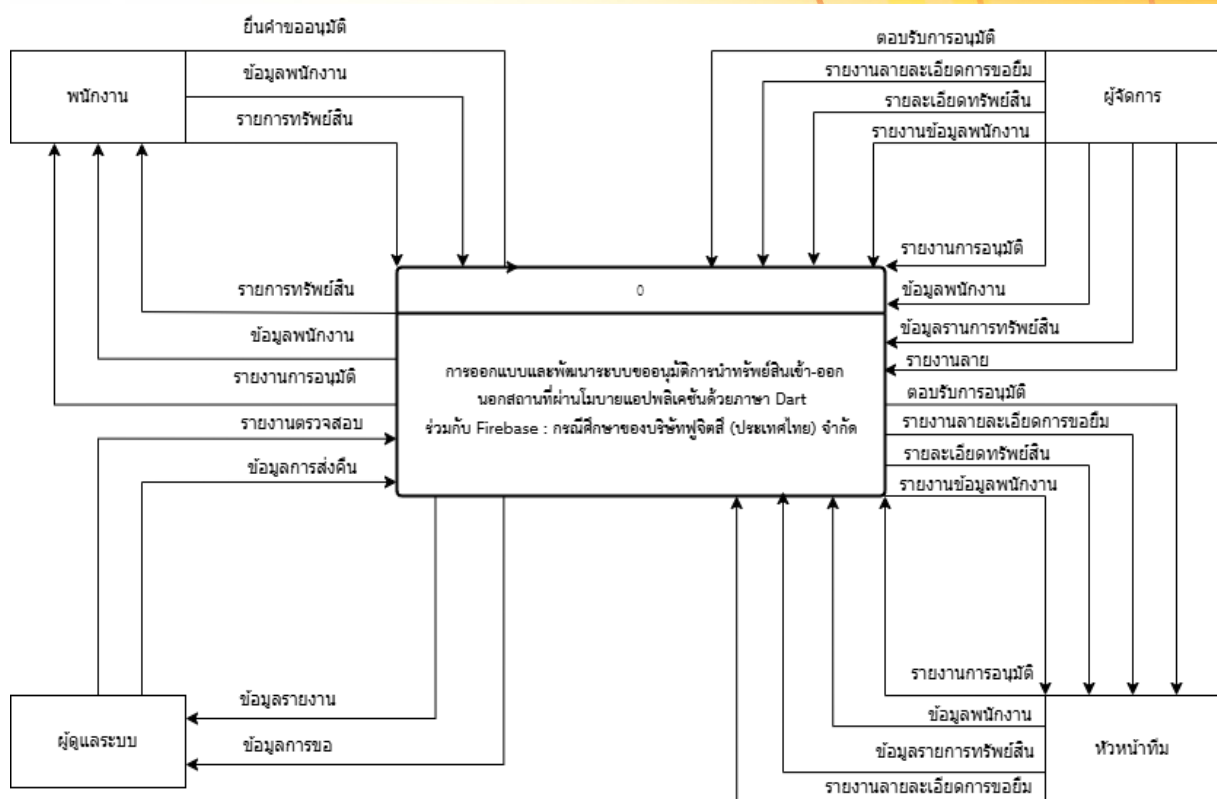
3.2 การออกแบบ

ความสำคัญและปัญหาที่เกิดขึ้นในการปัจจุบันจึงได้ออกแบบระบบและพัฒนาระบบการแก้ปัญหาเหล่านี้โดยการนำเทคโนโลยีโมบายแอปพลิเคชันมาช่วยให้กระบวนการทำงานมีประสิทธิภาพ ลดความซ้ำซ้อนการปฏิบัติงาน และลดการซ้ำซ้อนและความล่าช้าในแต่ละขั้นตอน โดยกระบวนการทำงานรูปแบบใหม่แสดงดังภาพที่ 1



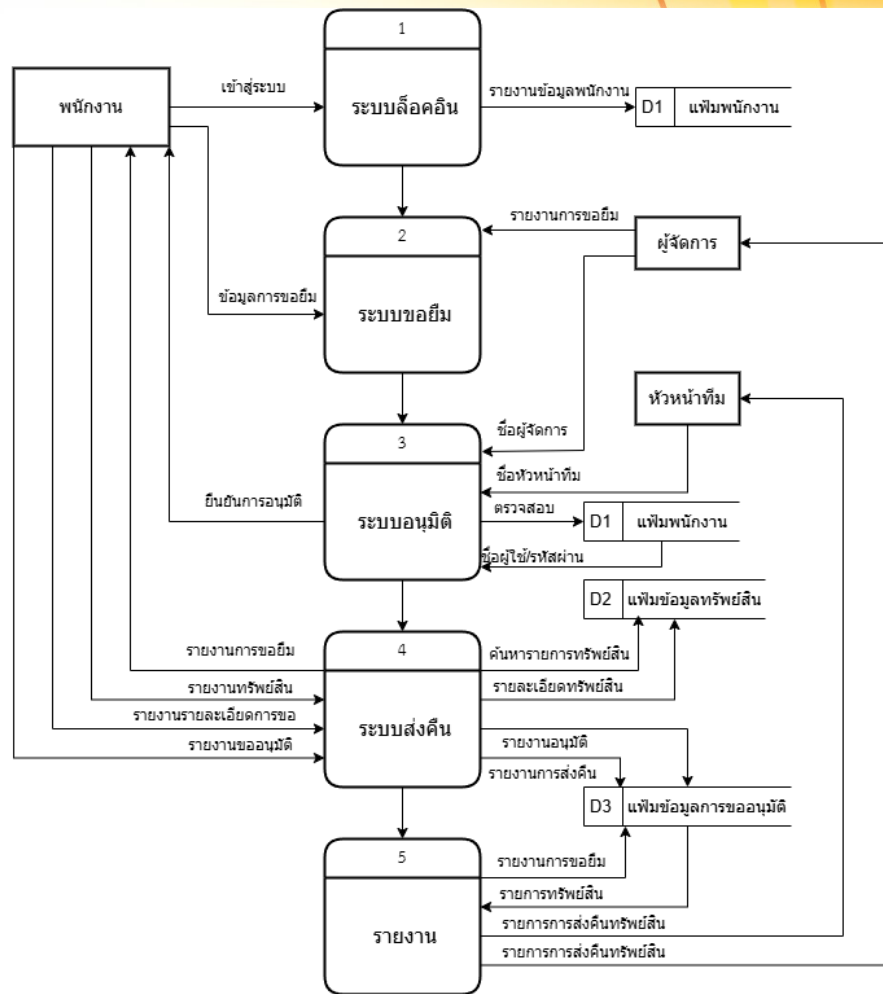
ภาพที่ 1 กระบวนการเข้าสู่ระบบ

ระบบงานที่ออกแบบมีผู้เกี่ยวข้องอยู่ 4 ส่วน ได้แก่ 1) พนักงาน ผู้ปฏิบัติงานและผู้ส่งคำขออนุมัติถึงผู้จัดการ 2) ผู้จัดการ ผู้อนุมัติคำขออนุญาตการนำทรัพย์สินออกนอกสถานที่ของพนักงานโดยสามารถดูรายงานการขออนุมัติและรายงานการส่งคืนได้ 3) หัวหน้าทีม ผู้อนุมัติคำขอของพนักงานในทีมเมื่อมีคำขออนุมัติสามารถดูรายงานการส่งคืนและรายงานการส่งคืนได้ 4) ผู้ดูแลระบบ สามารถดูแลระบบในแอปพลิเคชันและสามารถดูรายงานได้



ภาพที่ 2 ภาพบริบทแสดงการพัฒนาระบบขออนุมัติการนำทรัพย์สินเข้า-ออกนอกสถานที่ กรณีศึกษาของบริษัทฟูจิตซี (ประเทศไทย) จำกัด ผ่านโมบายแอปพลิเคชัน

จากภาพที่ 2 ระบบขออนุมัติการนำทรัพย์สินเข้า-ออกนอกสถานที่ มีการอธิบายขั้นตอนการทำงานที่แสดงทิศทางการไหลของข้อมูลระดับลึก รายละเอียดของการประมวลผลข้อมูล โดยออกแบบแผนภาพกระแสข้อมูลระดับ 1 (Data flow diagram) มีการแบ่งการทำงานเป็น 5 กระบวนการ คือ 1) ระบบล็อกอิน 2) ระบบขอยืม 3) ระบบอนุมัติ 4) ระบบส่งคืน และ 5) รายงานแสดงรายละเอียดดังภาพที่ 2



ภาพที่ 3 ภาพกระแสข้อมูลระดับ 1 ของระบบ

3.3 การพัฒนาระบบ

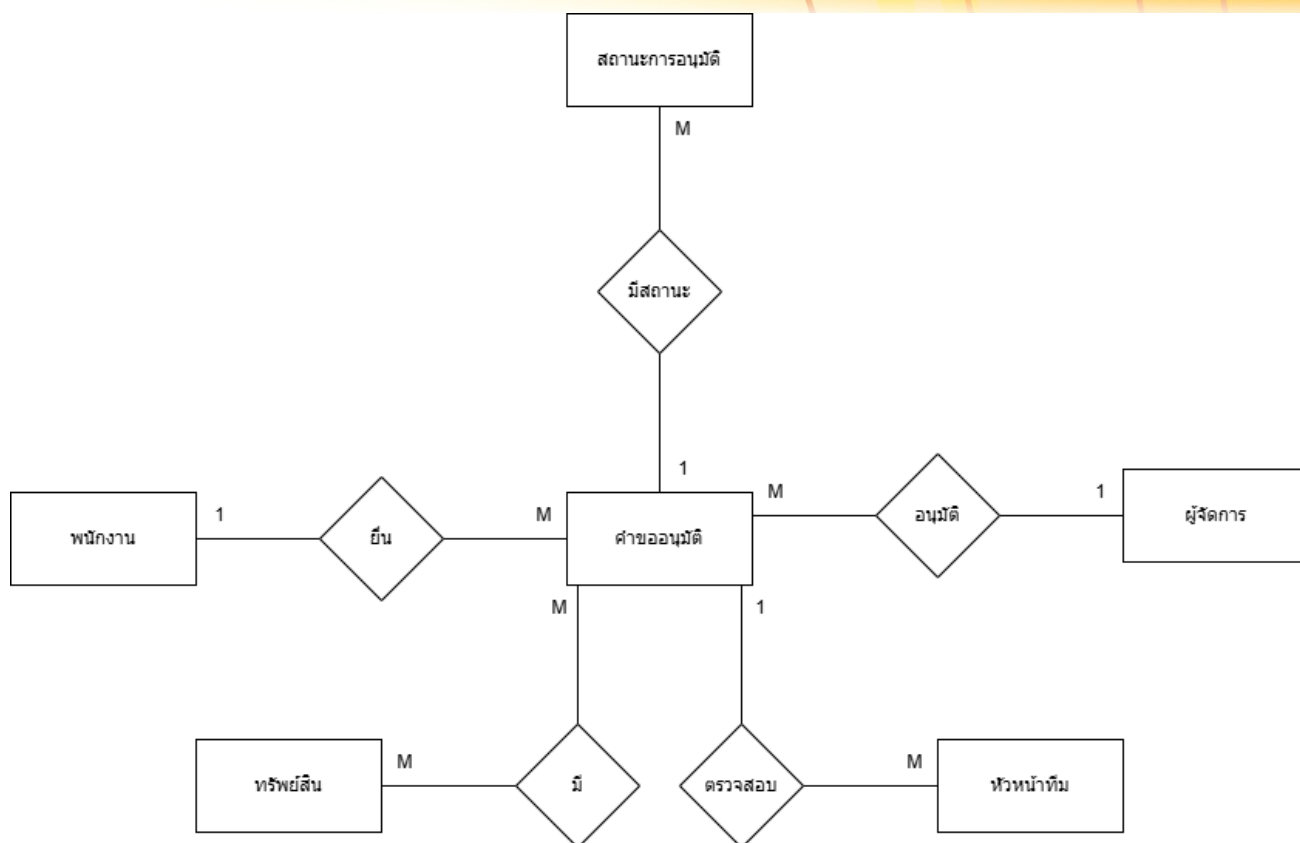
การพัฒนาระบบอยู่ภายใต้ซอฟต์แวร์รหัสเปิด (Open source software) โดยใช้ภาษา Dart และโปรแกรม Flutter โดยพัฒนาแอปพลิเคชันผ่านโปรแกรม Android studio เพื่อรองรับการทำงานทั้งโมบายแอปพลิเคชันและเว็บแอปพลิเคชัน

3.4 การทดสอบระบบ

การทดสอบระบบโดยคณะผู้วิจัย เป็นการทดสอบฟังก์ชันการทำงานของระบบที่ได้พัฒนาขึ้นว่าถูกต้องตรงตามที่วิเคราะห์และออกแบบไว้ หากมีข้อผิดพลาดต้องมีการแก้ไขข้อผิดพลาดให้ถูกต้องตรงตามที่วิเคราะห์และออกแบบระบบไว้

3.5 การประเมินประสิทธิภาพของระบบและการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อระบบ

การประเมินประสิทธิภาพของระบบด้วยความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อการใช้ระบบจากผู้ใช้จำนวน 20 คน ใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย $\bar{X}$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) แล้วนำไปแปลผลโดยเปรียบเทียบกับเกณฑ์ค่าเฉลี่ย 5 ระดับ



ภาพที่ 4 แผนภาพความสัมพันธ์ระหว่างเอนทิตีต่างๆ

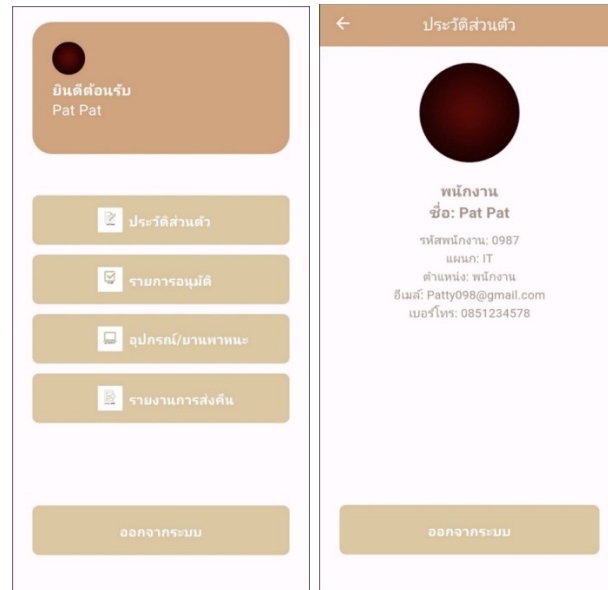
จาก ภาพที่ 4 แผนภาพความสัมพันธ์ระหว่างเอนทิตีต่างๆ แสดงให้เห็นโครงสร้างฐานข้อมูลและความสัมพันธ์ระหว่างเอนทิตีต่างๆ ในระบบ ซึ่งเกี่ยวกับ ข้อมูลค่าขออนุมัติ รวมถึงสถานะการอนุมัติ พนักงาน ผู้จัดการ หัวหน้าทีม และทรัพย์สิน

ผลการวิจัย และวิจารณ์ผลการวิจัย

1. ผลการพัฒนาระบบขออนุมัติการนำทรัพย์สินเข้า-ออกนอกสถานที่ กรณีศึกษาของบริษัทฟูจิที (ประเทศไทย) จำกัด ผ่านโมบายแอปพลิเคชัน

ผลการพัฒนาระบบแบ่งการให้บริการการใช้งานคือ การใช้งานผ่านโมบายแอปพลิเคชัน ดังรายละเอียดต่อไปนี้

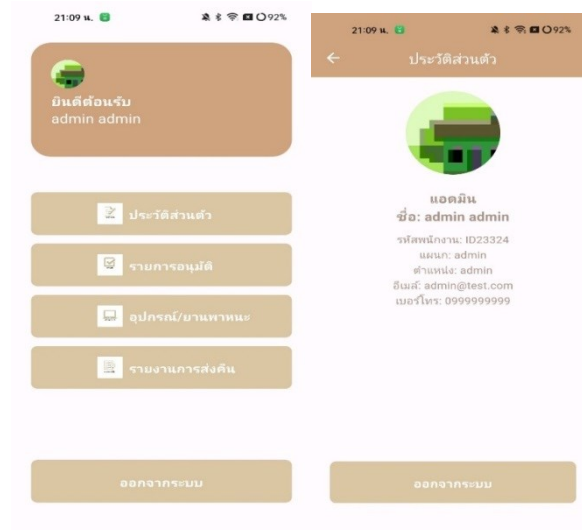
1.1 การใช้งานผ่านโมบายแอปพลิเคชัน ได้พัฒนาเพื่ออำนวยความสะดวก ลดเวลาในการประสานงานระหว่างพนักงาน ผู้จัดการ หัวหน้าทีม ให้สามารถทำงานได้อย่างรวดเร็วมีประสิทธิภาพ ตัวอย่างการใช้งานผ่านโมบายแอปพลิเคชันของผู้ที่เกี่ยวข้องทั้ง 3 กลุ่ม



ภาพที่ 5 ตัวอย่างรูปแบบโมบายแอปพลิเคชันที่ได้พัฒนาให้แก่พนักงาน

หน้าหลักจะเป็นหน้าเมนูโดยจะมีให้เลือกไปยังหน้าต่างๆ ได้ เช่น ประวัติส่วนตัว รายการอนุมัติ อุปกรณ์ หรือ ยานพาหนะ รายงานการส่งคืน และออกจากระบบ

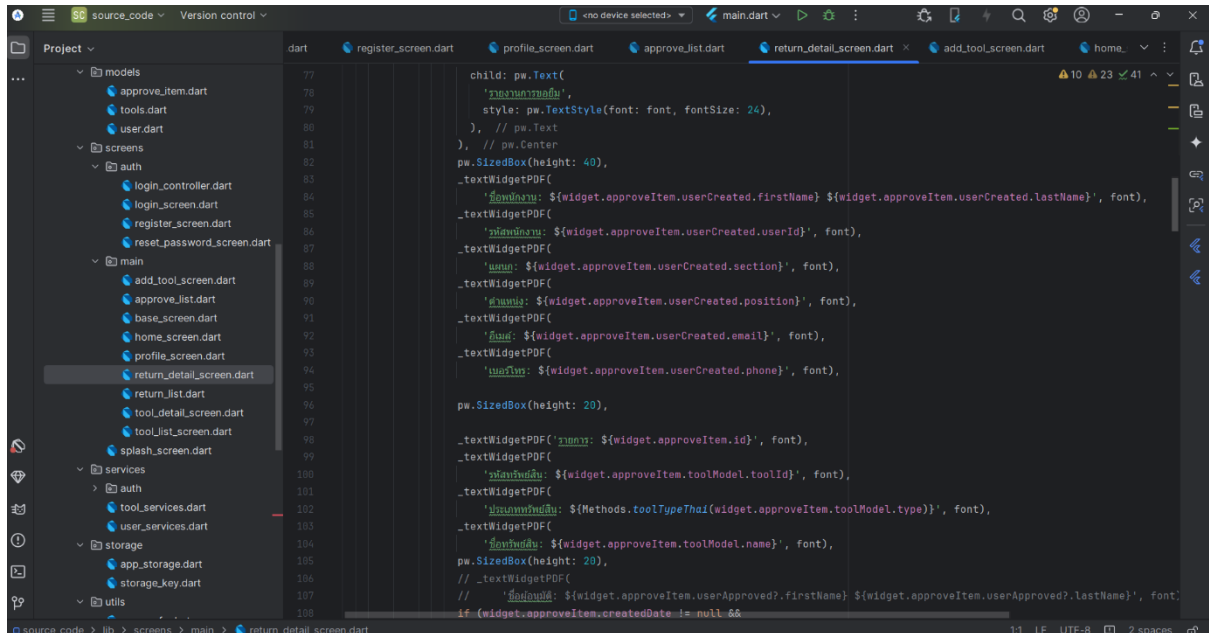
หน้าประวัติส่วนตัวจะแสดงข้อมูลส่วนตัวของผู้จัดการและหัวหน้าทีม เช่น รูปโปรไฟล์ ชื่อ รหัสพนักงาน แผนก ตำแหน่ง อีเมล



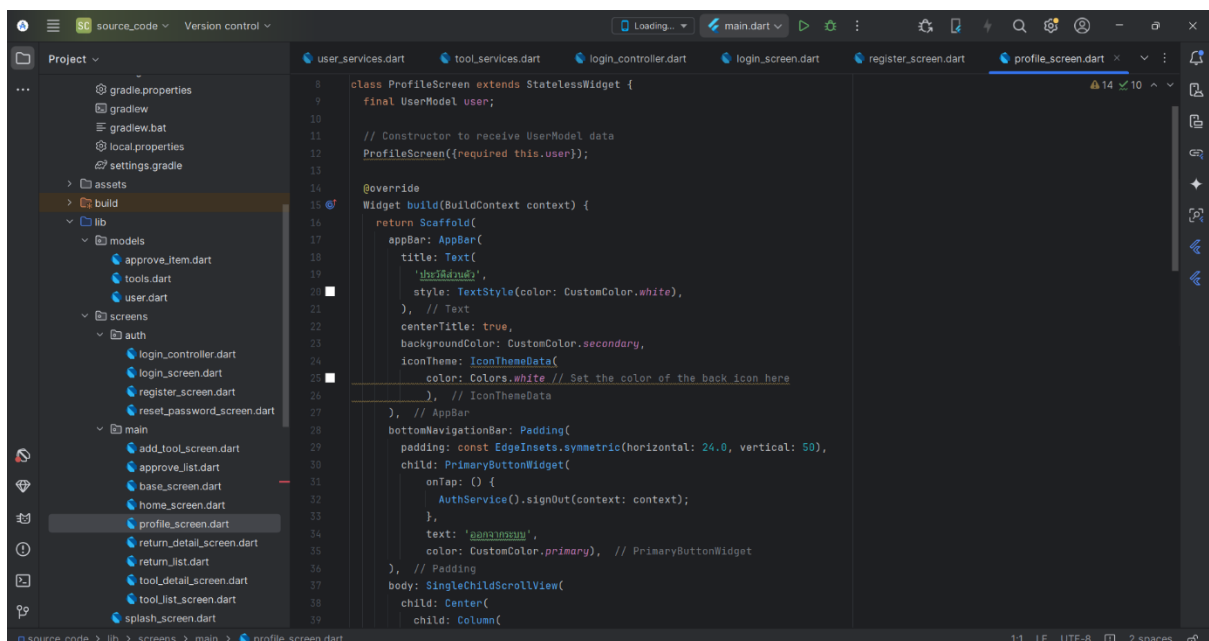
ภาพที่ 6 ตัวอย่างรูปแบบโมบายแอปพลิเคชันที่ได้พัฒนาให้แก่ผู้จัดการและหัวหน้าทีม

หน้าหลักจะเป็นหน้าเมนูโดยจะมีให้เลือกไปยังหน้าต่างๆ ได้ เช่น ประวัติส่วนตัว รายการอนุมัติ อุปกรณ์ หรือ ยานพาหนะ รายงานการส่งคืน และออกจากระบบ

หน้าประวัติส่วนตัวจะแสดงข้อมูลส่วนตัวของผู้จัดการและหัวหน้าทีม เช่น รูปโปรไฟล์ ชื่อ รหัสพนักงาน แผนก ตำแหน่ง อีเมล เบอร์โทรศัพท์ภาพที่ 6



ภาพที่ 7 ตัวอย่างหน้าโค้ดสำหรับส่งคืนทรัพย์สิน



ภาพที่ 8 ตัวอย่างหน้าโค้ดประวัติส่วนตัวพนักงาน

2. ผลการวิเคราะห์แบบประเมินความคิดเห็น

เกณฑ์การวิเคราะห์ระดับความพึงพอใจ

5 ค่าเฉลี่ย 4.51 - 5.00 หมายถึงมากที่สุด

4 ค่าเฉลี่ย 3.51 - 4.50 หมายถึงมาก

3 ค่าเฉลี่ย 2.51 - 3.50 หมายถึงปานกลาง

2 ค่าเฉลี่ย 1.51 - 2.50 หมายถึงน้อย

1 ค่าเฉลี่ย 1.00 - 1.50 หมายถึงน้อยที่สุด

ผลสรุปการประเมินความคิดเห็นของพนักงานทั้ง 161 คน เพื่อทำการประเมินความพึงพอใจของ ระบบจากนั้น นำผลมาวิเคราะห์ด้วยค่าสถิติพื้นฐานเทียบกับเกณฑ์และสรุปผล

ตารางที่ 1 ผลการประเมินความพึงพอใจของระบบขออนุมัติการนำทรัพย์สินเข้า-ออกนอกสถานที่

รายการ	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความคิดเห็น
1. ด้านการใช้งาน			
1.1 มีความสะดวกในการใช้งาน	4.35	0.55	มาก
1.2 การใช้งานระบบไม่ยุ่งยากซับซ้อน	4.40	0.50	มาก
1.3 ความเหมาะสมในการใช้งาน	4.42	0.56	มาก
1.4 การออกแบบให้สามารถใช้งานง่าย	4.55	0.53	มากที่สุด
2. ด้านการประเมินด้านสมรรถนะของระบบ			
2.1 ระบบสามารถสื่อสารข้อมูลถึงผู้ใช้งานใหม่ได้	4.68	0.45	มากที่สุด
2.2 ระบบสามารถตรวจสอบข้อมูลได้	4.55	0.48	มากที่สุด
2.3 ระบบสามารถจัดการ Admin และ User	4.65	0.45	มากที่สุด
2.4 ระบบสามารถตรวจสอบข้อมูลย้อนหลังได้	4.55	0.50	มากที่สุด
2.5 ระบบสามารถจัดการและตรวจสอบรายงานได้	4.48	0.54	มากที่สุด
3. ด้านการประเมินด้านคุณภาพการใช้งานของอุปกรณ์			
3.1 ระบบสามารถทำงานได้อย่างรวดเร็ว	4.48	0.54	มากที่สุด
3.2 ความถูกต้องแม่นยำของข้อมูล	4.55	0.52	มากที่สุด
3.3 การออกแบบระบบที่ใช้งานง่าย	4.48	0.54	มากที่สุด
3.4 สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ตรงตามความต้องการ	4.48	0.54	มากที่สุด
3.5 การออกแบบที่ทันสมัย	4.48	0.54	มากที่สุด
รวม	4.50	0.35	มากที่สุด

ผลการประเมินความพึงพอใจของแอปพลิเคชันโดยรวม พบว่าค่าเฉลี่ย = 4.50 ซึ่งอยู่ในระดับมากที่สุด เมื่อพิจารณาตามรายการ พบว่ารายการที่มีผลการประเมินสูงสุดคือ ระบบสามารถสื่อสารข้อมูลถึงผู้ใช้งานใหม่ได้ ค่าเฉลี่ย = 4.68 รองลงมา คือ ระบบสามารถจัดการ Admin และ User ค่าเฉลี่ย = 4.65 ทั้งนี้ ผลการประเมินดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่า แอปพลิเคชันมีความพึงพอใจโดยรวมในระดับ มากที่สุด

ผลสรุปการประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 10 คน เพื่อทำการประเมินประสิทธิภาพของ ระบบจากนั้น นำผลมาวิเคราะห์ด้วยค่าสถิติพื้นฐานเทียบกับเกณฑ์และสรุปผล

ตารางที่ 2 ผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบของอนุมัติการนำทรัพย์สินเข้า-ออกนอกสถานที่

รายการ	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความคิดเห็น
1. ด้านการใช้งาน			
1.1 มีความสะดวกในการใช้งาน	4.20	0.60	มาก
1.2 การใช้งานระบบไม่ยุ่งยากซับซ้อน	4.30	0.55	มาก
1.3 ความเหมาะสมในการใช้งาน	4.25	0.65	มาก
1.4 การออกแบบให้สามารถใช้งานง่าย	4.50	0.50	มากที่สุด
2. ด้านการประเมินด้านสมรรถนะของระบบ			
2.1 ระบบสามารถสื่อสารข้อมูลถึงผู้ใช้งานใหม่ได้	4.60	0.45	มากที่สุด
2.2 ระบบสามารถตรวจสอบข้อมูลได้	4.45	0.52	มาก
2.3 ระบบสามารถจัดการ Admin และ User	4.55	0.48	มากที่สุด
2.4 ระบบสามารถตรวจสอบข้อมูลย้อนหลังได้	4.40	0.58	มาก
2.5 ระบบสามารถจัดการและตรวจสอบรายงานได้	4.35	0.62	มาก
3. ด้านการประเมินด้านคุณภาพการใช้งานของอุปกรณ์			
3.1 ระบบสามารถทำงานได้อย่างรวดเร็ว	4.40	0.58	มาก
3.2 ความถูกต้องแม่นยำของข้อมูล	4.50	0.50	มากที่สุด
3.3 การออกแบบระบบที่ใช้งานง่าย	4.45	0.52	มาก
3.4 สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ตรงตามความต้องการ	4.40	0.58	มาก
3.5 การออกแบบที่ทันสมัย	4.35	0.62	มาก
รวม	4.39	0.48	มาก

ผลการประเมินประสิทธิภาพของแอปพลิเคชันโดยรวม พบว่าค่าเฉลี่ย = 4.39 ซึ่งอยู่ในระดับมากที่สุด เมื่อพิจารณาตามรายการ พบว่ารายการที่มีผลการประเมินสูงสุดคือ ระบบสามารถสื่อสารข้อมูลถึงผู้ใช้งานใหม่ได้ ค่าเฉลี่ย = 4.60 รองลงมา คือ ระบบสามารถจัดการ Admin และ User ค่าเฉลี่ย = 4.55 ทั้งนี้ ผลการประเมินดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่า แอปพลิเคชันมีประสิทธิภาพโดยรวมในระดับ มากที่สุด ผลการวิจัยครั้งนี้พบว่า การออกแบบและพัฒนาระบบโมบายแอปพลิเคชันโดยการใช้ ภาษา Dart ร่วมกับ Firebase เป็นทางเลือกที่ดีสำหรับนักพัฒนาที่ต้องการพัฒนาแอปพลิเคชันที่รวดเร็วโดยผลการใช้งานของระบบสามารถให้พนักงานยื่นคำขออนุมัติและให้ผู้จัดการอนุมัติผ่านแอปพลิเคชันได้โดยตรง เพื่อให้กระบวนการอนุมัติเป็นไปอย่างรวดเร็วและอัตโนมัติ ลดการพึ่งพาอีเมลและการใช้เอกสารในรูปแบบกระดาษ ซึ่งช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน การทดลองที่ใช้ระบบมีการทดสอบในสภาพแวดล้อมที่หลากหลาย โดยเน้นการทดสอบการใช้งานจริง เช่น การทดสอบการยื่นคำขอจากพนักงานและการอนุมัติจากผู้จัดการ รวมทั้งการประเมินการทำงานของระบบในภาวะการใช้งานจริงที่มีปริมาณคำขออนุมัติสูง ความถูกต้องของผลการวิจัยพิจารณาจากความแม่นยำในการดำเนินการตามกระบวนการต่างๆ ที่ระบุในระบบ แนวทางการปรับปรุงและพัฒนาต่อไป เพิ่มฟังก์ชันการแจ้งเตือน คือ ควรมีการพัฒนาให้ระบบแจ้งเตือนผู้จัดการเมื่อคำขอการอนุมัติเกินระยะเวลาที่กำหนด การสนับสนุนหลายภาษาคือ ระบบควรรองรับการใช้งานในหลายภาษาหากองค์กรมีพนักงานจากหลากหลายเชื้อชาติหรือภาษา สอดคล้องกับงานวิจัยเรื่อง การพัฒนาระบบขออนุมัติเดินทางไปปฏิบัติงานโดยไม่ถือเป็นวันลา เวอร์ชัน 3 สำหรับคณะเภสัชศาสตร์มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ของ ภาณุชญา (25567) พบว่า สามารถช่วยแก้ปัญหาความซ้ำซ้อนของการทำงาน ลดขั้นตอนการทำงาน และค่าใช้จ่ายได้อย่างมีประสิทธิภาพ และงานวิจัยเรื่อง การสร้างแอปพลิเคชันเพื่อการบริหารจัดการการรับส่งผู้สูงอายุ

ไปรักษาที่สถานพยาบาลของเทศบาลตำบล ของ เนาวรัตน์ และคณะ (2565) พบว่าแอปพลิเคชันมีการบริหารจัดการรับส่ง ผู้สูงอายุไปรักษาที่สถานพยาบาลเทศบาลตำบลประกอบด้วยหน้าจอแอปพลิเคชัน หน้าจอเรียกรถฉุกเฉิน และหน้าจอเมนูหลักและมีความพึงพอใจระดับมาก

สรุปผลการวิจัย

1. ผลการพัฒนาระบบระบบขออนุมัติการนำทรัพย์สินเข้า-ออกนอกสถานที่ กรณีศึกษาของบริษัทฟู้ดเจตีส (ประเทศไทย) จำกัด ผ่านโมบายแอปพลิเคชันสำเร็จสมบูรณ์ได้ดังนี้ อาจเนื่องจากการพัฒนาระบบนั้นมีการตรวจสอบข้อมูลให้แม่นยำและถูกต้องและปรับปรุงแก้ไขโดยผู้พัฒนา นอกจากนี้ผู้พัฒนายังใช้หลักการออกแบบเพื่อในระบบออกมาน่าสนใจสำหรับผู้ใช้งาน จึงส่งผลให้ระบบขออนุมัติการนำทรัพย์สินเข้า-ออกนอกสถานที่ กรณีศึกษาของบริษัทฟู้ดเจตีส (ประเทศไทย) จำกัด ผ่านโมบายแอปพลิเคชันสำเร็จอย่างสมบูรณ์และเป็นที่น่าพึงพอใจ สอดคล้องกับงานวิจัยเรื่อง การพัฒนาการจัดการทรัพย์สินเพื่อให้เกิดรายได้ของมหาวิทยาลัยในกำกับของรัฐ (พิมพ์รักษ์ และคณะ, 2567) กล่าวว่าการจัดการข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับทรัพย์สินของมหาวิทยาลัยทั้งในรูปแบบเอกสาร และในระบบฐานข้อมูลในระบบอิเล็กทรอนิกส์ สามารถยึดเป็นหลักในการวางแผนการตัดสินใจได้

2. ผลการประเมินความพึงพอใจของระบบขออนุมัติการนำทรัพย์สินเข้า-ออกนอกสถานที่ด้วยภาษา Dart ร่วมกับ Firebase กรณีศึกษาของบริษัทฟู้ดเจตีส (ประเทศไทย) จำกัด ผ่านโมบายแอปพลิเคชันมีผลการประเมินรวมอยู่ที่ระดับความเหมาะสมมากที่สุด $\bar{X} = 4.50$, S.D.= 0.35) ผลการวิจัยเช่นนี้อาจเนื่องมาจากการพัฒนาระบบในทุกขั้นตอนมีการตรวจสอบความถูกต้อง ปรับปรุงแก้ไขโดยผู้พัฒนาตามความต้องการของผู้ใช้งาน

3. ผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบขออนุมัติการนำทรัพย์สินเข้า-ออกนอกสถานที่ด้วยภาษา Dart ร่วมกับ Firebase กรณีศึกษาของบริษัทฟู้ดเจตีส (ประเทศไทย) จำกัด ผ่านโมบายแอปพลิเคชันมีผลการประเมินรวมอยู่ที่ระดับความเหมาะสมมากที่สุด $\bar{X} = 4.39$, S.D.= 0.48) ซึ่งผลการวิจัยเช่นนี้อาจเป็นผลมาจากการที่ผู้พัฒนาได้ให้ความสำคัญกับการตรวจสอบความถูกต้องและปรับปรุงแก้ไขระบบในทุกขั้นตอนของการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง โดยคำนึงถึงความต้องการของผู้ใช้งานเป็นหลัก

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม ในการด้านการใช้งาน ควรมีอุปกรณ์เคลื่อนที่หรือมือถือในการเป็นสื่อกลางหรืออุปกรณ์ในการใช้และดำเนินงานต่าง ๆ บนแอปพลิเคชันเพื่อให้การใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

กิตติกรรมประกาศ

บทความฉบับนี้ สำเร็จได้ด้วยความช่วยเหลือ คำแนะนำจากอาจารย์สันติ โสภาประดิษฐ์ซึ่งเป็นทั้งผู้ที่มีประสิทธิภาพ ประสาขาวิชา ชี้แนวทาง ให้แนวคิดในการแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆจึงขอกราบกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้รวมถึงผู้ที่ให้ความช่วยเหลือและให้คำแนะนำสำหรับการทำบทความในครั้งนี้ทั้งที่กล่าวนามและไม่กล่าวนามทุกท่าน ที่ทำให้สำเร็จลงได้อย่างดี

เอกสารอ้างอิง

- ชรินทร์ รัตนวราหะ, และพัชรพงศ์ มั่งมีธนการญจน์. (2566). การพัฒนาระบบจัดเก็บข้อมูลทรัพย์สิน (กรณีศึกษา ภาควิชา วิทยาการคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยสยาม). ค้นจาก <https://e-research.siam.edu/kb/the-development-of-an-asset-management-system>.
- ณัฐธิดา บุตรพรม. (2567). การพัฒนาแอปพลิเคชันให้ความรู้การอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและ การปลูกไม้มีค่าด้วย Glide Platform. วารสารวิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย, 4(1), 56-59.
- ธีรวัฒน์ เสนะโท. (2564). การพัฒนาระบบกระแสนงานดิจิทัลเพื่อติดตามความก้าวหน้าการขออนุมัติโครงการตามแผนปฏิบัติราชการ กรณีศึกษา: มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี. วารสาร PBRU Science Journal, 18(2), 44-61.
- นิตยา นารีนจันทร์, เอกกรินทร์ ศรีลาพัฒน์, กาญจนา คำสมบัติ และอนวัต ชัยเกียรติธรรม. (2566). การพัฒนาระบบการลาออนไลน์ด้วย Microsoft Power Platform. วารสารวิชาการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ, 9(2), 44-57.
- เนาวรัตน์ ปิ่นอำนาจ, อุทัยวรรณ แก้วตะคุ และรสา ทองคงอยู่. (2565). การสร้างแอปพลิเคชันให้กับเทศบาลตำบลเพื่อการบริหารจัดการรถรับ-ส่งผู้สูงอายุไปรักษาที่สถานพยาบาล. วารสารวิจัยวิชาการ, 5(3), 49-62.
- พิมรักษ์ บุญกล้า, ฐิติมา ให้อย่าง และเชาว์ฤทธิ์ เชาว์แสงรัตน์. (2567). การพัฒนาการจัดการทรัพย์สินเพื่อให้เกิดรายได้ของมหาวิทยาลัยในกำกับของรัฐ. วารสารรัฐประศาสนศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา, 7(3), 969-979.
- ภานุชญา มณีวรรณ. (2567). การพัฒนาระบบขออนุมัติเดินทางไปปฏิบัติงานโดยไม่ถือเป็นวันลา คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. วารสารวิทยาศาสตร์ มข, 52(3), 272-288.
- ริตา ฟาติมา. (2567). ระบบบริหารจัดการสินทรัพย์คืออะไร?. ค้นจาก <https://ezo.io/ezofficeinventory/blog/asset-management-system>.
- สุรศักดิ์ แผงเมือง, วีระพน ภาณุรักษ์ และเดือนเพ็ญ ภาณุรักษ์. (2561). การพัฒนาระบบการอนุมัติสินเชื่อบ้านโดยใช้เทคโนโลยีเว็บเซอร์วิส. วารสารวิชาการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ, 3(1), 21-28.
- สาวิตรี จุฑะสุวรรณศิริ. (2563). ระบบจัดการทรัพย์สินกรณีศึกษา:บริษัทอินชอยจำกัด. ค้นจาก <https://libdoc.dpu.ac.th/thesis/Sawitree.Jut.pdf>.

ถังคัดแยกขยะต้นแบบอัตโนมัติด้วยวิธี YOLOv8 อัลกอริทึม An Automatic Prototype Segregation Waste Bin with YOLOv8 Algorithm

วรินทร์ นวลทิม^{1*} ผดุงเกรียติ ยศ² อมรรัตน์ คำบุญ¹ และ สายัญ พุทธลา³

Warinthorn Nualtim^{1*} Phadoongkiand Yod¹ Amonrat Khambun² and Sayan Puttala³

^{1*}สาขาวิชาคอมพิวเตอร์อิเล็กทรอนิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา กรุงเทพฯ 10600

²สาขาวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์อิเล็กทรอนิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา กรุงเทพฯ 10600

³สาขาวิชาเทคโนโลยีสุขภาพ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา กรุงเทพฯ 10600

^{1*}Program of Computer Electronic, Faculty of Science and Technology,
Bansomdejchaopraya Rajabhat University, Bangkok, 10600

²Program of Technology Computer Electronic, Faculty of Science and Technology,
Bansomdejchaopraya Rajabhat University, Bangkok, 10600

³Program of Health Technology, Faculty of Science and Technology,
Bansomdejchaopraya Rajabhat University, Bangkok, 10600

*Corresponding author E-mail: nwarinthornatom@gmail.com

Received 2 May 2025, Accepted 20 June 2025, Published 22 June 2025

บทคัดย่อ

ขยะจำนวนมากที่ต้องการรีไซเคิล เช่น ขวด และกระป๋องจะถูกทิ้งรวมกันในถังขยะ การคัดแยกขยะที่ใช้เซ็นเซอร์จะมีข้อจำกัดเมื่อขยะเกิดการเสียรูปทรงทำให้ผลการคัดแยกไม่แม่นยำ งานวิจัยนี้นำเสนอถังคัดแยกขยะอัตโนมัติต้นแบบด้วยวิธีการ YOLOv8 อัลกอริทึม เป็นวิธีการเรียนรู้ของเครื่องด้วยชุดข้อมูลการฝึกฝนการเรียนรู้ของภาพ และใช้สถาปัตยกรรมเครือข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชันเลเยอร์ ที่สามารถแยกคุณลักษณะเด่นหลายระดับจากภาพที่รับเข้ามาสำหรับการตรวจหาวัตถุ การสร้างกรอบขอบเขตที่สามารถใช้งานคะแนนความเชื่อถือของวัตถุ การประมวลผลและจำแนกประเภทของขยะใช้บอร์ดราสเบอร์รี่พาย รุ่น 5 ซึ่งควบคุมการทำงานบอร์ดโทรศัพท์ รุ่น L298N จ่ายกระแสไฟฟ้าให้สเต็ปเปอร์มอเตอร์หมุนขยะลงถึง ส่วนระบบการแจ้งเตือนจะส่งข้อความแบบ SMS มาที่โทรศัพท์ของผู้ดูแลเมื่อขยะถึงจุดที่กำหนด โดยรับค่าจากเซ็นเซอร์อัลตราโซนิก รุ่น HC-RS04 ถังคัดแยกขยะอัตโนมัติต้นแบบด้วยวิธี YOLOv8 อัลกอริทึม มีการทดสอบคัดแยกขยะ 4 ประเภท ค่าเฉลี่ยความถูกต้องของขวด และกระป๋องรูปทรงปกติอยู่ที่ 86.7% และ 96.7% สำหรับขวด และกระป๋องที่ผิดรูปมีค่าเฉลี่ย ความถูกต้องที่ 70.0% และ 86.7% ตามลำดับ ผลการทดสอบขวด และกระป๋องรูปทรงปกติพบว่าผลลัพธ์ดีกว่าขวด และกระป๋องเสียรูปทรง เนื่องจากขวดและกระป๋องที่มีรูปร่างปกติจะมีรายละเอียดคำอธิบายของขยะอย่างครบถ้วนในกล่องขอบเขต ซึ่งทำให้ถังขยะสามารถแยกขยะได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่อย่างไรก็ตามถังคัดแยกขยะอัตโนมัติต้นแบบด้วยวิธี YOLOv8 อัลกอริทึม มีการคัดแยกที่มีศักยภาพที่ดี

คำสำคัญ: ถังคัดแยกขยะต้นแบบ การเรียนรู้ของเครื่อง ราสเบอร์รี่พายรุ่น 5

Large amounts of waste that need to be recycled, such as bottles and cans, are thrown together in bins. The segregation of waste using a sensor has limitations when waste is deformed, causing inaccurate results. This research proposes an automatic prototype waste segregation bin with YOLOv8 algorithm. It is a machine learning method using training dataset of images, and applies a convolutional layer neural network architecture to extract multi-level features from input images for object detection. To create a bounding box that can use a confidence score for an object. The processing and classification of waste uses the Raspberry Pi board model 5, which controls the operation of the board drive model L298N. It supplies electricity to the stepper motor, which rotates the waste into the bin. The notification system will send an SMS message to the attendant's phone when the trash reaches a set point by receiving values from the ultrasonic sensor model HC-RS04. An automatic prototype waste segregation bin with YOLOv8 algorithm has test cases for four types of segregating waste. The average accuracy of bottles and cans with normal shape was 86.7% and 96.7%. For deformed bottles and cans, the average accuracy was 70.0% and 86.7%, respectively. The results of bottles and cans with normal shape were found to be better than deformed bottles and cans. Because bottles and cans with normal shape have complete details of annotations of waste in the bounding box, which enables the trash bin to segregate waste efficiently. However, an automatic prototype waste segregation bin with YOLOv8 algorithm has a good potential to segregate waste.

Keywords: Prototype waste segregation bin, Machine learning, Raspberry pi model 5

บทนำ

ประเทศไทยมีขยะพลาสติกประมาณร้อยละ 12 ของปริมาณขยะที่เกิดขึ้นทั้งหมด หรือประมาณปีละ 2 ล้านตัน มีการนำกลับไปใช้ประโยชน์ประมาณปีละ 0.5 ล้านตัน และส่วนที่เหลือ 1.5 ล้านตัน ซึ่งส่วนใหญ่เป็นพลาสติกแบบใช้ครั้งเดียว (Single-use plastics) เช่น ถ้วยร้อน ถ้วยเย็น ถ้วยหิ้ว แก้วพลาสติก หลอดพลาสติก กล่องโฟมบรรจุอาหาร ไม่มีการนำกลับไปใช้ประโยชน์ใหม่ โดยส่วนใหญ่จะถูกทิ้งเป็นขยะมูลฝอยในปริมาณ และสัดส่วนที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง (ทัศนธร, 2563) โดยเฉพาะขยะแห่งจำเป็นต้องแยกเป็นหมวดหมู่เพื่อให้แน่ใจว่ามีการดำเนินการตามขั้นตอนที่ถูกต้องในการบำบัดและแปรรูปขยะ ซึ่งจะนำไปสู่อัตราการรีไซเคิลโดยรวมที่เพิ่มขึ้น และลดผลกระทบจากการฝังกลบ ตัวอย่างเช่น พลาสติก โลหะ และแก้ว ขยะแห่งจำนวนมากที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ เพื่อสร้างสินค้าหรือพลังงานใหม่ได้ ในช่วงหลายปีที่ผ่านมา มีการทำการวิจัยมากมายเพื่อคิดค้นวิธีการที่มีประสิทธิภาพ และเกิดประสิทธิผลในการแยกขยะอย่างเหมาะสมซึ่งผลิตขึ้นในอัตราที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ซึ่งจะช่วยลดความต้องการพลาสติกได้หากเราต้องการใช้ประโยชน์จากพลาสติกอย่างเต็มที่ จำเป็นต้องส่งเสริมทางเลือกในการจัดการขยะที่ยั่งยืนที่สุดส่งเสริมการรีไซเคิล ใช้การกู้คืนพลังงานเป็นทางเลือกเสริม และจำกัดการทิ้งขยะพลาสติกในหลุมฝังกลบ (Geyer et al., 2017)

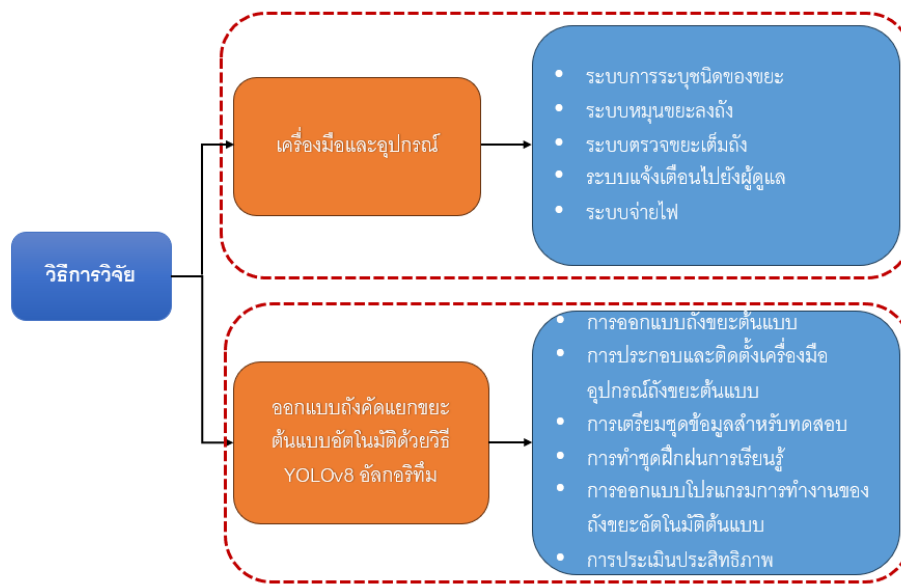
ในกระบวนการรีไซเคิลใหม่นั้นจะทำให้การย่อยสลายประเภทนั้น ๆ ให้อยู่ในสภาพที่ถูกแปรรูปเป็นรูปแบบต่าง ๆ ซึ่งจะทำให้ได้ก็ต่อเมื่อขยะแต่ละประเภทนั้นไม่ปะปนรวมกัน จะต้องอยู่ในหมวดหมู่ของขยะประเภทนั้น ๆ ซึ่งปัจจุบันก็เลยมีปัญหาเรื่องการคัดแยกขยะ โดยการคัดแยกขยะในปัจจุบันส่วนมากตามสถานที่จะมีแต่ถังขยะตามจำนวนที่แยกซึ่งยังไม่ตอบโจทย์มากนักเพราะว่าเกิดการปะปนของขยะรีไซเคิลแต่ละประเภท ซึ่งอาจจะเกิดจากบุคคลที่ทิ้งขยะนั้นอาจจะรีบร้อนหรือสับสนกับสัญลักษณ์ที่บ่งบอกถึงขยะประเภทนั้น ๆ ก็ทำให้เกิดการปะปนของขยะรีไซเคิล โดยปัจจุบันได้มีเทคโนโลยีหลายวิธีได้พัฒนาอย่างต่อเนื่อง วิธีการคัดแยกขยะรีไซเคิลนั้นเป็นเรื่องสำคัญจำเป็นต้องพัฒนาในการนำไปใช้ประโยชน์

จากงานวิจัยเครื่องคัดแยกขวดอัตโนมัติ เพื่อใช้งานในการคัดแยกขยะที่ปะปนรวมกันมีขวดพลาสติก ขวดแก้ว และกระป๋อง สามารถช่วยอำนวยความสะดวกในการคัดแยกขยะเพื่อนำไปรีไซเคิล โดยตัวเครื่องจะทำการคัดแยกขวดพลาสติก ขวดแก้ว และขวดกระป๋อง ซึ่งใช้โหลดเซลล์ และโฟโตอิเล็กทริกเซ็นเซอร์ใช้ในการตรวจจับวัตถุ และแยกกระป๋องน้ำอัดลมที่เป็นโลหะ โดยใช้ฟลักซ์มิติเซ็นเซอร์ตรวจจับโลหะกระป๋อง จากนั้นแสดงผลจำนวนขวดที่คัดแยกแต่ละประเภทด้วยจอ LCD ข้อดีของงานวิจัยนี้ตัวเครื่องสามารถทำงานได้ตามขอบเขต แต่ข้อเสียเมื่อกระป๋องเกิดการเสียรูปร่างไปจากเดิมทำให้ฟลักซ์มิติเซ็นเซอร์ ตรวจจับโลหะประเภทกระป๋องไม่พบ (นวฤกษ์ และคณะ, 2563) จากการสำรวจการนำขยะมาใช้ใหม่ เพื่อให้แน่ใจว่าได้ใช้ขั้นตอนที่เหมาะสมในการบำบัดและแปรรูปขยะ ซึ่งนำไปสู่อัตราการรีไซเคิลที่เพิ่มขึ้น และลดผลกระทบจากการฝังกลบ โดยมีขยะประเภทกระดาษ พลาสติก โลหะ และ แก้ว ได้นำเสนอระบบการคัดแยกขยะที่จำเป็นต้องคัดแยกเป็นหมวดหมู่จากขยะหลากหลายประเภทด้วยวิธีการตรวจหาวัตถุจากการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) โดยใช้โมเดล YOLOv5 (You Only Look Once version 5) ร่วมกับแกนกลทำการคัดแยกถังขยะ ระบบสามารถแยกขยะประเภทต่าง ๆ ได้อย่างถูกต้องโดยส่วนใหญ่เป็นขยะกระดาษ พลาสติก โลหะ และ แก้ว โดยเฉพาะกระดาษที่เปลี่ยนรูปไปจากเดิมสามารถตรวจจับได้ เพราะมีลักษณะไม่ซับซ้อน (Lahoti et al., 2024) เนื่องจากการพัฒนาการตรวจหาวัตถุจากการเรียนรู้ของเครื่องมีการพัฒนาให้มีความแม่นยำมากขึ้นที่จะต้องจำกัดขยะที่มีปริมาณมากขึ้น ระบบอัจฉริยะจึงอาจเป็นแนวทางปฏิบัติในการจัดการขยะอย่างมีประสิทธิภาพ จากงานวิจัยของ Dattawade, et al. (2022) ได้นำเสนอโมเดลระบบอัจฉริยะที่ใช้ อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง และราสเบอร์รี่พาย (Raspberry pi) รุ่น 3B โดยใช้การเรียนรู้ของเครื่องด้วยโมเดล YOLO อัลกอริทึม โดยระบบจะมีการตรวจจับวัตถุ และแจ้งเตือนไปยังผู้ใช้งาน การทำงานเมื่อกล้องรับภาพขยะที่เข้ามาโดยจะมีบอร์ดราสเบอร์รี่พายประมวลผลด้วย Open CV ที่จะตรวจจับ และทำนายวัตถุ โดยจะมีแขนหุ่นยนต์จับวัตถุ และรวบรวมลงถังขยะ ซึ่งมีเซ็นเซอร์อัลตราโซนิก รุ่น HC-RS04 ตรวจจับระยะห่างของขยะ เมื่อถึงระยะเต็มก็จะส่งแจ้งเตือนไปยังรถเก็บขยะที่ใกล้ที่สุด และจากการสำรวจการจำแนกขยะอย่างถูกต้อง และมีประสิทธิภาพจึงกลายเป็นงานที่สำคัญ เนื่องจากการให้ความสำคัญกับการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมมากขึ้น ซึ่งการขาดแคลนทรัพยากร และโครงสร้างพื้นฐานในประเทศกำลังพัฒนา และความจำเป็นในการคัดแยกขยะอย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะผลกระทบของหุ่นยนต์และการเรียนรู้ของเครื่องส่งผลกระทบต่อการจัดการขยะในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมา ในงานวิจัยนี้นำเสนอแขนหุ่นยนต์สำหรับการคัดแยกขยะอย่างมีประสิทธิภาพร่วมกับ YOLOv8 อัลกอริทึม โดยแบ่งขยะออกเป็น 4 ประเภท ได้แก่ กระดาษ พลาสติก โลหะ และ ขยะย่อยสลาย โดยกำหนดมุมข้อต่อในการเคลื่อนย้ายของแขนหุ่นยนต์ไปยังตำแหน่งที่ต้องการ โดยใช้กลศาสตร์ผกผันที่มี สเต็ปเปอร์มอเตอร์มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงที่ข้อต่อของแขนหุ่นยนต์แต่ละข้อทำการเคลื่อนที่ ซึ่งผลลัพธ์ของ YOLOv8 อัลกอริทึม มีประสิทธิภาพในการตรวจจับ และจำแนกขยะได้แม่นยำ (Paudel et al., 2024)

จากการศึกษางานวิจัยการเรียนรู้ของเครื่องด้วยวิธี YOLO อัลกอริทึม ซึ่งงานวิจัยนี้ได้ทำการออกแบบถังคัดแยกขยะต้นแบบอัตโนมัติให้ได้ตามวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาถังคัดแยกขยะต้นแบบอัตโนมัติด้วยวิธี YOLOv8 อัลกอริทึม เพื่อที่จะช่วยเหลือในเรื่องการคัดแยกขยะ และความเป็นระเบียบของชุมชนที่อยู่ในรูปถังขยะ โดยมีการคัดแยกขยะ 2 ประเภท คือ ขวด และกระป๋องที่รูปทรงปกติ โดยเพิ่มขวด และกระป๋องที่เสียรูปทรง (บุบ) มาทำการทดลองเปรียบเทียบประสิทธิภาพซึ่งเป็นวิธีการเรียนรู้ของเครื่องที่นำวิธี YOLOv8 อัลกอริทึม โดยทั้งหมดของงานวิจัยได้ประกอบด้วยขั้นตอนดังนี้

วิธีการวิจัย

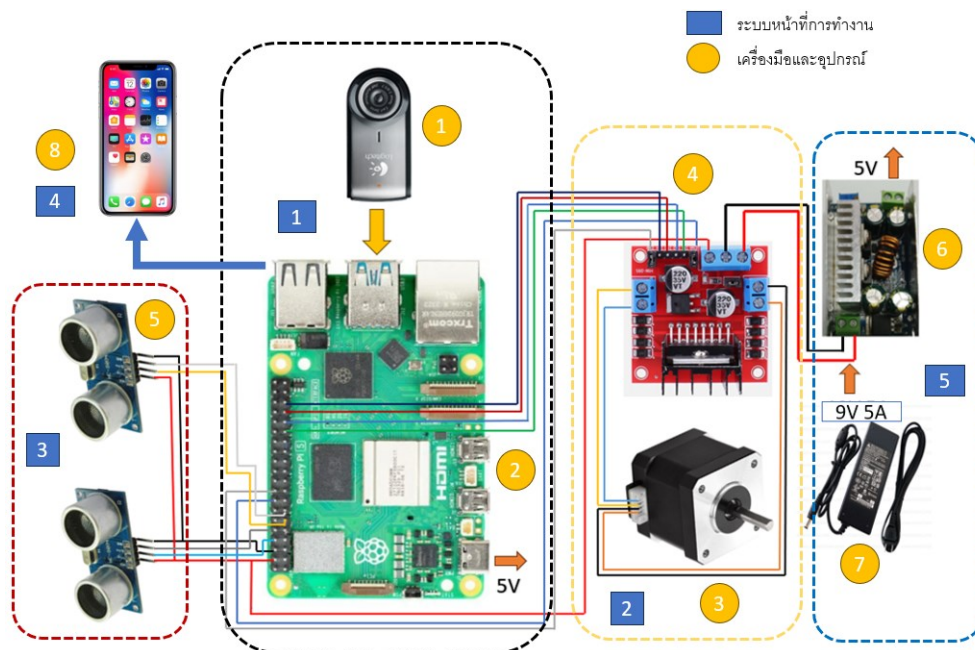
ในงานวิจัยนี้มีแนวคิดการดำเนินงานวิจัยของถังคัดแยกขยะต้นแบบอัตโนมัติด้วยวิธี YOLOv8 อัลกอริทึม ซึ่งมีแนวคิดในการออกแบบให้สามารถนำไปใช้ในการคัดแยกขยะด้วยการเรียนรู้ของเครื่องที่มีการพัฒนานำโมเดล YOLOv8 อัลกอริทึม มาทำการจำแนกประเภทขยะจากการศึกษาวิจัยที่มีก่อนหน้านี้เพื่อให้สามารถนำมาใช้ประโยชน์ และเป็นวิธีการที่ไม่ซับซ้อน โดยที่ถังคัดแยกขยะต้นแบบอัตโนมัติด้วยวิธี YOLOv8 อัลกอริทึม สามารถใช้งานได้ง่าย และงานวิจัยนี้มีประโยชน์ต่อการนำไปวางแผนในการลดปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ต่อไปในอนาคต ซึ่งได้ดำเนินการออกแบบขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยแบ่งออกเป็น 2 ส่วนดังภาพที่ 1 ดังนี้



ภาพที่ 1 ภาพรวมวิธีการวิจัย

1. เครื่องมือและอุปกรณ์

การออกแบบการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ จากภาพที่ 2 คือการเขียนวงจรไฟฟ้า ซึ่งเป็นการออกแบบโดยใช้อุปกรณ์จริง เช่น สเต็ปเปอร์มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง บอร์ดราสเบอร์รี่พาย (Raspberry Pi) รุ่น 5 เพื่อเป็นแนวทางสำหรับการออกแบบวงจรไฟฟ้า โดยวงจรไฟฟ้าที่ออกแบบจะประกอบด้วยระบบหน้าที่ทำงาน 1) ระบบการระบุชนิดของขยะ 2) ระบบหมุนขยะลงถัง 3) ระบบตรวจขยะเต็มถัง 4) ระบบแจ้งเตือนไปยังผู้ดูแล และ 5) ระบบจ่ายไฟ โดยจะมีเครื่องมือและอุปกรณ์ดังนี้



ภาพที่ 2 การออกแบบวงจรไฟฟ้าของงานวิจัย

หมายเลข 1 กล้องเว็บแคม รุ่น C905 Logitech

หมายเลข 2 บอร์ดราสเบอร์รี่พาย (Raspberry Pi) รุ่น 5 RAM 2 GB ความเร็ว 2.4 GHz ทำหน้าที่ประมวลผลภาพและการใช้งานของถังขยะ

หมายเลข 3 สเต็ปเปอร์มอเตอร์มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 5 โวลต์ 1.68 แอมป์ สเต็ปมูม 1.8 องศา

หมายเลข 4 บอร์ดไดรฟ์ รุ่น L298N ทำหน้าที่จ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับสเต็ปเปอร์มอเตอร์หมุนขยะลงถึง

หมายเลข 5 เซนเซอร์อัลตราโซนิก รุ่น HC-RS04

หมายเลข 6 บอร์ดเร็กกูเรเตอร์ 1-36 โวลต์ 3 แอมป์

หมายเลข 7 หม้อแปลงไฟฟ้า 9 โวลต์ 5 แอมป์

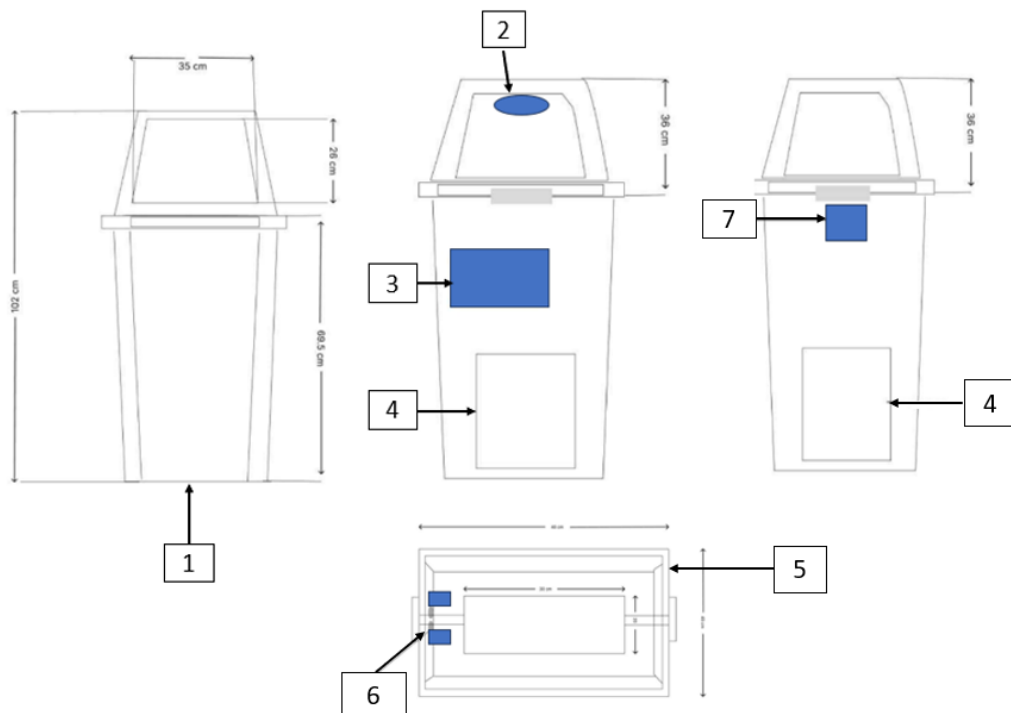
หมายเลข 8 ระบบแจ้งเตือนไปยังผู้ดูแล

2. การออกแบบถังคัดแยกขยะต้นแบบอัตโนมัติด้วยวิธี YOLOv8 อัลกอริทึม

การออกแบบการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ จากการเขียนวงจรไฟฟ้าภาพที่ 1 ได้ทำการออกแบบถังคัดแยกขยะต้นแบบอัตโนมัติด้วยวิธี YOLOv8 อัลกอริทึม เพื่อให้บรรลุตามวัตถุประสงค์ในงานวิจัย ซึ่งจะมีรายละเอียดอธิบายประกอบโดยสามารถอธิบายตามลำดับขั้นตอนได้ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การออกแบบถังคัดแยกขยะต้นแบบ

แนวคิดการออกแบบของงานวิจัยนี้ โดยมุ่งเน้นในรูปแบบถังขยะที่เป็นต้นแบบ โดยที่เครื่องมือและอุปกรณ์สามารถหาได้ ซึ่งนำมาประยุกต์ใช้งานให้เกิดประโยชน์ตามวัตถุประสงค์ โดยขอบเขตของงานวิจัยนี้ใช้สามารถนำมาใช้ตามอาคาร และลดการคัดแยกขยะ ซึ่งได้มีการศึกษาจากงานวิจัยของ (Wahyutama and Hwang, 2022) ได้ทำการออกแบบภาพ 2 มิติจากถังขยะทั่วไปมีรายละเอียดดังนี้



ภาพที่ 3 โครงสร้างถังคัดแยกขยะอัตโนมัติต้นแบบด้วยวิธี YOLOv8 อัลกอริทึม

หมายเลข 1 ถังขยะมีขนาดสูง 1.02 เมตร กว้าง 0.4 เมตร ยาว 0.40 เมตร ซึ่งได้นำถังขยะขนาด 120 ลิตร มาทำการประกอบติดตั้งอุปกรณ์ที่เหมาะสมเพื่อนำไปใช้ตามอาคาร

หมายเลข 2 ทำการติดตั้งกล้องเว็บแคม รุ่น C905 Logitech

หมายเลข 3 กล้องใส่วงจรรวม กว้าง 5 นิ้ว ยาว 7.5 นิ้ว และสูง 2.5 นิ้ว

หมายเลข 4 ทำช่องนำขยะออกทั้งด้านหน้าและด้านหลัง

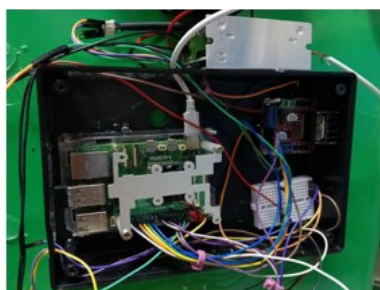
หมายเลข 5 การติดตั้งถาดรองรับขยะด้านบนสำหรับคัดแยกขยะลงถัง

หมายเลข 6 เซนเซอร์อัลตราโซนิก รุ่น HC-RS04

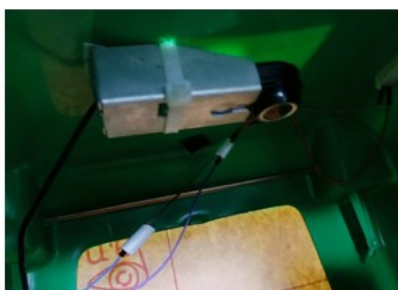
หมายเลข 7 สเต็ปเปอร์มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

ขั้นตอนที่ 2 การประกอบและติดตั้งเครื่องมืออุปกรณ์ถังคัดแยกขยะ

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาการออกแบบถังคัดแยกขยะต้นแบบดังภาพที่ 3 และได้ทำการประกอบถังคัดแยกขยะที่ใช้อุปกรณ์สำหรับงานวิจัยให้เกิดประโยชน์ในการใช้งานของการคัดแยกขยะด้วยวิธี YOLOv8 อัลกอริทึม ที่สามารถนำไปใช้ตามอาคาร โดยทำการประกอบอุปกรณ์ดังภาพที่ 4



(ก)



(ข)



(ค)



(ง)



(จ)



(ฉ)

ภาพที่ 4 การประกอบเครื่องมือ และอุปกรณ์ของถังคัดแยกขยะอัตโนมัติต้นแบบ (ก) การประกอบกล่องวงจรรวม

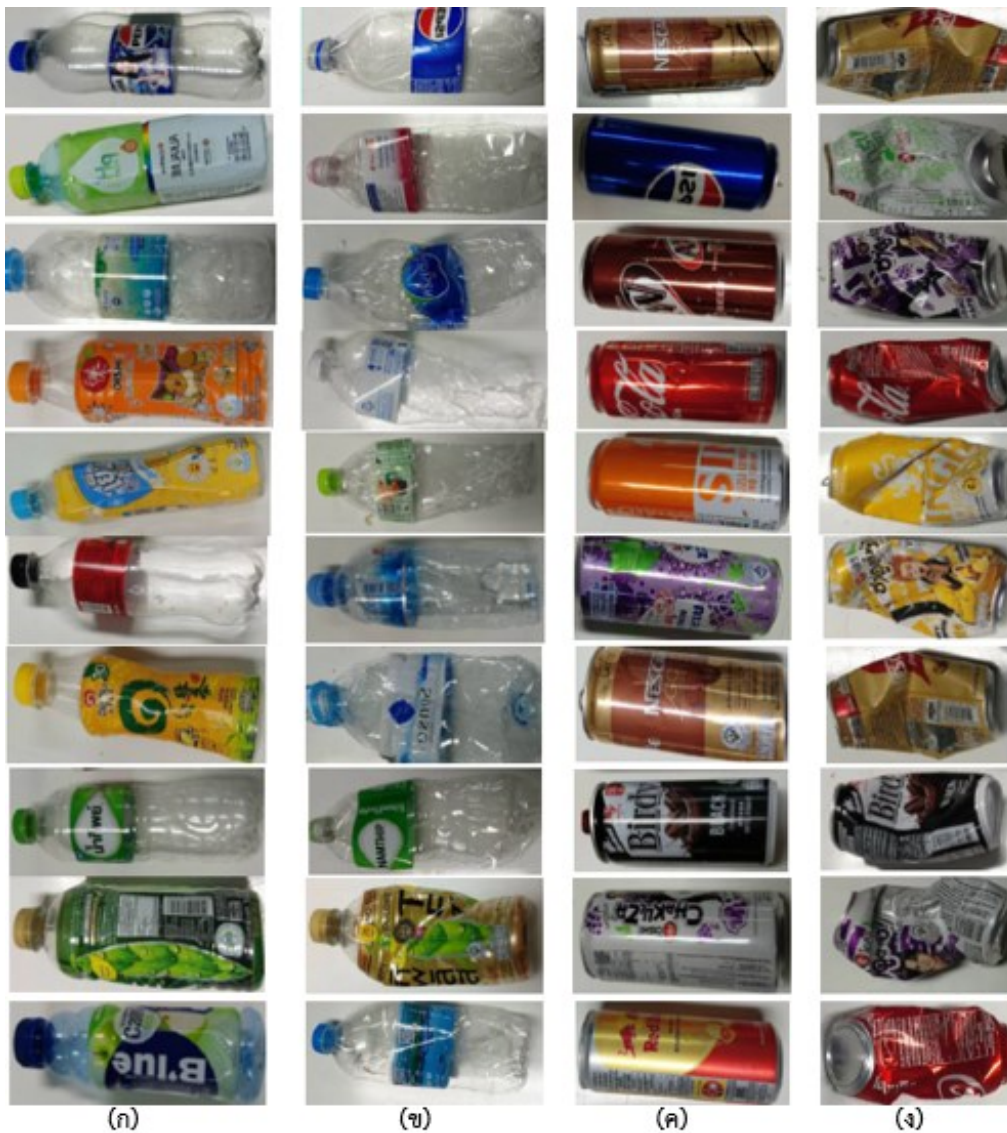
(ข) การติดตั้งกล้องเว็บแคม รุ่น C905 Logitech (ค) ช่องรับขยะ (ง) การติดตั้งถาดรองรับขยะและเซนเซอร์

อัลตราโซนิก สำหรับแจ้งเตือนขยะเต็ม (จ) การติดตั้งสเต็ปเปอร์มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

และ (ฉ) ถังคัดแยกขยะอัตโนมัติต้นแบบเสร็จสมบูรณ์

ขั้นตอนที่ 3 การเตรียมชุดข้อมูลสำหรับทดสอบ

ในขั้นตอนเตรียมชุดข้อมูลได้ทำการนำขวด และกระป๋องที่มีการใช้แล้วในมหาวิทยาลัย ซึ่งจะใช้ในการทดสอบคัดแยกขยะด้วยถังคัดแยกขยะอัตโนมัติต้นแบบ โดยได้นำน้ำดื่มชนิดขวดพลาสติก 10 ชนิด และเครื่องดื่มแบบกระป๋อง 10 ชนิด ที่มีการใช้ในมหาวิทยาลัยซึ่งทั้ง 2 แบบมีรูปร่างปกติ และเสียรูปทรง (บุบ) ซึ่งขวดบุบ และกระป๋องบุบ นำมาทดสอบอาจจะมี การนำมาชนิดเดียวกัน ซึ่งเป็นการทดสอบเฉพาะการหาประสิทธิภาพการคัดแยก และนำไปพัฒนาประยุกต์ใช้งานให้เกิด ประโยชน์ต่อไป โดยมีรายละเอียดดังภาพที่ 5 ดังนี้



ภาพที่ 5 การเตรียมชุดข้อมูลขยะอย่างละ 10 ชนิด (ก) ขวด (ข) ขวดบุบ (ค) กระป๋อง และ (ง) กระป๋องบุบ

ขั้นตอนที่ 4 การทำชุดฝึกฝนการเรียนรู้

เริ่มต้นการทำชุดฝึกฝนการเรียนรู้ ต้องทำการอธิบายประกอบว่าในภาพคือวัตถุอะไร (Annotation) ก่อนซึ่งสามารถเข้าไปที่เว็บไซต์ (Roboflow Inc, 2024) ขั้นตอนนี้ได้ทำการศึกษาจาก (Computer Vision Datasets, 2023) ซึ่งเป็นการทำคุณภาพของข้อมูลที่มีความสำคัญต่อการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์ในการมองวัตถุ ที่มีคำอธิบายระบุภาพว่าคือภาพอะไร และให้มีภาพมีความแม่นยำมากขึ้นถ้ามีคำอธิบายระบุภาพมีการผิดพลาดน้อย โมเดลที่นำไปใช้ก็จะทำงานได้ดีขึ้นตามลำดับ เพราะฉะนั้นในการที่จะให้ภาพมีคำอธิบายระบุได้ถูกต้องก็ต้องมีการเตรียมข้อมูลที่ค่อนข้างพอเพียงที่สามารถทำนายข้อมูลขยะได้ถูกต้องและแม่นยำ การทำภาพข้อมูลในการทดสอบมีทั้งในรูปแบบภาพนิ่ง และภาพวิดีโอซึ่งมีการทำภาพที่การอธิบายระบุชื่อภาพ และมีการขยายภาพเพิ่มขึ้นได้ทั้งหมด 1136 ภาพ ที่จะนำไปใช้ในการฝึกฝนการเรียนรู้เพื่อการจำแนกวัตถุแต่ละชนิด ดังแสดงตัวอย่างภาพบางส่วนตามภาพที่ 6



ภาพที่ 6 ชุดข้อมูลที่มีการอธิบายประกอบชื่อวัตถุเตรียมทำการฝึกฝนการเรียนรู้

จากภาพที่ 6 อธิบายได้ว่าภาพที่ผ่านการอธิบายประกอบชื่อวัตถุของแต่ละภาพเสร็จแล้วพร้อมที่จะทำการฝึกฝนการเรียนรู้ ต่อจากนั้นนำข้อมูลที่ได้นำไปทำชุดข้อมูลฝึกฝนการเรียนรู้ (Training Datasets) ที่เว็บไซต์ (GitHub Inc, 2025) เป็นการเริ่มต้นการเรียนรู้ของเครื่อง เป็นการให้บริการคลาวด์ฟรีที่ให้ผู้ใช้งานเขียนและรันโปรแกรมได้สะดวก และเร็วกว่าการำบนเครื่องคอมพิวเตอร์ทั่วไป โดยใช้โปรแกรมไพธอนผ่านเว็บเบราว์เซอร์ โดยไม่ต้องติดตั้งซอฟต์แวร์อื่นใดบนเครื่องคอมพิวเตอร์ของตนเองข้อมูลที่นำไปทำฝึกฝนการเรียนรู้ทำบน Google Colab จะมีการทำงานด้วยโครงข่ายแบบคอนโวลูชัน เป็นโครงข่ายประสาทเทียมที่จำลองการมองเห็นที่น้อย ๆ และนำกลุ่มของพื้นที่น้อยๆ มาผสานกันเพื่อดูว่าสิ่งที่เห็นอยู่เรียกว่าอะไร (Convolutional Neural Network) โดยใช้ภาพที่ใช้ในการฝึกฝนการเรียนรู้ใช้ขนาด 224 พิกเซลเพื่อให้เหมาะสมการทำงานของบอร์ดราสเบอร์รี่พาย รุ่น 5 (Raspberry Pi, 2018) ที่สามารถประมวลผลภาพได้เร็วขึ้น โดยภาพที่นำไปฝึกฝนการเรียนรู้ประกอบด้วย Test Train และ valid ซึ่งแต่ละส่วนจะประกอบด้วย Image และ Label โดยที่ Image ซึ่งเป็นภาพจะมีรายละเอียดของข้อมูลขาด และกระป๋อง ที่บอกระบุตำแหน่งรูปร่างของขาด และกระป๋องที่เรียกว่า (Bounding Box Format) จะเก็บเป็นตัวเลขไว้ใน Label ซึ่งจะประกอบไปด้วยตัวเลข 5 รูปแบบคือ 1) Class_id 2) ค่ากึ่งกลางแนวแกน X 3) ค่ากึ่งกลางแนวแกน Y 4) ความกว้างของกรอบวัตถุ และ 5) ความสูงของกรอบวัตถุ ซึ่งค่าที่ได้จะอยู่ระหว่าง 0 และ 1 ที่เรียกว่า normalization (Seth and Sivagami, 2025) ซึ่งมีรายละเอียดตามภาพที่ 7 และการฝึกฝนการเรียนรู้เมื่อทำเสร็จจะได้ไฟล์ชุดข้อมูลที่สามารถนำไปใช้กับการตรวจหาวัตถุหรือขยะของระบบ โดยที่สามารถตรวจสอบความถูกต้องเบื้องต้นจากการฝึกฝนการเรียนรู้ดังภาพที่ 8

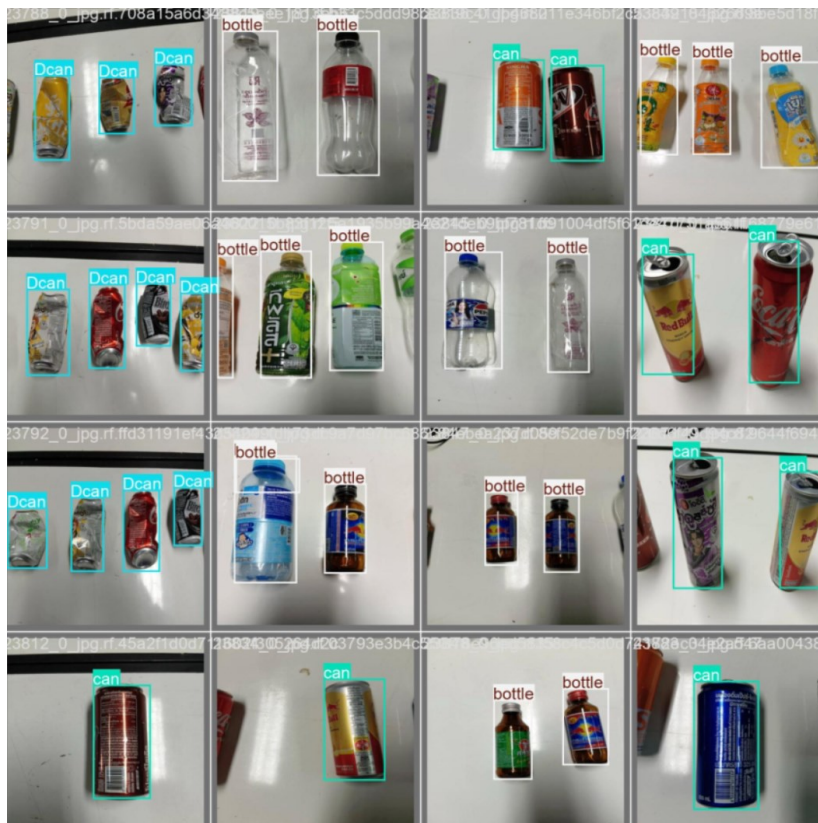


(ก)

3 0.3015625 0.484375 0.26015625 0.4953125
3 0.7046875 0.50859375 0.24296875 0.4984375

(ข)

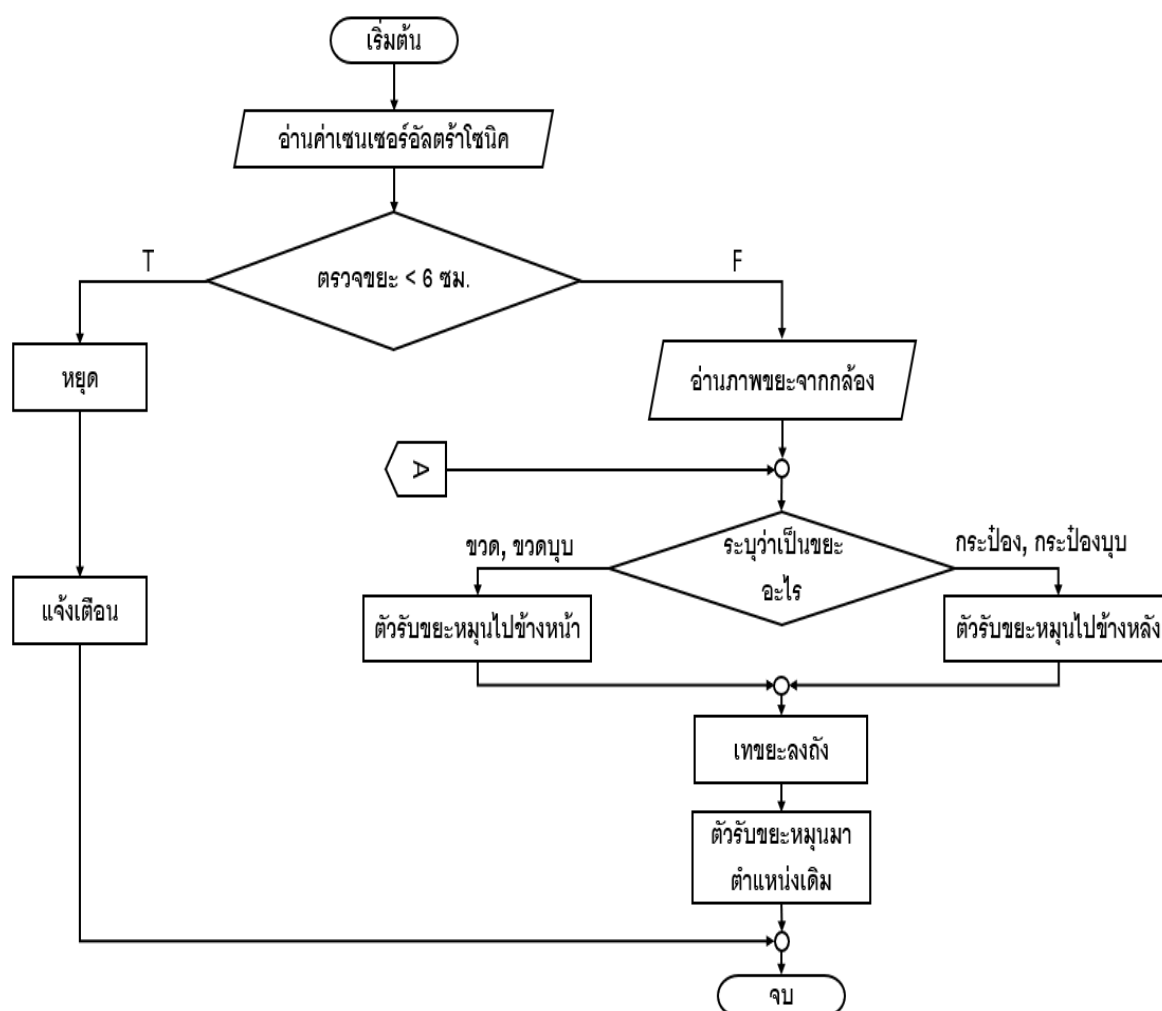
ภาพที่ 7 การอธิบายประกอบว่าในภาพคือวัตถุอะไร (ก) ตัวอย่างภาพข้อมูลขยะ
และ (ข) ตัวอย่างรูปแบบข้อมูลการอธิบายภาพสำหรับ YOLOv8



ภาพที่ 8 การอธิบายภาพวัตถุเบื้องต้นจากการทำฝึกฝนการเรียนรู้

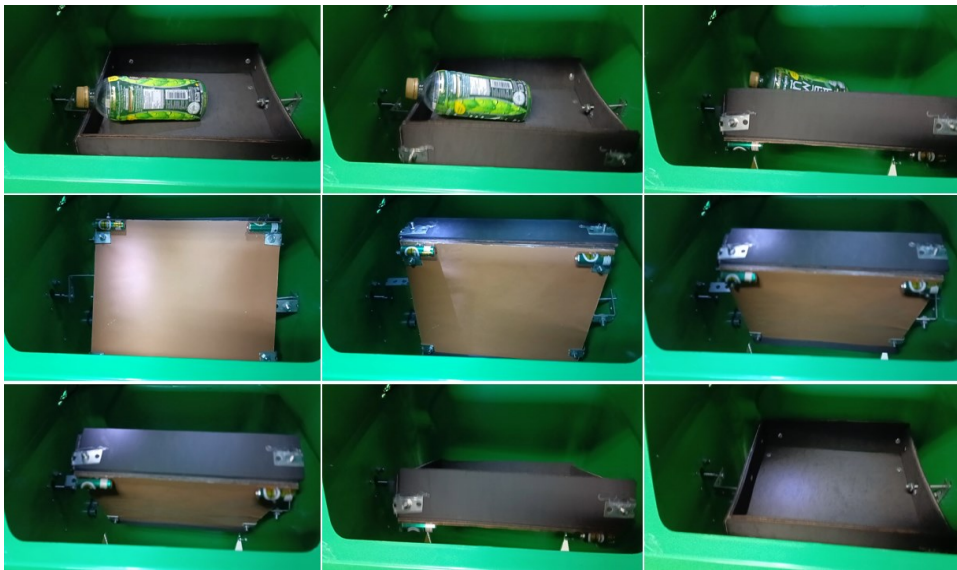
ขั้นตอนที่ 5 ออกแบบโปรแกรมการทำงานของถังขยะอัตโนมัติต้นแบบ

การออกแบบโปรแกรมการทำงานของถังคัดแยกขยะต้นแบบ ได้ทำการออกแบบโดยแสดงเป็นแผนภาพดังภาพที่ 9 ซึ่งอธิบายได้ว่าถ้าขยะที่อยู่ในถังยังไม่ถึงระยะที่เซนเซอร์อัลตราโซนิกของระบบตรวจถังขยะเต็มตามที่ตั้งไว้ ก็มีการรับภาพขยะที่ใส่เข้ามาทางช่องด้านบน ซึ่งมีกล้องเว็บแคมเป็นตัวรับข้อมูลแล้วส่งให้บอร์ดราสเบอรี่พาย ที่เป็นระบบการระบุชนิดของขยะ ทำการประมวลผลภาพในการตรวจหาวัตถุหรือขยะว่าเป็นชนิดของขวด กระป๋องที่มีรูปทรงปกติ และขวดกระป๋องเสียรูปทรง (บับ) ซึ่งถ้าทำนายว่าเป็นขวด และขวดบับก็จะสั่งให้ระบบหมุนขยะ โดยมีสเต็ปเปอร์มอเตอร์ไฟฟ้า กระแสตรงหมุนไปด้านหน้า และถ้าทำนายว่าเป็นกระป๋อง และกระป๋องบับ ก็จะสั่งให้สเต็ปเปอร์มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงหมุนไปด้านหลัง โดยการทำงานของเครื่องมือและอุปกรณ์ทั้งหมดจะมีระบบจ่ายไฟ 9 โวลต์ 5 แอมป์ การเรียนรู้ของเครื่องซึ่งมีการทำงานโดยใช้โมเดล YOLOv8 (Sohan et al., 2024) ที่มีการประยุกต์ทั้งทางด้านหุ่นยนต์ ทางแพทย์ ระบบเฝ้าระวัง และยานพาหนะอัตโนมัติ โดยที่ YOLOv8 เป็นที่นิยมทำการตรวจหาวัตถุ (Object Detection) ซึ่งเวอร์ชันนี้มีการพัฒนาด้วยโมเดล Ultralytics ที่นำเสนอคุณลักษณะใหม่ และการปรับปรุงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพความยืดหยุ่น และประสิทธิภาพที่รองรับงานด้านตรวจหาวัตถุ ด้านการมองอย่างเต็มรูปแบบด้วยโปรแกรมไพธอน สถาปัตยกรรมของ YOLOv8 อัลกอริทึม จะประกอบด้วย 2 หลักใหญ่ๆ คือ โครงข่ายประสาทเทียมที่ซับซ้อนแบบคอนโวลูชัน ประกอบด้วยเลเยอร์คอนโวลูชันหลายเลเยอร์ที่จัดวางในลักษณะต่อเนื่องกันเพื่อดึงคุณลักษณะที่เกี่ยวข้องจากภาพอินพุตทั้งหมด 53 คอนโวลูชันเลเยอร์



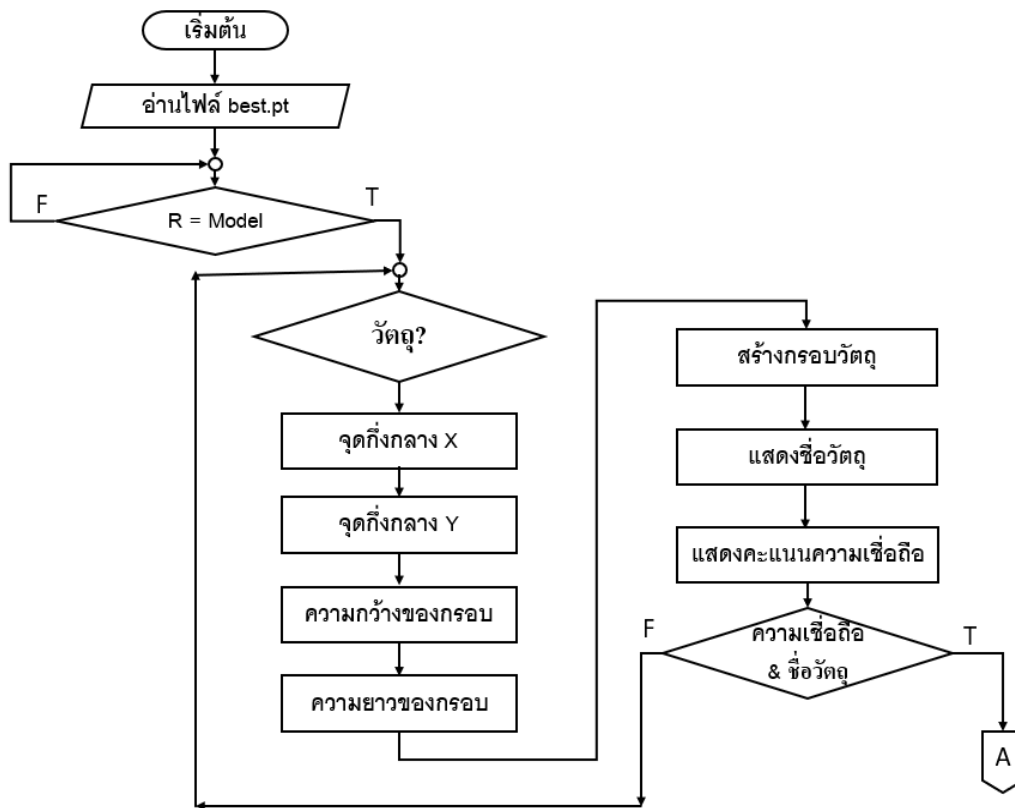
ภาพที่ 9 ภาพการทำงานของถังคัดแยกขยะต้นแบบอัตโนมัติด้วยวิธี YOLOv8 อัลกอริทึม

โดยจะแยกคุณลักษณะเด่นหลายระดับจากภาพที่รับเข้ามาจะเรียกว่า (Backbone) ต่อจากนั้นก็จะมีฟังก์ชันรับผิดชอบในการสร้างการทำนายขั้นสุดท้าย รวมถึงการสร้างกรอบวัตถุ คะแนนความเชื่อมั่นของวัตถุ และป้ายชื่อวัตถุจากคุณลักษณะเด่นที่ปรับแต่งแล้วจะเรียกว่า (Head) โดยที่ส่วนนี้ถูกสร้างให้สามารถถอดออกได้ ซึ่งหมายความว่าส่วนนี้จะจัดการคะแนนความเชื่อใจของวัตถุแต่ละชนิด การจำแนกประเภทในลักษณะที่เป็นอิสระ ซึ่งทั้งสองใช้เครือข่ายประสาทเทียม (Convolutional Neural Network) โมเดล YOLOv8 อัลกอริทึมมีความโดดเด่นในด้านความเร็ว และความแม่นยำในขณะที่ยังคงเป็นการออกแบบที่กะทัดรัดซึ่งเหมาะกับการใช้งานที่แตกต่างกัน และปรับให้เข้ากับฮาร์ดแวร์ต่างๆ ได้ง่ายซึ่งนำมาใช้กับบอร์ดราสเบอร์รี่พายทำการประมวลผลได้สะดวก และสามารถใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย ขั้นตอนการคัดแยกขยะที่แสดงภาพลำดับการรับขยะ ทำการประมวลผลขยะว่าชนิดอะไร และหมุนตัวรับขยะทำการเทขยะลงถัง เมื่อเทขยะเสร็จก็ทำการหมุนกลับมาที่ตำแหน่งเดิมดังภาพที่ 10



ภาพที่ 10 ลำดับการทำงานของถังคัดแยกขยะต้นแบบอัตโนมัติด้วยวิธี YOLOv8 อัลกอริทึม

จากภาพที่ 11 ซึ่งรูปแบบการอธิบายภาพวัตถุสำหรับ YOLOv8 จะเป็นการแผนภาพที่มีการทำงานในการสร้างกรอบวัตถุและป้ายชื่อวัตถุ เริ่มแรกทำการอ่านไฟล์ best.pt ที่มีข้อมูลของขยะหรือวัตถุที่ได้จากการฝึกฝนการเรียนรู้ ซึ่งจะไม่มีเดลของวัตถุในที่นี้ประกอบด้วย ขวด กระป๋อง ขวดบับ และกระป๋องบับ โดยที่ต้องสร้างกรอบของวัตถุแต่ละชนิด ซึ่งเริ่มจากด้านบนซ้ายของกรอบวัตถุด้วยการหา ค่ากึ่งกลาง X ค่ากึ่งกลาง Y ความกว้างของกรอบวัตถุ และความสูงของกรอบวัตถุ เปรียบเทียบกับข้อมูลที่ได้จากการทำฝึกฝนการเรียนรู้ที่อยู่ในไฟล์ best.pt โดยขั้นตอนนี้เมื่อข้อมูลตรงกันก็สร้างกรอบสี่เหลี่ยมพร้อมแสดงชื่อวัตถุที่ต้องการทราบ และคะแนนความเชื่อใจของวัตถุแต่ละชนิด ก็จะสามารถนำไปใช้งานสั่งควบคุมให้สเต็ปเปอร์มอเตอร์มอไฟฟ้ากระแสตรงหมุนนำขยะลงถัง โดยทั้งหมดจะมีการประมวลผลภาพขยะส่งต่อจากจุด A ไปที่แผนภาพของจุด A ของภาพที่ 9 ก่อนหมุนขยะลงถัง



ภาพที่ 11 แผนภาพการอธิบายภาพวัตถุสำหรับ YOLOv8

ขั้นตอนที่ 6 ผลประเมินประสิทธิภาพ

จากการทดสอบการทำนายขยะแต่ละชนิด ในงานวิจัยนี้มีการทดสอบประเมินประสิทธิภาพการคัดแยกขยะด้วยวิธี YOLOv8 อัลกอริทึม โดยทำการคัดแยกขยะรูปทรงปกติ และเสียรูปทรงในลักษณะบับ คือ ขวด กระป๋อง ขวดบับ และกระป๋องบับ ซึ่งได้นำชุดข้อมูลขยะอย่างละ 10 ชนิดที่มีในมหาวิทยาลัย ซึ่งได้จากการทดลองหาความสัมพันธ์การประเมินประสิทธิภาพด้วยวิธีการเรียนรู้ของเครื่อง จากข้อมูลเมทริกซ์ความสับสน (Confusion Matrix) ในการทดสอบขวด กระป๋องรูปทรงปกติ และ ขวดบับ กระป๋องบับ จากการทำนายโมเดลที่สร้างขึ้นคำนวณจากสูตร 1-4 โดยผลการทดสอบภาพที่ 12 หมายเลข 1 และ 2 เป็นการทดสอบขวดรูปทรงปกติ และกระป๋องรูปทรงปกติ ในการประเมินประสิทธิภาพขั้นต้น ผลปรากฏว่าดัง (ตารางที่ 1) โดยมีคะแนน F1 Score ของกระป๋องสูงกว่าขวด ซึ่งมาจากภาพรวมความแม่นยำ (Overall Accuracy) ที่มีค่าสูงถึง 0.9 ทำให้ผลลัพธ์ดีกว่า และผลการทดสอบภาพที่ 13 หมายเลข 1 และ 2 เป็นการทดสอบ ขวดบับ และกระป๋องบับ ในการประเมินประสิทธิภาพขั้นต้น ผลปรากฏว่าดังตารางที่ 1 โดยมีคะแนน F1 Score ของกระป๋อง บับ สูงกว่าขวดบับ ซึ่งมาจากภาพรวมความแม่นยำ (Overall Accuracy) ที่มีค่าสูงถึง 0.9 ทำให้ผลลัพธ์ดีกว่า เพราะฉะนั้นคะแนน F1 Score มีช่วงระหว่าง 0 ถึง 1 โดย 0 หมายถึงผลลัพธ์ที่ต่ำที่สุด และ 1 หมายถึงผลลัพธ์ที่ไม่มีที่ติ (เอ็นคอร์ต, 2025)

$$Precision = \frac{TP}{TP + FP} \quad (1)$$

$$Overall Accuracy = \frac{TP + TN}{N} \quad (2)$$

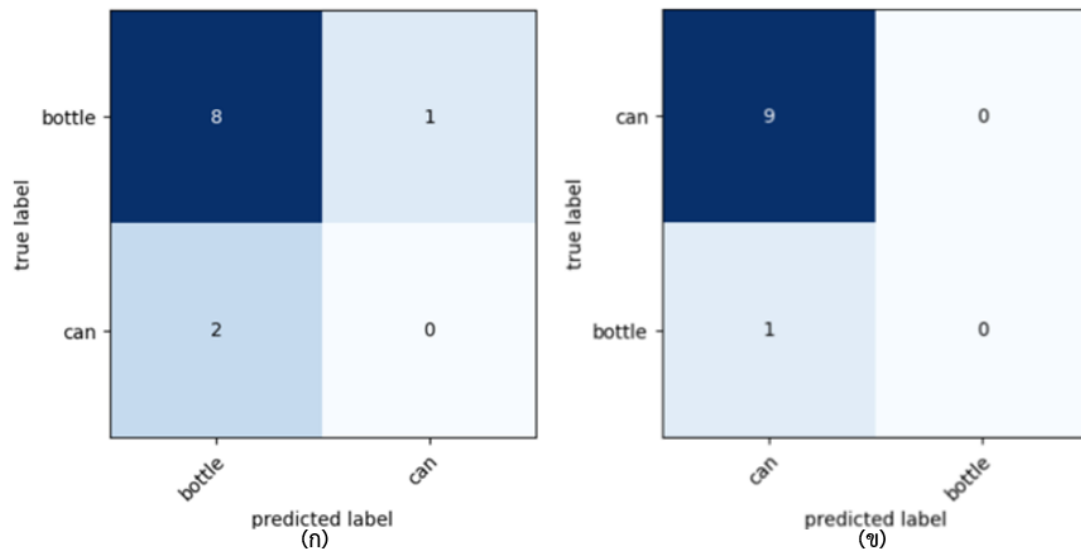
$$Recall = \frac{TP}{TP + FN} \quad (3)$$

$$F1\ Score = 2 * \frac{(Precision * Recall)}{(Precision + Recall)} \quad (4)$$

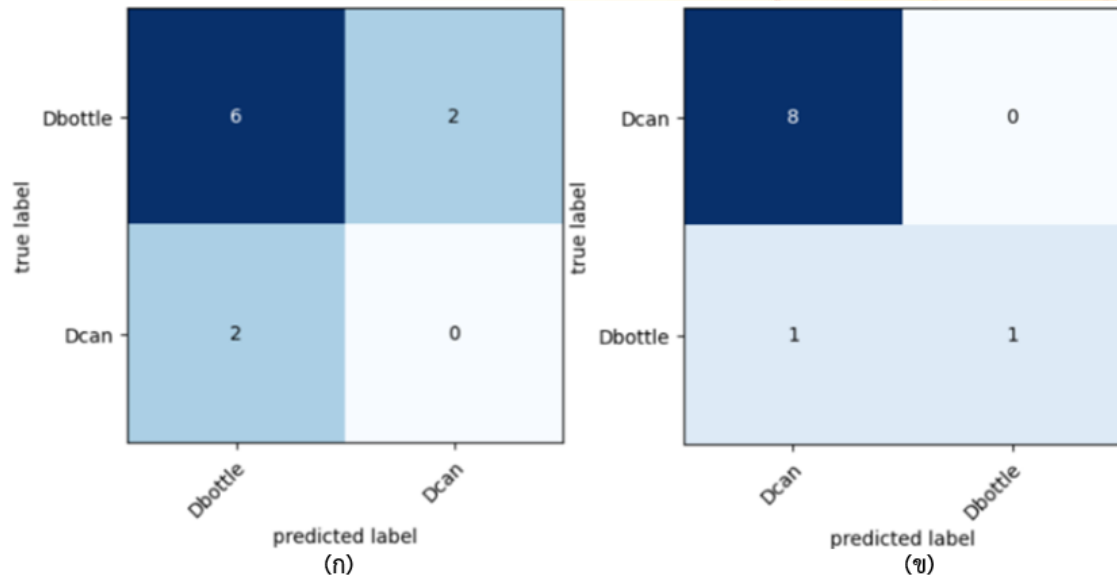
เมื่อ TP = เหตุการณ์ที่คาดการณ์ได้อย่างถูกต้องว่าเป็นบวก
 FP = เหตุการณ์ที่คาดการณ์ได้อย่างแม่นยำว่าเป็นผลลัพธ์เชิงลบ
 TN = เหตุการณ์ที่คาดการณ์ผิดพลาดว่าเป็นบวก ทั้งที่จริงแล้วกลับเป็นลบ
 FN = เหตุการณ์ที่คาดการณ์ผิดพลาดว่าเป็นลบ ทั้งที่จริงแล้วกลับเป็นบวก
 N = จำนวนเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นทั้งหมด

ตารางที่ 1 ผลการประเมินประสิทธิภาพ

รายการประเมินประสิทธิภาพ	Overall Accuracy	Error	Precision	Recall	F1 Score	ผลประเมิน
1. ขวด	0.73	0.27	0.89	0.8	0.84	ดี
2. กระป๋อง	0.9	0.1	1	0.9	0.95	ดีมาก
3. ขวดบุบ	0.6	0.4	0.75	0.75	0.75	ยอมรับ
4. กระป๋องบุบ	0.9	0.1	1	0.89	0.94	ดีมาก



ภาพที่ 12 การแสดง Confusion Metrics ประเมินประสิทธิภาพ (ก) ขวดปกติ และ (ข) กระป๋องปกติ



ภาพที่ 13 การแสดง Confusion Metrics ประเมินประสิทธิภาพ (ก) ขวดบับ และ (ข) กระป๋องบับ

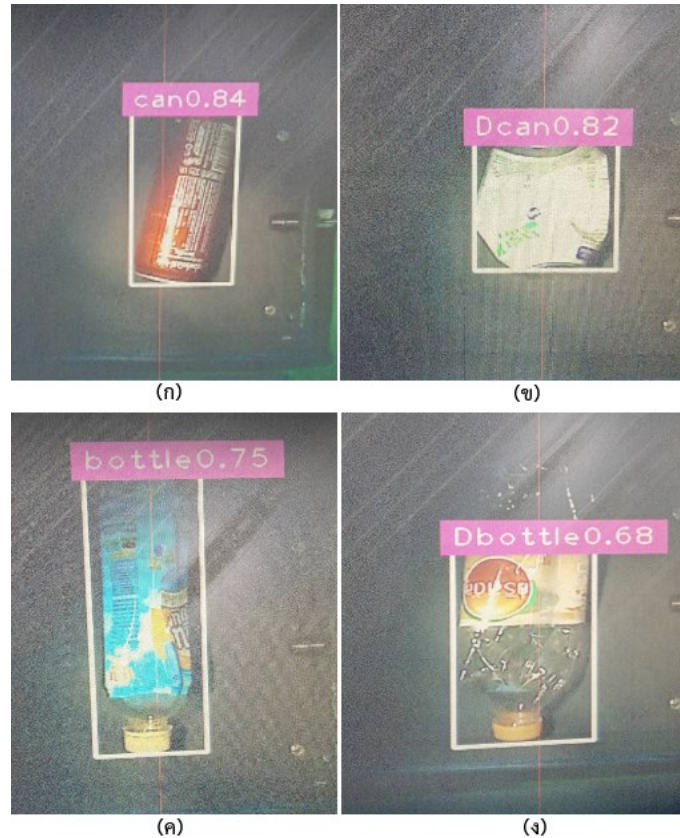
ผลการวิจัย และวิจารณ์ผลการวิจัย

จากการทดลองถึงขยะอัตโนมัติต้นแบบด้วยวิธี YOLOv8 อัลกอริทึม ผลการทดลองงานวิจัยโดยเป็นการทำทดสอบประสิทธิภาพเพื่อตรวจสอบว่างานวิจัยนี้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ และเป็นการทดสอบประสิทธิภาพของงานวิจัยโดยมีผลการทดสอบที่นำภาพข้อมูลจากภาพที่ 5 ทำการทดสอบการคัดแยกขยะและระบบแจ้งเตือน ตามขั้นตอนดังนี้ ในงานวิจัยนี้มีการทดสอบประสิทธิภาพการคัดแยกขยะด้วยวิธี YOLOv8 อัลกอริทึม โดยทำการคัดแยกขยะรูปทรงปกติ และเสียรูปทรงในลักษณะบับ คือ ขวด กระป๋อง ขวดบับ และกระป๋องบับ ซึ่งได้นำชุดข้อมูลขยะอย่างละ 10 ชนิดที่มีในมหาวิทยาลัยที่นำมาทดสอบ โดยขวดจะเป็นขวดพลาสติก และกระป๋องเครื่องดื่มทำการทดสอบความถูกต้องทั้งหมด 3 ครั้ง ครั้งละ 10 ชนิด และนำมาหาค่าเฉลี่ยความถูกต้องของ ขวด และ กระป๋องปกติ เปรียบเทียบกับ ขวดบับ และกระป๋องบับ ซึ่งผลลัพธ์ในการทดสอบประสิทธิภาพการคัดแยกขยะดังตารางที่ 2 โดยทำการคัดแยก ขวด กระป๋อง ขวดบับ และกระป๋องบับ ได้ผลลัพธ์ 86.7% 96.7 70.0% และ 73.3% ตามลำดับซึ่งคิดความถูกต้องแม่นยำที่ได้ผลลัพธ์ตามซึ่งมีการทดลองตามข้อมูล (Dattawade et al., 2022)

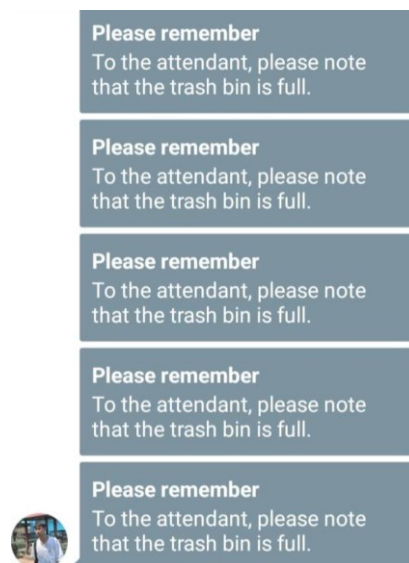
การทดสอบการคัดแยกขยะและระบบแจ้งเตือน

ในงานวิจัยนี้มีการทดสอบประสิทธิภาพการคัดแยกขยะด้วยวิธี YOLOv8 อัลกอริทึม โดยทำการคัดแยกขยะรูปทรงสำหรับขวด และกระป๋องรูปทรงปกติมีค่าเฉลี่ยความถูกต้องมากกว่า 85% ที่สามารถยอมรับค่าในการทดสอบ (Dattawade et al., 2022) ส่วนขวดบับ และกระป๋องบับ ที่เสียรูปทรงทำการทดสอบความถูกต้องทั้งหมด 3 ครั้ง และหาค่าเฉลี่ยความถูกต้อง โดยผลลัพธ์ในการทดสอบมีค่าน้อยกว่า 85% เพราะเป็นการทดสอบโดยใช้การเรียนรู้ของเครื่องในลักษณะที่ขยะเสียรูปทรงต่างไปจากเดิมซึ่งอาจนำไปสู่การฝึกฝนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพต่ำ (Qirui et al., 2024) แต่ก็สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้ดีในกรณีที่วัตถุมีรูปทรงที่ปกติ เนื่องจากสภาวะของขยะหรือวัตถุที่อยู่ในถังขยะทั่วไปอาจมีรูปร่างที่ไม่มีการเปลี่ยนรูปทรงต่างจากเดิมมากนัก ในการทิ้งขยะทั่วไปตามสถานที่ต่างๆ การทดสอบการแยกขยะจะมีการอธิบายป้ายชื่อของขยะด้านบนและคะแนนความเชื่อถือ โดยทำการทดสอบ 4 แบบของการคัดแยกขยะดังแสดงภาพที่ 14 และการทดสอบการแจ้งเตือนเมื่อขยะในถังถึงจุดที่ตั้งไว้โดยรับค่าจากเซนเซอร์อัลตราโซนิก จะมีการแจ้งเตือนโดยส่งข้อความไปยังผู้ดูแลโดยใช้การเชื่อมต่อจากระบบของ (Pushbullet, 2020) ที่เป็นการประสานการประยุกต์ใช้โปรแกรม (Application Programming Interface: API) ที่สามารถให้บริการที่สะดวกและรวดเร็ว โดยที่บริการไม่มีค่าใช้จ่ายแทนการส่งข้อความทางไลน์ (LINE Application) ที่มีการปิดบริการให้ใช้งาน ซึ่งจะมีการทดสอบแจ้งเตือนของช่องเก็บขยะ 2 ช่อง

ดังแสดงภาพที่ 3 โดยที่ช่องด้านหน้าจะเก็บกระป๋อง และ กระป๋องบุบ ส่วนช่องด้านหลังจะเก็บขวด และขวดบุบ โดยได้แสดงข้อความตัวอย่างการแจ้งเตือนตามภาพที่ 15



ภาพที่ 14 ตัวอย่างการทดสอบการคัดแยกขยะ (ก) กระป๋อง (ข) กระป๋องบุบ (ค) ขวด และ (ง) ขวดบุบ



ภาพที่ 15 ตัวอย่างการทดสอบการแจ้งเตือนขยะเต็ม

ตารางที่ 2 การทดสอบประสิทธิภาพและความถูกต้องของการคัดแยกขยะ

รายการ	ทดสอบความถูกต้อง ครั้งที่ 1 (%)	ทดสอบความถูกต้อง ครั้งที่ 2 (%)	ทดสอบความถูกต้อง ครั้งที่ 3 (%)	ค่าเฉลี่ยความถูกต้อง (%)
1. ขวด	90	90	80	86.7
2. กระป๋อง	100	90	100	96.7
3. ขวดบับ	80	60	60	70.0
4. กระป๋องบับ	90	90	80	86.7

จากผลการวิจัยของถังคัดแยกขยะต้นแบบอัตโนมัติด้วยวิธี YOLOv8 อัลกอริทึม เพื่อการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานได้มีการอภิปรายดังนี้ จากการทดสอบการคัดแยกขยะ ซึ่งจะมีการทดสอบหาประสิทธิภาพความถูกต้องทั้งหมด 3 ครั้ง และหาค่าเฉลี่ยความถูกต้องในการคัดแยกขยะ โดยผลลัพธ์ในการทดสอบ ขวด กระป๋อง ขวดบับ และกระป๋องบับ ได้ผลลัพธ์ 86.7% 96.7% 70.0% และ 86.7% ตามลำดับ สำหรับขวด และกระป๋องรูปทรงปกติมีค่ามากกว่า 85% เนื่องจากการเรียนรู้ของเครื่องที่ใช้การฝึกฝนการเรียนรู้ข้อมูลรูปทรงที่มีรูปร่างปกติ มีการทำคำอธิบายประกอบป้ายชื่อวัตถุของแต่ละชนิด (Annotation) ที่มีรายละเอียดของพิกเซลในกรอบขอบเขตวัตถุครบสมบูรณ์ทำให้ผลลัพธ์มีค่าถูกต้องที่แม่นยำ ในกรณีการทดสอบขวดบับ และกระป๋องบับ (เสียรูปทรง) มีผลลัพธ์ต่ำกว่า 85% โดยเฉพาะขวดบับที่มีผลลัพธ์ค่าเฉลี่ยถูกต้อง 70.0% เพราะว่าขวดมีรูปแบบที่ซับซ้อนมากการกระป๋อง ทำให้การทดสอบประสิทธิภาพความถูกต้องของการคัดแยกขยะ มีการทำรายละเอียดของการทำอธิบายประกอบป้ายชื่อวัตถุ (Annotation) มีเนื้อหาพิกเซลในกรอบขอบเขตน้อยไม่สมบูรณ์ ซึ่งหมายความว่าเนื้อหาข้อมูลที่มีประสิทธิภาพของการอธิบายประกอบป้ายชื่อต่ำกว่าปกติ ซึ่งอาจนำไปสู่การฝึกฝนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพต่ำ ทำให้ผลลัพธ์มีการคัดแยกต่ำกว่า ขวด และกระป๋องรูปทรงปกติ

สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยถังคัดแยกขยะอัตโนมัติต้นแบบด้วยการเรียนรู้ของเครื่อง ทำการตรวจหารูปทรงขยะโดยใช้ YOLOv8 อัลกอริทึม ด้วยชุดข้อมูลการฝึกฝนการเรียนรู้ โดยใช้ภาพทั้งหมด 1136 ภาพ ขนาดภาพใช้ในการฝึกฝนการเรียนรู้ 224 พิกเซล ที่สามารถรองรับการประมวลผลด้วยบอร์ดราสเบอรี่พาย รุ่น 5 และควบคุมการทำงานบอร์ดโทรศัพท์ รุ่น L298N จ่ายกระแสไฟฟ้าให้สเต็ปเปอร์มอเตอร์หมุนขยะลงถัง ส่วนระบบการแจ้งเตือนแบบ SMS ที่สามารถนำมาใช้แทนการแจ้งเตือนทางไลน์ที่มีการเลิกใช้แล้วโดยใช้ API ของ Pushbullet แจ้งเตือนมาที่โทรศัพท์ของผู้ดูแล เมื่อขยะถึงจุดที่กำหนดโดยรับค่าจากเซนเซอร์อัลตราโซนิก รุ่น HC-RO4 ถังคัดแยกขยะอัตโนมัติต้นแบบด้วยวิธี YOLOv8 อัลกอริทึมมีประสิทธิภาพได้ดี ในการทดสอบการคัดแยกขยะขวด กับกระป๋องที่มีรูปทรงปกติ และในกรณีทดสอบขยะขวด กับกระป๋องที่เสียรูปทรง (บับ) โดยผลทดสอบได้ผลลัพธ์ 86.7% 96.7% 70.0% และ 86.7% ตามลำดับ ซึ่งขวด และ กระป๋องรูปทรงปกติใช้การฝึกฝนการเรียนรู้ข้อมูลรูปทรงปกติมีการทำคำอธิบายประกอบป้ายชื่อวัตถุของแต่ละชนิดครบสมบูรณ์ทำให้ผลลัพธ์มากกว่า 85% โดยเทียบตาม (Dattawade et al., 2022) ส่วนขวดบับ และกระป๋องบับ หรือเสียรูปทรง ใช้การฝึกฝนการเรียนรู้ข้อมูลรูปทรงที่ไม่ครบสมบูรณ์ ทำให้รายละเอียดของการทำอธิบายประกอบป้ายชื่อวัตถุมีเนื้อหาพิกเซลในกรอบขอบเขตน้อยไม่สมบูรณ์ ซึ่งอาจนำไปสู่การเรียนรู้ที่ได้ผลลัพธ์ต่ำโดยเทียบตาม (Qirui et al., 2024)

การนำเสนอถังคัดแยกขยะอัตโนมัติต้นแบบด้วยการเรียนรู้ของเครื่อง ประสบความสำเร็จในการออกแบบและสร้างถังคัดแยกขยะอัตโนมัติต้นแบบ ที่สำหรับใช้ในสถานที่อาคาร เพื่อช่วยการคัดแยกขยะที่เหมาะสมตามสถานการณ์

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะสำหรับการนำไปใช้การคัดแยกขยะด้วยการเรียนรู้ของภาพ ที่มีการพัฒนาระบบในขั้นต่อไป คือ พัฒนาระบบให้รองรับการทำงานของวัตถุให้มีประสิทธิภาพการคัดแยกให้ดีขึ้น เช่นการปรับปรุงเสริมชุดข้อมูลให้มีหลากหลาย การใช้ชุดข้อมูลที่มีคุณภาพ การเพิ่มความแม่นยำและทนทานในการตรวจหาวัตถุ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ สาขาวิชาคอมพิวเตอร์อิเล็กทรอนิกส์ และสาขาวิชาเทคโนโลยีสุขภาพ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา กรุงเทพมหานคร ได้อนุญาตให้ข้อมูลสถานที่การทำงาน รวมถึงการปรึกษาข้อมูลในการพัฒนาระบบเพื่อนำไปใช้งานได้จริง

เอกสารอ้างอิง

- ทัศนธร ภูมิฤทธิ์. (2565). **ขยะพลาสติก**. ค้นจาก <https://www.onep.go.th/ขยะพลาสติก/>.
- นวกฤษ ภัตติศรี, ภูริต ทองสลับ, ภาณุศักดิ์ ญาณปัญญา, วรายุทธ แท่นสอน, ณัฏฐดิษฐ์ พิระพิฤกษ์ และปฎิมากร อ่อนศรี. (2563). **เครื่องคัดแยกขวดอัตโนมัติ**. ค้นจาก <https://elecschool.navy.mi.th/pro/doc63/01.pdf>.
- ENCORD BLOG. (2023). **F1 Score in Machine Learning**. Retrieved from <https://encord.com/blog/f1-score-in-machine-learning/>.
- Dattawade, R. S., Havlakar, P., PR V., Khanum, U., and Segu, R. G. (2022). SMART WASTE SEGREGATION USING MACHINE LEARNING AND IOT TECHNIQUES. **International Research Journal of Modernization in Technology and Science**, 4(7), 1051-1057. Retrieved from https://www.irjmets.com/uploadedfiles/paper//issue_7_july_2022/27781/final/fin_irjmets1657461174.pdf
- Geyer, R., Jambeck, J. R., and Law, K. L. (2017). Production use, and fate of all plastics ever made. **Science Advances**, 3(7), pp. 1-5. Retrieved from file:///C:/Users/nwari/Downloads/Production_use_and_fate_of_all_plastics_ever_made%20(1).pdf
- GitHub. (2025). **Colab**. Retrieved from https://colab.research.google.com/?utm_source=scs-index.
- Roboflow. (2024). **roboflow**. Retrieved from <https://app.roboflow.com/login>.
- James Gallagher. (2023). How to Identify Mislabeled Images in Computer Vision Datasets. **Roboflow Blog**. Retrieved from <https://blog.roboflow.com/identify-mislabeled-images-computer-vision/>
- Lahoti, J., Sn, J., Krishna, M. V., Prasad, M., BS, R., Mysore, N., and Nayak, J. S. (2024). Multi-class waste segregation using computer vision and robotic arm. **PeerJ Computer Science**, 10(1), 1-20. doi: 10.7717/peerj-cs.1957
- Paudel, P., Shrestha, S., Shrestha, S., Gurung, S., and Adhikari, S. (2024). Automated waste sorting with delta arm and yolov8 detection. **Journal of Artificial Intelligence and Capsule Networks**, 6(3), 299-315. doi: 10.36548/jaicn.2024.3.004
- Pushbullet. (2020). **Pushbullet API**. Retrieved from <https://www.pushbullet.com/>.
- Raspberry Pi. (2025). **Raspberry Pi 5**. Retrieved from <https://www.raspberrypi.com/products/raspberry-pi5/>.
- Qirui, Z., Dandan, L., and Kang, A. (2024). ESE-YOLOv8: A Novel Object Detection Algorithm for Safety Belt Detection during Working at Heights. **Entropy**, 26(7), 591-604.
- Seth, Y., and Sivagami, M. (2025). Enhanced yolov8 object detection model for construction worker safety using image transformations. **IEEE Access**, 13(1), 10582-10594.

- Sohan, M., Ram, T. S., and Chirra, R. V. C. (2024). A review on yolov8 and its advancements. in **Data Intelligence and Cognitive Informatics** (pp.529-545), I. J. Jacob, S. Piramuthu, and P. Falkowski-Gilski, Eds. Singapore: Springer Nature Singapore.
- Wahyutama, A. B., and Hwang, M. (2022). Yolo-based object detection for separate collection of recyclables and capacity monitoring of trash bins. **Electronics**, 11(9), 1323-1338.

ระบบฐานข้อมูลอาหารและโภชนาการสำหรับผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวาน Web-Based Food and Nutrition Database for the Elderly with Diabetes

นรุวรรณ อยู่สำราญ¹ ศรัณยู บุตรโคตร² สุพรรณิ พฤกษา¹ และ สุระเดช ไชยตอกเกีย^{1*}
Naruwan Yusamran¹, Saranyoo Butkote², Supanee Pruksa¹ and Suradech Chaitokkia^{1*}

¹คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย จังหวัดเลย 42000

¹Faculty of Science and Technology, Loei Rajabhat University, Loei Province, 42000

²คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยศรีปทุม วิทยาเขตขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น 40000

²School of Information Technology, Sripatum University Khonkaen, Khonkaen Province, 40000

*Corresponding author E-mail: suradet_chai@hotmail.com

Received 7 March 2025, Accepted 20 June 2025, Published 22 June 2025

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบฐานข้อมูลอาหารและโภชนาการสำหรับผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวาน โดยระบบถูกออกแบบและพัฒนาในรูปแบบเว็บแบบเรสปอนซีฟ ด้วยภาษา HTML5, JavaScript และ PHP เชื่อมต่อฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ด้วย MySQL ผลการวิจัยพบว่า ระบบฐานข้อมูลที่พัฒนาขึ้นรองรับผู้ใช้งาน 3 กลุ่ม ได้แก่ ผู้ดูแลระบบ สมาชิก และบุคคลทั่วไป ระบบประกอบด้วย 2 ส่วนหลัก คือ ส่วนติดต่อผู้ใช้งานและระบบฐานข้อมูล หน้าแรกของระบบมีเมนูหลัก 4 เมนู ได้แก่ 1) หน้าหลัก แสดงข้อมูลสารสนเทศอาหารและโภชนาการสำหรับโรคเบาหวาน แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ระบบค้นหาข้อมูลตำรับอาหาร และแสดงรายการตำรับอาหาร ซึ่งมีรายละเอียดเกี่ยวกับชื่อตำรับอาหาร ส่วนประกอบ วิธีปรุงคุณค่าทางโภชนาการ และวิดีโอสาธิตการปรุงอาหาร 2) วางแผนการรับประทานอาหาร ออกแบบให้ผู้ใช้กรอกข้อมูลน้ำหนัก ส่วนสูง อายุ อาชีพ เพศ และสถานะโรคเบาหวาน เพื่อคำนวณปริมาณพลังงานที่ควรได้รับต่อวัน 3) มุมมองโภชนาการ ให้ข้อมูลสำคัญเกี่ยวกับโภชนาการสำหรับโรคเบาหวาน โดยผู้ดูแลระบบเป็นผู้จัดการเนื้อหา และ 4) เมนูเกี่ยวกับโครงการวิจัย สำหรับผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบฐานข้อมูลโดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก และความพึงพอใจต่อการใช้งานระบบฐานข้อมูลอยู่ในระดับมากที่สุด อย่างไรก็ตามเพื่อให้ระบบสามารถตอบสนองความต้องการของผู้ใช้งานได้อย่างครอบคลุมและมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น ควรพัฒนาต่อระบบให้รองรับกลุ่มโรคอื่นและให้สามารถแนะนำเมนูอาหารอัตโนมัติโดยใช้เทคโนโลยีทางด้านปัญญาประดิษฐ์

คำสำคัญ: การพัฒนาระบบ ฐานฐานข้อมูล อาหารและโภชนาการ โรคเบาหวาน

ABTRACT

This study aimed to develop a Web-Based Food and Nutrition Database for the Elderly with Diabetes. The system was designed and developed in a responsive web format using HTML5, JavaScript, and PHP, with a relational database managed by MySQL. The findings indicate that the system supports three user groups: administrators, registered members, and the general public. It comprises two main components: the user interface and the database system. Users can access the system through a web browser. The homepage consists of four main menus: 1) the Home menu, which provides food and nutrition information for diabetes, divided into two sections a recipe search system and a recipe listing, which

includes details such as recipe names, ingredients, preparation methods, nutritional values, and cooking demonstration videos; 2) the Meal Planning menu, which allows users to input their weight, height, age, occupation, gender, and diabetes status to calculate their recommended daily caloric intake; 3) the Nutritionist's Corner, which provides essential nutrition information for diabetes, managed by the system administrator; and 4) the Research Project menu, which presents information about the research project. The overall system performance evaluation was rated at a high level, while user satisfaction with the system was rated at the highest level. However, to further enhance usability and effectiveness, future development should expand the system to cover other diseases and to be able to automatically recommend menus using artificial intelligence technology.

Keywords: System development, Database system, Food and Nutrition, Diabetes Mellitus

บทนำ

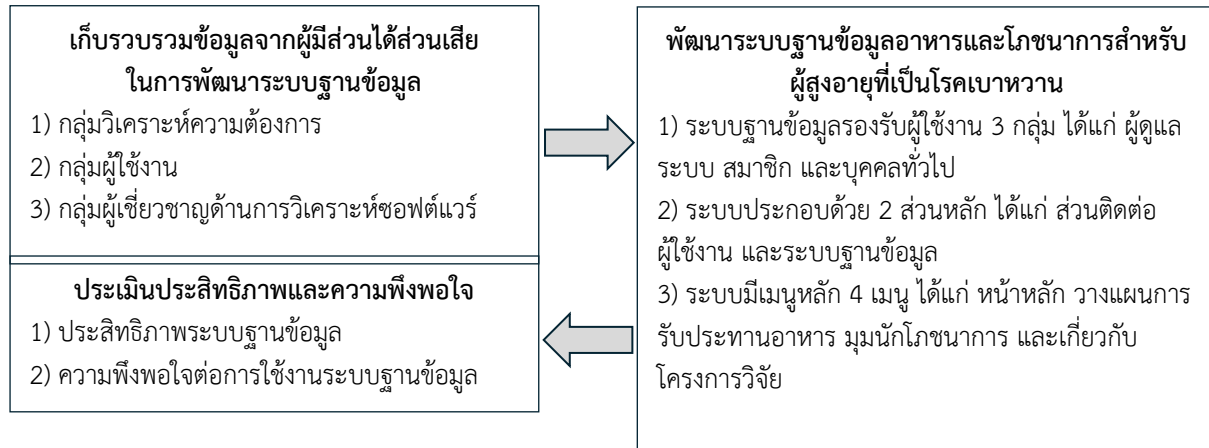
โรคเบาหวาน (Diabetes mellitus) เป็นโรคเรื้อรังที่เกิดจากระดับน้ำตาลในเลือดสูงผิดปกติ เนื่องจากการผลิตอินซูลินไม่เพียงพอหรือร่างกายไม่สามารถใช้อินซูลินได้อย่างมีประสิทธิภาพ โรคนี้ส่งผลกระทบต่อทุกช่วงวัย ทุกเพศ และทุกพื้นที่ทั่วโลก ทำให้เป็นหนึ่งในสาเหตุหลักของการเจ็บป่วยและเสียชีวิต ปัจจุบันภาระของโรคเบาหวานเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว คาดการณ์ว่าภายในปี พ.ศ. 2593 จะมีผู้ป่วยมากกว่า 1.31 พันล้านคน เพิ่มขึ้นจาก 529 ล้านคนในปี พ.ศ. 2564 ซึ่งส่วนใหญ่พบโรคเบาหวานชนิดที่ 2 ประมาณร้อยละ 90 ของผู้ป่วยทั้งหมด โรคเบาหวานยังเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดโรคหัวใจ ไตวาย และโรคหลอดเลือดสมอง ส่งผลให้มีอัตราการเสียชีวิตสูง อีกทั้งยังส่งผลกระทบต่อค่าใช้จ่ายด้านสุขภาพที่เกี่ยวข้องกับโรคเบาหวานเพิ่มขึ้น รวมทั้งการเข้าถึงการรักษายังมีความเหลื่อมล้ำ โดยเฉพาะในประเทศรายได้ต่ำและปานกลาง (The Lancet, 2023) ในปี พ.ศ. 2567 ประเทศไทยพบผู้ป่วยเบาหวานทั้งสิ้น 3,640,300 ราย อัตราความชุกร้อยละ 8.12 พบมากสุดในกลุ่มผู้สูงอายุ ร้อยละ 22.28 เขตสุขภาพที่ 8 ประกอบด้วยจังหวัด เลย อุดรธานี หนองบัวลำภู หนองคาย นครพนม บึงกาฬ และสกลนคร มีผู้ป่วยเบาหวานทั้งสิ้น 362,024 ราย อัตราป่วยร้อยละ 8.50 ซึ่งสูงกว่าภาพรวมของประเทศ และจังหวัดเลย พบผู้ป่วยเบาหวาน 48,024 ราย อัตราป่วยร้อยละ 9.41 และมีแนวโน้มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ปี พ.ศ. 2560 (ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร กระทรวงสาธารณสุข, 2567) โดยปัจจัยสำคัญที่เกี่ยวข้องกับโรคเบาหวาน ได้แก่ เพศ อายุ ดัชนีมวลกายสูง ปัจจัยด้านพฤติกรรมและโภชนาการ เช่น การบริโภคอาหารแปรรูป อาหารที่มีไขมันสูง น้ำตาล และผลิตภัณฑ์จากสัตว์สูง การลดลงของการออกกำลังกาย มลพิษทางอากาศ ปัจจัยเหล่านี้ชี้ให้เห็นถึงความซับซ้อนของโรคเบาหวานที่ต้องได้รับการจัดการอย่างรอบด้าน (GBD 2021 Diabetes Collaborators, 2023) วิธีที่ดีที่สุดในการป้องกันโรคเบาหวานและภาวะแทรกซ้อนคือการดำเนินชีวิตอย่างระมัดระวัง โดยการสร้างนิสัยที่ส่งเสริมสุขภาพ เช่น การออกกำลังกายอย่างสม่ำเสมอ การรับประทานอาหารที่สมดุล การรักษาน้ำหนักให้เหมาะสม การหลีกเลี่ยงพฤติกรรมที่เป็นอันตรายเพื่อควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด (Hossain et al., 2024) โดยเฉพาะปัจจัยด้านอาหารและโภชนาการ โดยมีการค้นพบว่าการเพิ่มความรู้เกี่ยวกับอาหารและโภชนาการเป็นปัจจัยสำคัญในการช่วยปรับเปลี่ยนพฤติกรรมรับประทาน อาหารที่ดีในผู้ป่วยที่เป็นโรคเบาหวาน ซึ่งจะช่วยให้ผู้ป่วยมีแรงจูงใจในการดูแลสุขภาพในระยะยาว (Jin et al., 2023) เช่น การใช้ตำรับอาหารท้องถิ่นเพื่อป้องกันและควบคุมอาการของผู้ป่วยโรคเบาหวาน ลดภาวะเสี่ยง รวมทั้งการปรับพฤติกรรม การบริโภคอาหารให้ดีขึ้น ส่งผลดีต่อน้ำระดับน้ำตาล นอกจากนี้ผู้ป่วยส่วนใหญ่มักปฏิบัติตามเมนูที่แนะนำเนื่องจากสอดคล้องกับบริบทของตนเอง (วลัญช์ชยา และคณะ, 2563)

การจัดการตนเองและการสนับสนุนผู้ป่วยโรคเบาหวานผ่านการพบปะโดยตรง ทั้งแบบตัวต่อตัวและแบบกลุ่ม ได้รับการดำเนินการมาเป็นเวลาหลายทศวรรษ โดยมีงานวิจัยที่ยืนยันถึงประสิทธิภาพในการช่วยปรับปรุงผลลัพธ์ทางสุขภาพ อย่างไรก็ตาม ข้อจำกัดด้านต้นทุนและทรัพยากรทำให้การขยายขอบเขตของแนวทางนี้เป็นไปได้ยาก เทคโนโลยีสารสนเทศและระบบดิจิทัลจึงเข้ามามีบทบาทสำคัญในการยกระดับการดูแลสุขภาพ ช่วยลดค่าใช้จ่าย และเพิ่มการเข้าถึงบริการสุขภาพได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Wu et al., 2024) การพัฒนาระบบฐานข้อมูลที่มีคุณภาพและตรงตามความต้องการของผู้ใช้งาน (Hossain, 2023) ช่วยให้การจัดการด้านอาหารและโภชนาการของผู้ป่วยเบาหวานมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น งานวิจัยหลายชิ้นแสดงให้เห็นว่าเทคโนโลยีมีบทบาทสำคัญในการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด ตัวอย่างเช่น ระบบแนะนำอาหารที่ใช้ Machine Learning และฐานข้อมูลโภชนาการเพื่อให้คำแนะนำที่เหมาะสมกับแต่ละบุคคล ช่วยลดระดับ HbA1c และเพิ่มความพึงพอใจของแพทย์และผู้ป่วย (Ahmed et al., 2025) นอกจากนี้ การพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันเพื่อให้ความรู้แก่ผู้ป่วยยังเป็นอีกแนวทางที่ช่วยส่งเสริมการดูแลตนเองผ่านการปรับพฤติกรรม เช่น การควบคุมอาหารและการออกกำลังกาย (Meenasantirak et al., 2025) โปรแกรมออนไลน์ได้รับการยืนยันว่าไม่เพียงช่วยเพิ่มคุณภาพชีวิตของผู้ป่วย แต่ยังช่วยปรับปรุงตัวแปรทางเมตาบอลิซึม โดยแนะนำให้มีการพัฒนาโปรแกรมที่มีการติดตามผลอย่างต่อเนื่องเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด (Elyeli et al., 2024) และตัวอย่างหนึ่งของเทคโนโลยีที่นำมาใช้คือแอปพลิเคชัน NutriFitPal ซึ่งพัฒนาโดยใช้ React TypeScript และ Firebase ช่วยให้ผู้ใช้สามารถติดตามการรับประทานอาหารและคำนวณพลังงานที่เหมาะสมได้อย่างแม่นยำ (Lo et al., 2024) ในทำนองเดียวกัน การพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันสำหรับผู้ป่วยเบาหวานที่ควบคุมน้ำตาลไม่ได้ พบว่าระบบนี้ช่วยให้ผู้ใช้สามารถติดตามสุขภาพของตนเองได้สะดวก และมีระดับความพึงพอใจสูง (อัจฉรา และคณะ, 2567) และยังพบว่าแอปพลิเคชันควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดที่ออกแบบมาสำหรับผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 ยังได้รับการประเมินว่ามีประสิทธิภาพสูง และสามารถช่วยเสริมสร้างพฤติกรรมการดูแลตนเอง ส่งผลให้คุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุดีขึ้น (ญาดา และคณะ, 2567) อย่างไรก็ตาม แอปพลิเคชันส่วนใหญ่ใช้ฐานข้อมูลอาหารทั่วไปซึ่งไม่เหมาะกับผู้ป่วยที่ชื่นชอบอาหารท้องถิ่น ไม่มีข้อมูลคุณค่าทางโภชนาการอย่างครบถ้วน ที่สำคัญคือไม่มีวิธีการปรุงประกอบและสัดส่วนวัตถุดิบที่ใช้

ดังนั้นทีมวิจัยจึงเห็นความสำคัญของการพัฒนาระบบฐานข้อมูลอาหารและโภชนาการสำหรับผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานให้มีความครอบคลุมมากยิ่งขึ้น จึงได้ดำเนินงานวิจัยโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาระบบฐานข้อมูลอาหารและโภชนาการสำหรับผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวาน 2) ประเมินประสิทธิภาพระบบฐานข้อมูลอาหารและโภชนาการสำหรับผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวาน และ 3) เพื่อประเมินความพึงพอใจต่อการใช้งานระบบฐานข้อมูลอาหารและโภชนาการสำหรับผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวาน ซึ่งสามารถใช้เป็นเครื่องมือสำหรับค้นหาข้อมูลตำรับอาหารท้องถิ่นที่ไร้รายละเอียดเกี่ยวกับคุณค่าทางโภชนาการ วิถีโอสถิตการปรุงอาหาร และสามารถวางแผนการรับประทานอาหารในแต่ละวันได้ แอปพลิเคชันนี้ถูกพัฒนาด้วยเทคโนโลยี HTML5, JavaScript, PHP และเชื่อมต่อกับฐานข้อมูล MySQL ในรูปแบบเว็บแบบเรสปอนซีฟ เพื่อใช้งานได้บนหลากหลายอุปกรณ์ กลุ่มเป้าหมายคือผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานหรือผู้ดูแลผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวาน โดยคาดหวังว่าระบบฐานข้อมูลนี้จะช่วยให้ผู้สูงอายุหรือผู้ดูแลผู้สูงอายุสามารถเข้าถึงข้อมูลการจัดการอาหารและโภชนาการที่เหมาะสมกับสภาพร่างกายและความต้องการเฉพาะตัว โดยผ่านเทคโนโลยีดิจิทัลที่มีประสิทธิภาพ มีส่วนร่วมในการดูแลสุขภาพ เพิ่มการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด ลดอัตราการภาวะแทรกซ้อน และเพิ่มการเข้าถึงการรักษาผ่านเทคโนโลยีที่ง่ายและสะดวก ช่วยลดภาระด้านค่าใช้จ่ายในระบบสาธารณสุขได้อย่างมีประสิทธิภาพ

วิธีการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ใช้รูปแบบการวิจัยและพัฒนา (Research and Development Research: R & D) ได้ดำเนินการศึกษาเอกสาร แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาระบบฐานข้อมูลอาหารและโภชนาการสำหรับผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวาน โดยกำหนดกรอบแนวคิดในการวิจัยดังนี้



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ผู้วิจัยได้กำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าด้วยวิธีการเลือกแบบเจาะจง แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ดังนี้

1.1 กลุ่มผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในการพัฒนาระบบฐานข้อมูล ประกอบด้วย 1) ผู้เชี่ยวชาญด้านการวิเคราะห์ซอฟต์แวร์ เป็นบุคคลที่มีความเชี่ยวชาญในสาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์หรือสาขาคอมพิวเตอร์ หรือผู้เชี่ยวชาญด้านการพัฒนาระบบฐานข้อมูล จำนวน 3 คน 2) บุคคลที่มีส่วนเกี่ยวข้องในพื้นที่เป้าหมายจากตำบลชัยพฤกษ์ และตำบลเมือง อำเภอเมืองเลย จังหวัดเลย เป็นประชาชนทั่วไป จำนวน 32 คน 3) ผู้ใช้งาน เป็นเจ้าหน้าที่จากองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น และโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล จำนวน 2 คน รวมทั้งสิ้น 37 คน

1.2 กลุ่มผู้ประเมินระบบฐานข้อมูล ในการประเมินประสิทธิภาพของระบบฐานข้อมูลแบ่งผู้ประเมินออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มผู้เชี่ยวชาญทางด้านซอฟต์แวร์ จำนวน 3 คน และกลุ่มผู้ใช้งานประเมินประสิทธิภาพของระบบฐานข้อมูลและความพึงพอใจต่อการใช้งานระบบฐานข้อมูล เป็นประชาชนทั่วไป ซึ่งเป็นผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานหรือเป็นผู้ดูแลผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวาน และมีส่วนเกี่ยวข้องในพื้นที่เป้าหมายจากตำบลชัยพฤกษ์ และตำบลเมือง จำนวน 30 คน

โดยผู้วิจัยได้ชี้แจงรายละเอียดของโครงการวิจัยและวัตถุประสงค์ให้กลุ่มตัวอย่างทราบอย่างครบถ้วน เพื่อให้สามารถตัดสินใจเข้าร่วมโครงการได้โดยสมัครใจ พร้อมทั้งมีสิทธิออกจากโครงการโดยไม่ส่งผลกระทบต่อการทำงานวิจัย นอกจากนี้ผู้วิจัยเคารพในศักดิ์ศรีความเป็นมนุษย์ของกลุ่มตัวอย่าง และได้นำเสนอผลการวิจัยในลักษณะที่ไม่ก่อให้เกิดความเสียหายแก่บุคคล

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ประกอบด้วย 1) ระบบฐานข้อมูลอาหารและโภชนาการสำหรับผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวาน 2) แบบประเมินประสิทธิภาพของระบบฐานข้อมูลอาหารและโภชนาการสำหรับผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวาน 3) แบบประเมินความพึงพอใจต่อการใช้งานระบบฐานข้อมูลอาหารและโภชนาการสำหรับผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวาน ลักษณะของแบบประเมินทั้งสองเป็นคำถามแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ ได้แก่ มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย และน้อยที่สุด

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้รับอนุญาตจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องก่อนดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยชี้แจงวิธีการเข้าร่วมโครงการวิจัยและการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยกลุ่มผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในการพัฒนาระบบฐานข้อมูล ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้การสนทนากลุ่ม (Focus Group) กลุ่มผู้ประเมินประสิทธิภาพและความพึงพอใจต่อการใช้งานระบบฐานข้อมูล เก็บข้อมูลโดยใช้แบบประเมิน ก่อนรับแบบประเมินคืนผู้วิจัยจะตรวจสอบความครบถ้วนของแบบประเมินในเบื้องต้น เพื่อนำไปวิเคราะห์ข้อมูลในขั้นตอนต่อไป

4. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลประสิทธิภาพระบบฐานข้อมูล และความพึงพอใจต่อการใช้งานระบบฐานข้อมูล ใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และแบ่งเกณฑ์คะแนนระดับประสิทธิภาพและความพึงพอใจ โดยใช้เกณฑ์ของ (Best and Kahn, 2006) ดังนี้ 1) คะแนน 4.50 – 5.00 หมายถึง มากที่สุด 2) คะแนน 3.51 – 4.50 หมายถึง มาก 3) คะแนน 2.51 – 3.50 หมายถึง ปานกลาง 4) คะแนน 1.51 – 2.50 หมายถึง น้อย และ 5) คะแนน 1.00 – 1.50 หมายถึง น้อยที่สุด

5. ขั้นตอนการออกแบบและพัฒนาระบบฐานข้อมูล

ในการระบบฐานข้อมูลอาหารและโภชนาการสำหรับผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวาน ผู้วิจัยใช้วงจรการพัฒนาระบบฐานข้อมูล (DSDLC) เป็นแนวทางในการพัฒนาและสร้างระบบสารสนเทศให้มีประสิทธิภาพ (โอภาส, 2558) ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน มีรายละเอียดดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การศึกษาเบื้องต้นเพื่อจัดทำฐานข้อมูล (Database Initial Study) เพื่อวิเคราะห์รายละเอียดของข้อมูลต่างๆ ที่ปรากฏอยู่ภายในระบบ เพื่อใช้ในการออกแบบส่วนของข้อมูลภายในระบบใหม่ ประกอบด้วย 1) ศึกษาบริบทของชุมชนเป้าหมาย 2) ประชุมชี้แจงทีมวิจัยเพื่อเตรียมการ 3) ติดต่อประสานขอความร่วมมือจากชุมชน 4) สืบหาฐานข้อมูลสารสนเทศอาหารและโภชนาการสำหรับโรคเบาหวาน และ 5) ชี้แจงโครงการและวิธีการจัดเตรียมสารสนเทศ

ขั้นตอนที่ 2 การออกแบบฐานข้อมูล (Database Design) ดำเนินการออกแบบฐานข้อมูลสารสนเทศอาหารและโภชนาการสำหรับโรคเบาหวาน ทั้ง 3 ระดับ คือ ในระดับแนวคิด (Conceptual) ในเชิงตรรกะ (Logical) และในระดับกายภาพ (Physical) ประกอบด้วย 1) การออกแบบระบบฐานข้อมูล และ 2) นำเอาโครงร่างต่างๆ ของระบบฐานข้อมูลที่ได้จากการออกแบบทั้ง 3 ระดับ (ในระดับ แนวคิด ในเชิงตรรกะ และในระดับกายภาพ) มาสร้างเป็นฐานข้อมูลที่จะใช้เก็บข้อมูลจริง (ภาพที่ 2) และผู้วิจัยได้ใช้แบบจำลองอีอาร์เพื่อแสดงการออกแบบการจัดเก็บข้อมูลตามทฤษฎีฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ ซึ่งมีการเก็บข้อมูลแยกเป็น 5 ตาราง ได้แก่ ตาราง login_member ใช้สำหรับเก็บข้อมูลผู้ใช้งาน ตาราง Occupation_data ใช้สำหรับเก็บข้อมูลอาชีพของผู้ใช้งาน ตาราง member_food_data ใช้สำหรับเก็บข้อมูลการวางแผนการรับประทานอาหารของผู้ใช้งาน ตาราง nutrition_food_data ใช้สำหรับเก็บข้อมูลตำรับอาหาร และตาราง nutrion_blog ใช้สำหรับเก็บข้อมูลมนักโภชนาการ (ภาพที่ 3)

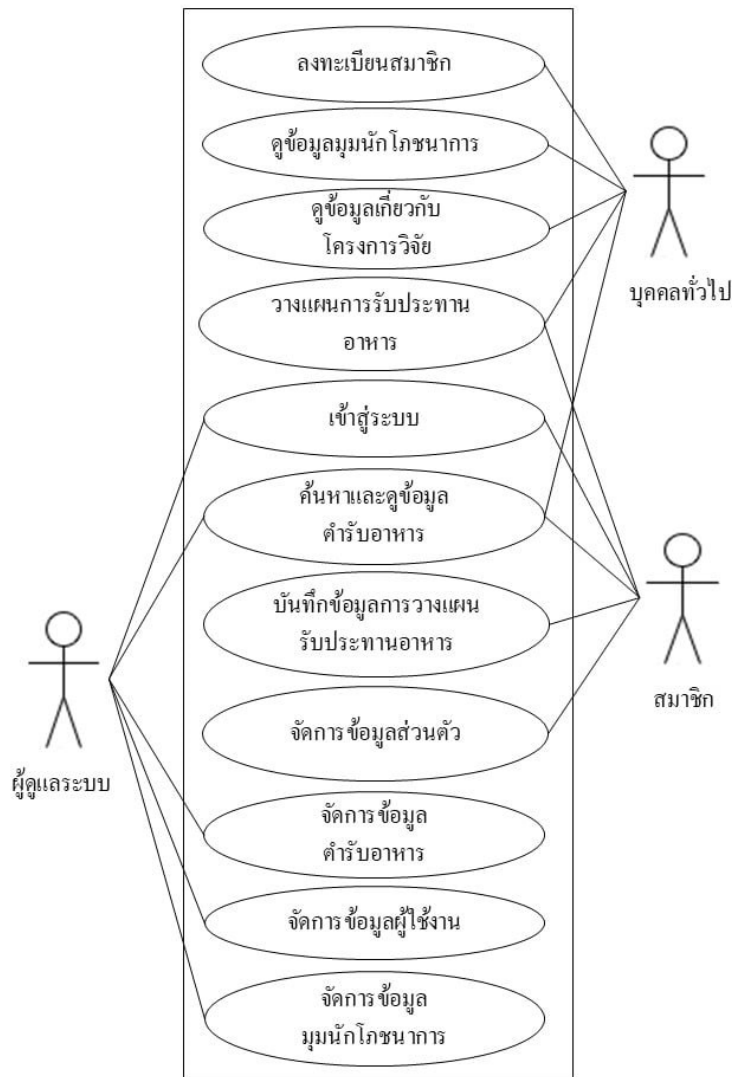
ขั้นตอนที่ 3 การจัดทำและนำเข้าข้อมูลเข้าฐานข้อมูล (Implementation and Loading) ประกอบด้วย 1) จัดทำโครงสร้างข้อมูล 2) นำเข้าข้อมูลตามโครงสร้างที่ได้จัดทำไว้ และ 3) ติดตั้งระบบฐานข้อมูลตามที่ได้ออกแบบมาแล้วบนเว็บไซต์

ขั้นตอนที่ 4 การทดสอบและประเมินผล (Testing and Evaluation) การทดสอบและประเมินผล (Testing and Evaluation) เพื่อให้แน่ใจว่าข้อมูลที่จัดเก็บในฐานข้อมูลสามารถตอบสนองต่อความต้องการประเมินผลต่าง ๆ ได้ดี ประกอบด้วย (1) ประชุมเชิงปฏิบัติร่วมกับผู้ใช้งานและผู้เชี่ยวชาญเพื่อทดสอบและประเมินผลระบบฐานข้อมูลโดยใช้คอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊ก สมาร์ทโฟน และแท็บเล็ต ในการทดสอบ ตามความสะดวกของแต่ละบุคคล เป็นระยะเวลาประมาณ 8-10 นาที และ 2) ปรับปรุงตามข้อเสนอแนะ

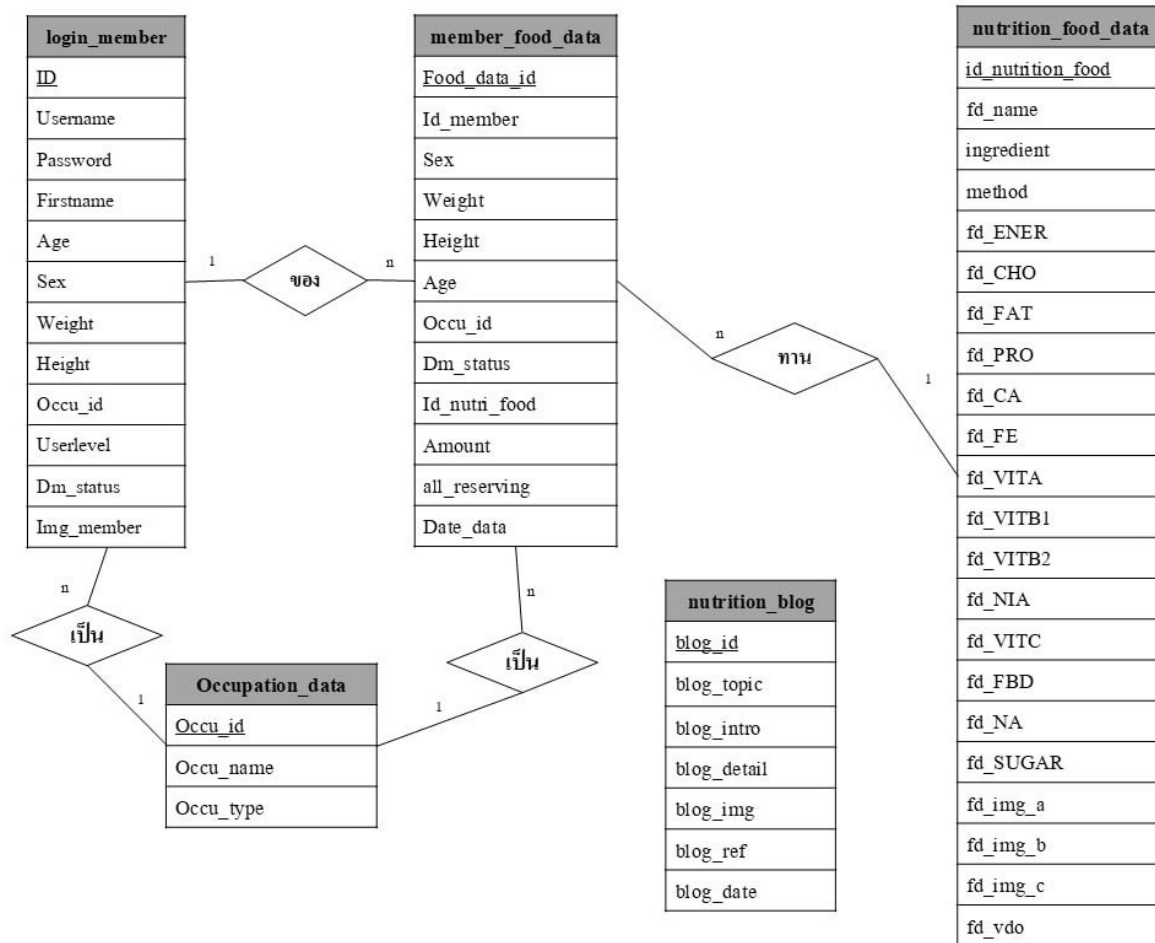
ขั้นตอนที่ 5 การนำฐานข้อมูลไปใช้งาน (Operation) บนเว็บไซต์ ประกอบด้วย 1) ติดตั้งระบบและจัดทำเอกสารคู่มือ 2) ฝึกอบรมผู้ใช้และประเมินผลระบบใหม่ และ 3) ทดสอบประสิทธิภาพของระบบฐานข้อมูลโดยผู้ใช้

ขั้นตอนที่ 6 การบำรุงรักษาและสนับสนุนระบบ (Maintenance and Support) การบำรุงรักษาฐานข้อมูล (Maintenance and Evolution) เป็นขั้นตอนที่ไม่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาระบบสารสนเทศ เนื่องจากเป็นการดำเนินการเมื่อใช้งานจริงแล้ว ประกอบด้วย 1) การบำรุงรักษาระบบฐานข้อมูล 2) การเพิ่มเติมคุณสมบัติใหม่ๆ เข้าไปในระบบ และ 3) การสนับสนุนงานของผู้ใช้

ระบบฐานข้อมูลสารสนเทศอาหารและโภชนาการบนเว็บ สำหรับโรคเบาหวาน



ภาพที่ 2 ภาพยูสเคสไดอะแกรมของระบบฐานข้อมูล



ภาพที่ 3 ภาพอีอาร์ไดอะแกรมของระบบฐานข้อมูล

ผลการวิจัย และวิจารณ์ผลการวิจัย

ผลการวิจัย สามารถสรุปผลการวิจัยตามวัตถุประสงค์ ได้ดังนี้

1. ผลการพัฒนาฐานข้อมูลอาหารและโภชนาการสำหรับผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวาน ผู้วิจัยได้ศึกษาและพัฒนาฐานข้อมูล ด้วยภาษาเอชทีเอ็มแอลห้า (HTML5) จาวาสคริปต์ และพีเอชพี เชื่อมต่อฐานข้อมูลแบบเชิงสัมพันธ์ด้วยฐานข้อมูลมายเอสคิวแอล (MySQL) ในรูปแบบเว็บแบบเรสปอนซีฟ ตามขอบเขตของระบบฐานข้อมูลสามารถทำงานได้ 2 ส่วนดังนี้

ส่วนที่ 1 ส่วนการติดต่อผู้ใช้งาน ส่วนการติดต่อผู้ใช้งาน การเข้าสู่การใช้งานระบบฐานข้อมูลนี้จะใช้งานผ่านเว็บเบราว์เซอร์ของอุปกรณ์สื่อสารทุกประเภทไม่ว่าจะเป็น คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล สมาร์ทโฟน และแท็บเล็ต โดยกรอก URL <http://www.khamaon.com/dmfood/> เพื่อเข้าใช้งาน ส่วนการติดต่อผู้ใช้งานมี 3 กลุ่ม ประกอบด้วย 1) ผู้ดูแลระบบ เป็นบุคลากรองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น และบุคลากรโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลที่ได้รับมอบหมายให้ดูแลระบบ โดยมีความจำเป็นต้องเข้าสู่ระบบทุกครั้งที่ต้องการเข้าใช้งาน สามารถจัดการข้อมูลตำรับอาหารได้ จัดการข้อมูลเมนูโภชนาการได้ และจัดการข้อมูลผู้ใช้งานได้ 2) สมาชิก เป็นประชาชนในพื้นที่วิจัย มีความจำเป็นต้องเข้าสู่ระบบทุกครั้งที่ต้องการเข้าใช้งาน สามารถค้นหาและดูข้อมูลของตำรับอาหาร วางแผนการรับประทานอาหารรายวัน บันทึกข้อมูลการวางแผนการรับประทานอาหาร และจัดการข้อมูลส่วนตัวของตนเองได้ 3) บุคคลทั่วไป เป็นบุคคลที่สนใจทางด้านอาหารและโภชนาการสำหรับ

โรคเบาหวาน สามารถค้นหาและดูข้อมูลตำรับอาหารเมนูโภชนาการได้ ข้อมูลเกี่ยวกับโครงการวิจัย และสามารถวางแผนการรับประทานอาหารได้ แต่ถ้าต้องการบันทึกข้อมูลการวางแผนการรับประทานอาหารจะต้องลงทะเบียนสมาชิกก่อน

ส่วนที่ 2 ส่วนระบบฐานข้อมูล หน้าแรกของระบบฐานข้อมูลจะปรากฏแถบเมนู 4 เมนู มีรายละเอียดดังนี้

เมนูหน้าหลัก คือเมนูที่เชื่อมโยงไปยังหน้าแรกของระบบฐานข้อมูลอาหารและโภชนาการสำหรับผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวาน ซึ่งจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนค้นหาข้อมูลตำรับอาหารและส่วนแสดงรายการตำรับอาหาร ผู้ใช้งานสามารถค้นหาข้อมูลตำรับอาหารได้จาก ชื่ออาหาร วิธีปรุง หรือส่วนประกอบ ในส่วนนี้ระบบจะแสดงรายละเอียดของตำรับอาหารเกี่ยวกับ ชื่อตำรับอาหาร ส่วนประกอบในการปรุง วิธีการปรุง คุณค่าทางโภชนาการ วิดีโอสาธิตการปรุงอาหาร และภาพประกอบ (ภาพที่ 4)

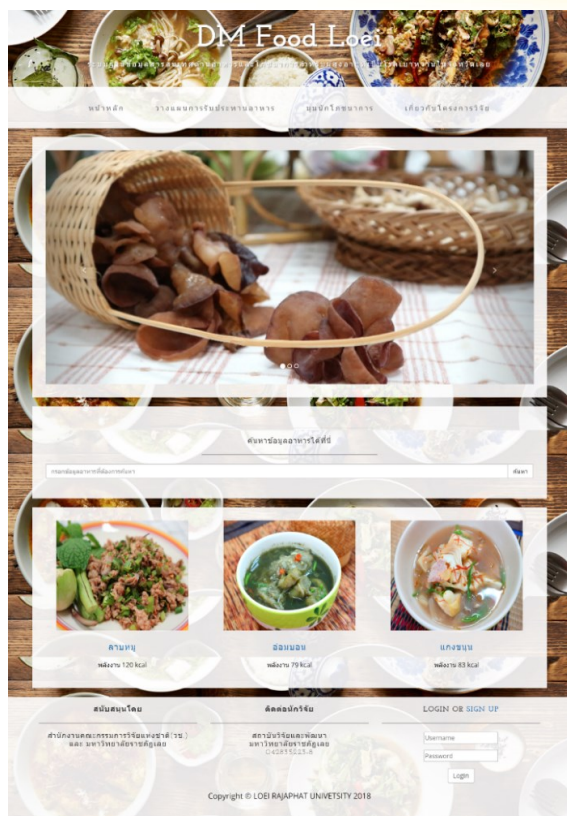
เมนูวางแผนการรับประทานอาหาร คือเมนูที่เชื่อมโยงไปยังหน้าวางแผนการรับประทานอาหาร ผู้ใช้งานจะต้องกรอกข้อมูลน้ำหนัก ส่วนสูง อายุ อาชีพ เพศ และสถานะโรคเบาหวาน เพื่อใช้ในการคำนวณปริมาณพลังงานสารอาหารที่ควรได้รับต่อวัน ในส่วนนี้ระบบจะแสดงปริมาณพลังงานและสารอาหารหลักที่ควรได้รับ ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต โปรตีน และไขมัน นอกจากนี้ผู้ใช้งานสามารถค้นหาข้อมูลตำรับอาหารที่เหมาะสมกับตนเอง ด้วยการกรอกค่าค้นหาชื่ออาหาร ซึ่งผลลัพธ์จากการค้นหาจะปรากฏขึ้นอัตโนมัติ ผู้ใช้งานสามารถเลือกตำรับอาหารที่ต้องการเพิ่มรายการอาหารได้ทันที และสามารถดูข้อมูลตำรับอาหารก่อนจะเพิ่มลงรายการรับประทานอาหาร เมื่อผู้ใช้งานเลือกตำรับอาหารลงรายการการรับประทานอาหารแล้วระบบจะคำนวณพลังงานที่เหลือที่ผู้ใช้งานสามารถรับประทานอาหารเพิ่มได้ แต่ถ้าหากผู้ใช้งานวางแผนการรับประทานอาหารแล้วเกินกว่าปริมาณที่ควรได้รับ ระบบจะแสดงข้อความว่า เกินปริมาณที่ต้องการแล้ว นอกจากนี้ยังสามารถเปลี่ยนแปลง ลบหรือเพิ่มรายการอาหารแล้วแสดงผลการเลือกอาหารใหม่อีกครั้ง (ภาพที่ 5)

เมนูเมนูนักโภชนาการ คือเมนูที่เชื่อมโยงไปยังหน้าเมนูนักโภชนาการเพื่อแสดงข้อมูลสำคัญที่ผู้ใช้งานควรทราบ ซึ่งเน้นนำเสนอเนื้อหาที่คาดว่าจะประโยชน์กับผู้ป่วยโรคเบาหวานเป็นหลัก โดยข้อมูลเหล่านี้ผู้ดูแลระบบจะเป็นผู้จัดการข้อมูลทั้งหมด (ภาพที่ 6)

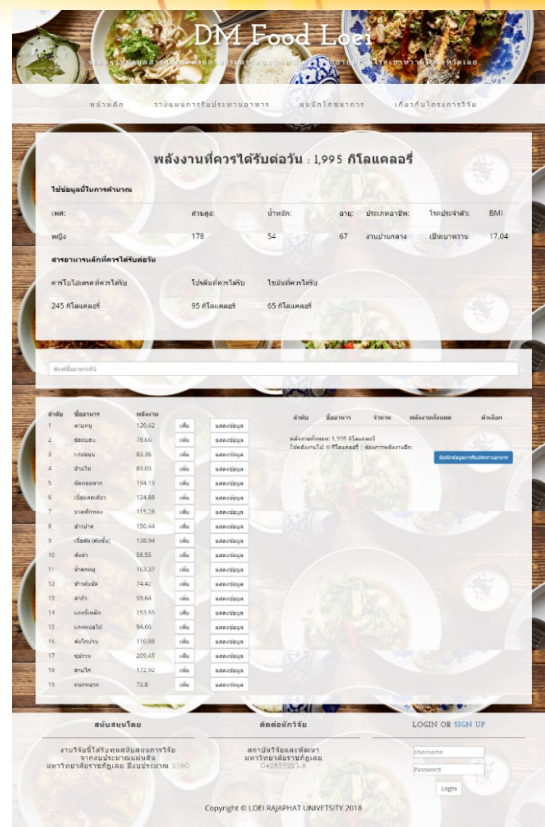
เมนูเกี่ยวกับโครงการวิจัย คือเมนูที่เชื่อมโยงไปยังหน้าเกี่ยวกับโครงการวิจัย ที่แสดงข้อมูลชื่อโครงการวิจัย ที่มาและความสำคัญของโครงการวิจัย (ภาพที่ 7)

2. ผลการประเมินประสิทธิภาพระบบฐานข้อมูลอาหารและโภชนาการสำหรับผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวาน โดยผู้เชี่ยวชาญทางด้านซอฟต์แวร์ พบว่า ตรงตามความต้องการของผู้ใช้งานระบบ ความถูกต้องและน่าเชื่อถือของระบบอยู่ในระดับมากที่สุด ความง่ายต่อการใช้งานระบบ การออกแบบระบบ และการรักษาความปลอดภัยของข้อมูลในระบบอยู่ในระดับมาก (ตารางที่ 1) ผลการประเมินโดยผู้ใช้งาน พบว่า อยู่ในระดับมากทุกด้าน ได้แก่ ขั้นตอนในใช้งานเมนูต่างของระบบฐานข้อมูล การออกแบบให้ใช้งานง่ายเมนูไม่ซับซ้อน ความสะดวกในการเข้าถึงการใช้งานระบบฐานข้อมูล ลำดับเนื้อหาเข้าใจง่ายและชัดเจน และความง่ายของระบบฐานข้อมูลโดยภาพรวม (ตารางที่ 2)

3. ผลการประเมินความพึงพอใจต่อการใช้งานระบบฐานข้อมูลอาหารและโภชนาการสำหรับผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวาน โดยผู้เชี่ยวชาญทางด้านซอฟต์แวร์ พบว่า มีความพึงพอใจต่อระบบฐานข้อมูลโดยภาพรวม อยู่ในระดับมากที่สุด และผลประเมินโดยผู้ใช้งาน พบว่าอยู่ในระดับมากที่สุดทุกด้าน ได้แก่ ความชัดเจนและวัตถุประสงค์ มีข้อมูลเพียงพอต่อความต้องการ มีความสะดวกในการค้นหาข้อมูลที่ต้องการ ความถูกต้องแม่นยำ ความเหมาะสมในการใช้งาน ความสามารถของระบบฐานข้อมูลในการนำไปใช้ประโยชน์ และความพึงพอใจในภาพรวม (ตารางที่ 3)



ภาพที่ 4 หน้าแรกของระบบฐานข้อมูล



ภาพที่ 5 หน้าวางแผนการรับประทานอาหาร

ตารางที่ 1 ผลการประเมินประสิทธิภาพระบบฐานข้อมูลโดยผู้เชี่ยวชาญทางด้านซอฟต์แวร์

ประเด็นประเมินประสิทธิภาพ	$\bar{x}$	SD	ผลการประเมิน
1. ตรงตามความต้องการของผู้ใช้งานระบบ	4.85	0.36	มากที่สุด
2. ความถูกต้องและน่าเชื่อถือของระบบ	4.70	0.47	มากที่สุด
3. ความง่ายต่อการใช้งานระบบ	4.50	0.52	มาก
4. การออกแบบระบบ	4.44	0.51	มาก
5. การรักษาความปลอดภัยของข้อมูลในระบบ	4.47	0.64	มาก

ตารางที่ 2 ผลการประเมินประสิทธิภาพระบบฐานข้อมูลโดยผู้ใช้งาน

ประเด็นประเมินประสิทธิภาพ	$\bar{x}$	SD	ผลการประเมิน
1. ขั้นตอนในใช้งานเมนูต่างของระบบฐานข้อมูล	3.90	0.92	มาก
2. การออกแบบให้ใช้งานง่ายเมนูไม่ซับซ้อน	4.00	0.91	มาก
3. ความสะดวกในการเข้าถึงการใช้งานระบบฐานข้อมูล	3.93	0.91	มาก
4. ลำดับเนื้อหาเข้าใจง่ายและชัดเจน	4.00	0.95	มาก
5. ความง่ายของระบบฐานข้อมูลโดยภาพรวม	3.90	0.96	มาก



ภาพที่ 6 หน้าเมนูนักโภชนาการ



ภาพที่ 7 หน้าเกี่ยวกับโครงการวิจัย

ตารางที่ 3 ผลการประเมินความพึงพอใจต่อการใช้งานระบบฐานข้อมูลจากผู้ใช้งาน

ประเด็นประเมินความพึงพอใจ	$\bar{x}$	SD	ผลการประเมิน
1. ความชัดเจนและวัตถุประสงค์ของระบบฐานข้อมูล	4.63	0.49	มากที่สุด
2. ระบบฐานข้อมูลมีข้อมูลเพียงพอต่อความต้องการ	4.67	0.48	มากที่สุด
3. ระบบฐานข้อมูลมีความสะดวกในการค้นหาข้อมูลที่ต้องการ	4.57	0.50	มากที่สุด
4. ความถูกต้อง แม่นยำของระบบฐานข้อมูล	4.57	0.50	มากที่สุด
5. ความเหมาะสมในการใช้งานของระบบฐานข้อมูล	4.60	0.50	มากที่สุด
6. ความสามารถของระบบฐานข้อมูลในการนำไปใช้ประโยชน์	4.67	0.48	มากที่สุด
7. ความพึงพอใจต่อระบบฐานข้อมูลในภาพรวม	4.53	0.51	มากที่สุด

วิจารณ์ผลการวิจัย สามารถวิจารณ์ผลการวิจัยตามวัตถุประสงค์ ได้ดังนี้

1. การพัฒนาระบบฐานข้อมูลอาหารและโภชนาการสำหรับผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวาน ในงานวิจัยนี้ มีการออกแบบและพัฒนาระบบในรูปแบบโดยใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัย เช่น HTML5, JavaScript และ PHP พร้อมเชื่อมต่อฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ผ่าน MySQL ในรูปแบบเว็บแบบเรสปอนซีฟ เพื่อใช้งานได้บนหลากหลายอุปกรณ์ ระบบที่ได้ถูกพัฒนาให้รองรับผู้ใช้งาน 3 กลุ่ม ได้แก่ ผู้ดูแลระบบ สมาชิก และบุคคลทั่วไป ซึ่งช่วยให้ผู้ใช้งานสามารถเข้าถึงข้อมูลทางโภชนาการสำหรับผู้ป่วยเบาหวานได้สะดวกขึ้น หนึ่งในคุณสมบัติเด่นของระบบนี้คือฟังก์ชันค้นหาข้อมูลตำรับอาหารที่ให้รายละเอียดเกี่ยวกับคุณค่าทางโภชนาการ วิดีโอสาธิตการปรุงอาหาร และแผนการรับประทานอาหารที่เหมาะสมกับผู้ป่วยเบาหวาน ผลการศึกษาพบว่าระบบสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ มีโครงสร้างชัดเจน และใช้งานง่ายเมื่อเทียบกับงานวิจัยก่อนหน้านี้ เช่น การศึกษาพัฒนา NutriFitPal ซึ่งเป็นแอปพลิเคชันติดตามการบริโภคอาหารที่ใช้ React TypeScript และ Firebase พบว่า การใช้เทคโนโลยีเว็บช่วยให้ผู้ใช้สามารถติดตามพฤติกรรมกรรมการบริโภคได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Lo et al., 2024) ดังนั้นระบบฐานข้อมูลที่พัฒนาขึ้นนี้เป็นอีกหนึ่งทางเลือกในการจัดการด้านโภชนาการสำหรับผู้ป่วยเบาหวาน ช่วยเพิ่มการเข้าถึงข้อมูลที่เป็นประโยชน์และสนับสนุนการดูแลสุขภาพของผู้ป่วยในระยะยาว และ การศึกษาพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันสำหรับผู้ป่วยเบาหวานที่ควบคุมระดับน้ำตาลไม่ได้ พบว่าการใช้กระบวนการพัฒนาที่เป็นระบบ ช่วยให้สามารถพัฒนาแอปพลิเคชันที่มีประสิทธิภาพและตอบสนองความต้องการของผู้ใช้ได้ดีขึ้น (อัจฉรา และคณะ, 2567) ซึ่งสอดคล้องกับแนวทางของการวิจัยในครั้งนี้ที่ใช้กระบวนการพัฒนาระบบแบบ DSDLC อย่างครบวงจร ทำให้ระบบฐานข้อมูลที่พัฒนาขึ้นมีความแม่นยำ ปลอดภัย โดยเฉพาะการนำ Cloud Computing และ Continuous Integration/Continuous Deployment (CI/CD) มาใช้ ทำให้สามารถอัปเดตและปรับปรุงระบบได้อย่างต่อเนื่อง ช่วยเพิ่มความสะดวกในการเข้าถึงข้อมูลโภชนาการของผู้ป่วยเบาหวาน และสนับสนุนการบริหารจัดการอาหารได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2. ประสิทธิภาพของระบบฐานข้อมูลอาหารและโภชนาการสำหรับผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานที่พัฒนาขึ้นพบว่าระบบสามารถรองรับการใช้งานของผู้ใช้กลุ่มเป้าหมายได้ดี มีประสิทธิภาพโดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก ตรงตามความต้องการของผู้ใช้งาน ถูกต้องและน่าเชื่อถือ ง่ายต่อการใช้งาน สอดคล้องกับการศึกษาการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันสำหรับผู้ป่วยเบาหวานที่พบว่า การใช้เทคโนโลยีดิจิทัลช่วยให้ผู้ป่วยสามารถปรับปรุงการจัดการตนเองได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Meenasantirak et al., 2025) ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ระบบฐานข้อมูลสารสนเทศอาหารและโภชนาการบนเว็บมีความสามารถในการช่วยให้ผู้ป่วยเบาหวานบริหารจัดการอาหารได้ดี อย่างไรก็ตาม แม้ว่าระบบนี้จะสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่ก็มีโอกาสในการพัฒนาเพิ่มเติม เช่น การปรับปรุงระบบให้สามารถให้คำแนะนำที่เป็นส่วนบุคคลโดยใช้ปัญญาประดิษฐ์ (AI) หรือ Machine Learning ซึ่งแนวทางนี้เคยถูกนำเสนอในงานวิจัยของ Ahmed et al. (2025) ที่เสนอให้พัฒนาแอปพลิเคชันที่สามารถให้คำแนะนำเมนูเฉพาะบุคคลเพื่อช่วยลดระดับน้ำตาลในเลือดและควบคุมโรคเบาหวานได้ดียิ่งขึ้น อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบฐานข้อมูลจากกลุ่มผู้เชี่ยวชาญทางด้านซอฟต์แวร์และกลุ่มผู้ใช้งาน พบว่ากลุ่มผู้เชี่ยวชาญประเมินว่าระบบมีความสามารถในการตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้งาน และมีความถูกต้องและน่าเชื่อถืออยู่ในระดับมากที่สุด ซึ่งเป็นประเด็นที่ได้รับคะแนนเฉลี่ยสูงสุด สะท้อนให้เห็นว่าระบบได้รับการออกแบบและพัฒนาโดยยึดหลักการที่เน้นความสอดคล้องกับความต้องการของผู้ใช้ รวมถึงมีการกำหนดกลไกและโครงสร้างข้อมูลที่มีประสิทธิภาพและมีความแม่นยำสูง ในส่วนของกลุ่มผู้ใช้งานทั่วไป ผลการประเมินประสิทธิภาพอยู่ในระดับมากทุกประเด็น โดยเฉพาะในด้านความสะดวกในการใช้งาน และลำดับขั้นตอนที่ไม่ซับซ้อน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าระบบสามารถรองรับการใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพในบริบทของผู้ใช้ที่มีระดับความรู้ความสามารถที่หลากหลาย อย่างไรก็ตาม ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ปรากฏในกลุ่มผู้ใช้งานมีค่าสูงกว่ากลุ่มผู้เชี่ยวชาญ สะท้อนถึงความหลากหลายของความคิดเห็นซึ่งอาจเกิดจากประสบการณ์ในการใช้งานระบบที่แตกต่างกันของผู้ใช้แต่ละราย

3. ความพึงพอใจต่อการใช้งานระบบฐานข้อมูลอาหารและโภชนาการสำหรับผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานของผู้ใช้งานพบว่าผู้ใช้งานมีระดับความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุดในทุกประเด็นการประเมิน ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงศักยภาพของระบบในการตอบสนองความต้องการของผู้ใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ระบบสามารถให้ข้อมูลที่ครบถ้วน ชัดเจน และเป็นประโยชน์ต่อผู้ใช้งาน โดยเฉพาะผู้สูงอายุที่จำเป็นต้องเข้าถึงข้อมูลด้านโภชนาการอย่างถูกต้องและเหมาะสม

ผลการวิจัยครั้งนี้สอดคล้องกับการศึกษาของ ญาดา และคณะ (2567) ที่ได้พัฒนาเว็บแอปพลิเคชันสำหรับผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวาน ซึ่งพบว่าผู้ใช้งานมีความพึงพอใจในระดับสูงสุดต่อระบบ และระบบมีประสิทธิภาพพร้อมสำหรับการใช้งานในวงกว้างเช่นเดียวกัน ดังนั้น จึงสามารถกล่าวได้ว่าระบบฐานข้อมูลที่พัฒนาขึ้นในการวิจัยครั้งนี้สามารถตอบโจทย์การใช้งานของกลุ่มเป้าหมายได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งในด้านเนื้อหาที่เป็นประโยชน์ การใช้งานที่ง่าย และการเข้าถึงข้อมูลที่สำคัญได้อย่างสะดวก ส่งผลให้ผู้ใช้งานได้รับประสบการณ์ที่ดีจากการใช้งานระบบ และสามารถนำข้อมูลไปใช้ในการดูแลสุขภาพตนเองได้อย่างเหมาะสม

สรุปผลการวิจัย

การพัฒนาระบบฐานข้อมูลอาหารและโภชนาการสำหรับผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวาน ช่วยให้ผู้ใช้สามารถเข้าถึงข้อมูลอาหารและโภชนาการที่ถูกต้องและเหมาะสมกับสภาวะสุขภาพของตนเอง ระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถรองรับผู้ใช้ 3 กลุ่ม ได้แก่ ผู้ดูแลระบบ สมาชิก และบุคคลทั่วไป โดยมีฟังก์ชันหลัก เช่น การค้นหาตำรับอาหาร วางแผนการรับประทานอาหาร และให้คำแนะนำด้านอาหารและโภชนาการ ผลการประเมินพบว่าระบบมีประสิทธิภาพดีและได้รับความพึงพอใจในระดับดีมาก ซึ่งคาดว่าจะระบบนี้จะช่วยป้องกันโรค ลดอัตราการเกิดภาวะแทรกซ้อนจากโรคเบาหวาน ลดค่าใช้จ่ายด้านการรักษา และเพิ่มคุณภาพชีวิตของผู้ป่วยในระยะยาว

ข้อเสนอแนะ

1. ถึงแม้ว่าระบบฐานข้อมูลอาหารและโภชนาการสำหรับผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานที่พัฒนาขึ้นจะมีประสิทธิภาพและได้รับความพึงพอใจในระดับดีมาก แต่ยังคงขาดการพัฒนาทางด้านความปลอดภัยของข้อมูล โดยเฉพาะในด้านการเข้ารหัสข้อมูลและการจัดการสิทธิ์การเข้าถึงข้อมูลสุขภาพส่วนบุคคล ให้เป็นไปตามหลักการของพระราชบัญญัติคุ้มครองข้อมูลส่วนบุคคล (PDPA)
2. ควรขยายการศึกษาให้ครอบคลุมกลุ่มโรคอื่นๆ เพื่อรองรับผู้ใช้ที่หลากหลายยิ่งขึ้น และทำให้ระบบสามารถตอบสนองความต้องการของประชาชนได้อย่างครอบคลุมและมีประสิทธิภาพมากขึ้น
3. ควรพัฒนาความสามารถของระบบในการแนะนำเมนูอาหารอัตโนมัติ โดยใช้เทคโนโลยีทางด้านปัญญาประดิษฐ์ (AI) ซึ่งเป็นวิธีการที่ทันสมัยและได้รับความนิยมในปัจจุบัน
4. การศึกษาในครั้งนี้ได้พัฒนาระบบฐานข้อมูลโดยใช้ข้อมูลอาหารเฉพาะกลุ่ม คือ อาหารท้องถิ่นของจังหวัดเลย เท่านั้น ซึ่งยังไม่ครอบคลุมอาหารประเภทอื่นๆ ที่มีความหลากหลายในระดับภูมิภาคหรือระดับประเทศ ส่งผลให้ระบบอาจยังไม่สามารถรองรับความต้องการด้านโภชนาการของผู้ใช้งานในกลุ่มอื่นๆ ได้อย่างทั่วถึง ทั้งในด้านประเภทอาหาร ความนิยมในการบริโภค และข้อจำกัดด้านสุขภาพของแต่ละบุคคล ดังนั้น ข้อจำกัดดังกล่าวอาจส่งผลให้ผลการศึกษาในครั้งนี้ไม่สามารถสะท้อนภาพรวมของการใช้งานระบบในประชากรทั่วไปได้อย่างครบถ้วน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏเลย ที่ให้การสนับสนุนงบประมาณการวิจัยและอำนวยความสะดวกตลอดกระบวนการดำเนินงาน นอกจากนี้ ขอขอบคุณประชาชนและกลุ่มตัวอย่างทุกท่านที่ให้ความร่วมมือและสละเวลาในการเข้าร่วมการวิจัย จนทำให้การศึกษานี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- ญาดา เรียมริมมะดัน, วัลลภ ใจดี, และเอมอัสณา วัฒนบุรณนท. (2567). การพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดสำหรับผู้สูงอายุโรคเบาหวานชนิดที่ 2. **วารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี**, 19(2), 1-15.
- วลัญชยา เขตบำรุง, มะลิ โพธิพิมพ์, พงศ์ภัทร ภิญโญ, อารีย์ เชื้อเดช, ฉัตรทอง บุญยภัทรากุล, สมประสงค์ อึ้งวิจิตรอำไพ,... วงเดือน ประณีตพลกรัง. (2563). การพัฒนาตำรับอาหารท้องถิ่นที่เหมาะสมโดยการมีส่วนร่วมสำหรับผู้ป่วยโรคเบาหวานและความดันโลหิตสูงอำเภอสีคิ้ว จังหวัดนครราชสีมา. **วารสารวิจัยและพัฒนาด้านสุขภาพ สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดนครราชสีมา**, 6(1), 77-89.
- ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร กระทรวงสาธารณสุข. (2567). **ระบบคลังข้อมูลสุขภาพ (Health Data Center: HDC)**. ค้นจาก https://hdcservice.moph.go.th/hdc/reports/report.php?&cat_id=6a1fdf282fd28180eed7d1cfe0155e11&id=cefa42b9223ec4d1969c5ce18d762bdd&old=1
- อัจฉรา มินาสันติรักษ์, ชาลี ศิริพิทักษ์ชัยม และณัฐภูมิ สุริยะ. (2567). การพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันในการดูแลผู้ป่วยเบาหวานที่ควบคุมระดับน้ำตาลไม่ได้. **วารสารการพยาบาล สุขภาพ และการศึกษา**, 7(1), 1-14.
- โอภาส เอี่ยมสิริวงศ์. (255). **ระบบฐานข้อมูล (Database System)**. กรุงเทพฯ: บริษัทซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด.
- Ahmed, E., Oumer, M., and Hassan, M. (2025). Diabetes-focused food recommender system (DFRS) to enabling digital health. **PLOS Digit Health**. 4(2), e0000530. doi: 10.1371/journal.pdig.0000530
- Best, J. B., and Kahn, J. V. (2006). *Research in education* (10th Ed.). Boston, MA: Pearson Education Inc.
- Elyeli, K., Esmailzadeh, S., and Bebiş, H. (2024). Is Web-Based Diabetes Training Effective or Ineffective on the Quality of Life of Individuals with Type 2 Diabetes Mellitus?: A Systematic Review. **Journal of Medical Systems**, 48(1): 92. doi: 10.1007/s10916-024-02112-9
- GBD 2021 Diabetes Collaborators. (2023). Global, regional, and national burden of diabetes from 1990 to 2021, with projections of prevalence to 2050: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2021. **The Lancet**, 15;402(10397), 203-234. doi: 10.1016/S0140-6736(23)01301-6.
- Hossain, M. (2024). Software Development Life Cycle (SDLC) Methodologies for Information Systems Project Management. **International Journal For Multidisciplinary Research**, 5(5), 1-36. doi: 10.36948/ijfmr.2023.v05i05.6223
- Hossain, M. J., Al-Mamun, M., and Islam, M. R. (2023). Diabetes mellitus, the fastest growing global public health concern: Early detection should be focused. **Health Science Reports**, 7(3), e2004. doi: 10.1002/hsr.2.2004
- Jin, P., Wang, X., Li, A., Dong, H., and Ji, M. (2023). Time Perspective, Dietary Behavior, and Glycemic Control in Patients With Type 2 Diabetes. **Nursing Research**, 72(6), 462-470. doi: 10.1097/NNR.0000000000000689
- Lo, Y. F., Fernandi, F., Saputri, H. A., and Sari, A. C. (2024). Optimizing the Use of Technology in Efforts to Improve Public Health, Especially with Appropriate Food Calorie Intake. **Procedia Computer Science**, 245, 419-428. doi: 10.1016/j.procs.2024.10.268
- Meenasantirak, A., Siripitakchai, C., and Suriya, N. (2025). A Feasibility Study of a Web Application Intervention for Persons With Uncontrolled Diabetes. **Health Promotion Journal of Australia**, 36(2), e70020. doi: 10.1002/hpja.70020

The Lancet. (2023). Diabetes: a defining disease of the 21st century. **The Lancet**, 401(10394), 2087.

doi: 10.1016/S0140-6736(23)01296-5

Wu, Y., Zhang, J., Ge, P., Duan, T., Zhou, J., Wu, Y., Zhang, Y., Liu, S., Liu, X., Wan, E., and Sun, X. (2024).

Application of Chatbots to Help Patients Self-Manage Diabetes: Systematic Review and Meta-Analysis. **Journal of Medical Internet Research**, 26, e60380. doi: 10.2196/60380



Journal of Science,
Engineering and Technology
LOEI RAJABHAT UNIVERSITY