

วารสารวิทยาศาสตร์
วิศวกรรมศาสตร์ และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย

JSET
LRU

ปีที่ 4 ฉบับที่ 1 (2024) : มกราคม - มิถุนายน 2567

Journal of Science,
Engineering and Technology
LOEI RAJABHAT UNIVERSITY

ปี



ครบรอบ ๕๐ ปี มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย

มรภ.เลย

✦ ISSN : 2773-9856 (Online)

วัตถุประสงค์

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

เจ้าของ

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย

คณะกรรมการอำนวยการ

- | | |
|--|--------------------------------------|
| 1. รองศาสตราจารย์สมเจตน์ ดวงพิทักษ์ | อธิการบดีมหาวิทยาลัยราชภัฏเลย |
| 2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุพรรณิ พฤกษา | รองอธิการบดีฝ่ายวิจัยและประกันคุณภาพ |
| 3. ดร.สัญญา เกียรติทรงชัย | ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา |
| 4. ผู้ช่วยศาสตราจารย์จารุวัลย์ รักษมณี | คณบดีคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี |
| 5. รองศาสตราจารย์ศักดิ์ชาย พวงจันทร์ | คณบดีคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม |

กองบรรณาธิการ

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

ผู้ทรงคุณวุฒิประจำกองบรรณาธิการ

- | | |
|--|---------------------------------------|
| 1. ศาสตราจารย์ ดร.พิเชษฐ ลิ้มสุวรรณ | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี |
| 2. ศาสตราจารย์ ดร.ปิยะ ไควน์ท้าววัฒน์ | มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม |
| 3. ศาสตราจารย์ ดร.สมชาย ปิ่นล่อ | มหาวิทยาลัยขอนแก่น |
| 4. รองศาสตราจารย์ ดร.ณกรณ์ จงรังกลาง | มหาวิทยาลัยขอนแก่น |
| 5. รองศาสตราจารย์ ดร.รัชดาภรณ์ เบญจพัฒนานนท์ | มหาวิทยาลัยขอนแก่น |
| 6. รองศาสตราจารย์ ดร.ไวพจน์ งามสะอาด | มหาวิทยาลัยพะเยา |
| 7. รองศาสตราจารย์ ดร.ขวัญเรือน นาคสุวรรณกุล | มหาวิทยาลัยมหาสารคาม |

8. รองศาสตราจารย์ ดร.ชาติไทย แก้วทอง มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
9. รองศาสตราจารย์ ดร.เทียมหทัย ชูพันธ์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา
10. รองศาสตราจารย์ ดร.สว ฐิติผา มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
11. รองศาสตราจารย์ ดร.ธัญชัย บุญหนัก มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย
12. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประเมษฐ์ จันทร์เพ็ง มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
13. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชฎาพร เสนาคูณ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
14. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กมลฉัตร ตราชู มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
15. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิวดล กัญญาคำ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
16. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรพจน์ งามชมภู มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
17. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุธรรม ศิวาจุร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
18. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มงคล อิทธิพลิน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
19. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ฤทธิรงค์ จังโกฏี มหาวิทยาลัยขอนแก่น
20. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิริรัตน์ พัฒนไพโรจน์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
21. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รัตนฐาภัทร บุญเกิด มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
22. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรเชษฐ์ เกื้อนแก้วสิงห์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
23. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เกษม เนื้อแก้ว มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
24. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณภัทร อินทนนท์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
25. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศศิกันต์ คู่วัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
26. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปริญญา ศรีสัตยกุล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
27. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรชาติ บัวชุม มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม
28. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วัชร แลน้อย มหาวิทยาลัยพะเยา
29. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กรรณิการ์ ขำพึงสน มหาวิทยาลัยพะเยา
30. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรณัยภัค พิทักษ์พงษ์ มหาวิทยาลัยพะเยา
31. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นภา ราชตา มหาวิทยาลัยพะเยา
32. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กมลพร ปานง่อม มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ
33. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วุฒิชัย จริยา มหาวิทยาลัยนเรศวร
34. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมฤทัย ต้นมา มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย
35. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทิวากรณ์ ราชูธร มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา
36. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จตุพร หงส์ทองคำ มหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด
37. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภัทรนันท์ ทวดอาจ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์
38. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปรกณเกียรติ ภูทองพลอย มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย
39. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชรินทร์ญา หวังวัชรกุล มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย

- | | |
|--|--|
| 40. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รัตนา ขามฤทธิ์ | มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย |
| 41. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.คมยุทธ์ ไชยวงษ์ | มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย |
| 42. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เนตรนภา พงเพ็ชร | มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย |
| 43. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เกรียงศักดิ์ โยธากักดี | มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย |
| 44. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุภาวดี สำราญ | มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย |
| 45. ดร.ประภาส ผ่องสนาม | มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต |
| 46. ดร.แววฤดี แวทองรักษ์ | มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ |
| 47. ดร.ปกกมล เหล่ารักขวางษ์ | มหาวิทยาลัยขอนแก่น |
| 48. ดร.มานิตย์ ธิมาทา | มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์ |
| 49. ดร.นฤปวรรต์ พรหมมาวัย | มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี |
| 50. ดร.ทองปักษ์ ดอนประจำ | มหาวิทยาลัยขอนแก่น |
| 51. ดร.รุจาภา นันทโพธิ์เดช | มหาวิทยาลัยนครพนม |
| 52. ดร.จักรกฤษ เตโช | มหาวิทยาลัยแม่โจ้ |
| 53. ดร.อนุวัฒน์ จรัสรัตนไพบูลย์ | มหาวิทยาลัยแม่โจ้ |
| 54. ดร.พัทธเพ็ญ เพ็ญจำรัส | มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ |
| 55. ดร.วัชร เลขะวิพัฒน์ | มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ |
| 56. ดร.ชัยวิช ศรีบริวารพิทักษ์ | มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม |
| 57. ดร.เกรียงไกร นามนัย | มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม |
| 58. ดร.นิภาพร ชนะมาร | มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร |
| 59. ดร.ภัทรพงศ์ พงศ์ภัทรกานต์ | มหาวิทยาลัยนเรศวร |
| 60. ดร.คุณากร ชติศรี | มหาวิทยาลัยพะเยา |
| 61. ดร.วิไลลักษณ์ สุตวิไล | มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย |
| 62. ดร.มธุรส ชลามาตย์ | มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย |
| 63. ดร.สุไพลิน พิชัย | มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย |
| 64. ดร.ณัฐจิณา ทรัพย์บุญญากุล | มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย |
| 65. ดร.นรวัชรณ อยู่สำราญ | มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย |

เจ้าหน้าที่ประจำวารสาร

- | | |
|-------------------------------|-------------------------------|
| 1. นางสาวอชฎาภรณ์ หารคำแพง | เจ้าหน้าที่ประจำกองบรรณาธิการ |
| 2. นางสาวอัญชลีพร เนื่องมัจฉา | เจ้าหน้าที่ประจำกองบรรณาธิการ |
| 3. นางทัศนีย์ บุตรเพ็ง | เจ้าหน้าที่ประจำกองบรรณาธิการ |
| 4. นายชนาธิป สุธงชา | 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

บทความทุกบทความจะต้องผ่านการพิจารณาโดยผู้ทรงคุณวุฒิที่เกี่ยวข้องอย่างน้อย 2 ท่าน แบบผู้ทรงคุณวุฒิและ ผู้แต่ง ไม่ทราบชื่อกันและกัน (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

วารสารวิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย วารสารฉบับนี้เป็นวารสารปีที่ 4 ฉบับที่ 1 (มกราคม – มิถุนายน 2567) ได้จัดทำขึ้นโดย คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ร่วมกับคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม ซึ่งบทความในวารสารเป็นบทความที่ได้รับการประเมินโดยผู้ทรงคุณวุฒิทั้งจากภายในและภายนอกมหาวิทยาลัยราชภัฏเลย มีวัตถุประสงค์การจัดทำเพื่อเผยแพร่ผลงานทางวิชาการ เป็นสื่อกลางรายงานความก้าวหน้าทางวิจัย และแลกเปลี่ยนแนวความคิด ในการวิจัย การตีพิมพ์ฉบับนี้ กองบรรณาธิการได้พิจารณาบทความวิจัยลงตีพิมพ์เผยแพร่ จำนวน 5 บทความ

ในการนี้ กองบรรณาธิการวารสารวิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย ขอเชิญชวน นักวิจัย นักวิชาการ นิสิต นักศึกษา เครือข่าย หน่วยงานต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง ส่งบทความที่ดีมีประโยชน์เผยแพร่ต่อสาธารณชน ในการนำไปใช้ประโยชน์ทั้งทางวิชาการและพัฒนาต่อยอดต่อไป หากท่านใดประสงค์ที่จะเป็นสมาชิก สามารถสมัครได้ตามระเบียบการ ตีพิมพ์แนบท้ายวารสารนี้และเว็บไซต์ <https://ph02.tci-thaijo.org/index.php/JSET/>

บทความวิจัย

การยืนยันตัวตนสำหรับเว็บแอปพลิเคชันแบบพหุปัจจัย วุฒิพงษ์ พันธมนันท์ ¹ และ ชัยนันท์ สมพงษ์ ^{1*}	1-13
.....	
ระยะการออกดอกเป็นผลและการแพร่พันธุ์เมล็ดของพรรณไม้ในอุทยานสวรรค์ จังหวัดนครสวรรค์ สุภาวรรณ วงศ์คำจันทร์ ^{1*} ณัฐชัย นุชชม ² ดารณี กาญจนะ คัมสิน ³ และ ชลิตา การภักดี ¹	14-27
.....	
กระบวนการผลิตถ่านอัดแท่งจากวัสดุเหลือทิ้งในสวนยางพารา และการถ่ายทอดผ่านเทคโนโลยีอินโฟกราฟิก วิษชุดา ภาโสมี ¹ และ แพรตะวัน จารุตัน ^{2*}	28-43
.....	
การพัฒนากระบวนสารสนเทศเพื่อการจัดการกองทุนสหกรณ์ข้าว หมู่บ้านดอนขาว ตำบลช้างมิ่ง อำเภอพรรณานิคม จังหวัดสกลนคร นิภาพร ชนะมาร ¹ สุพจน์ หล่อกลิ่น ² วีระศักดิ์ เจริญรัตน์ ³ และ ปิยวรรณ โถปาสอน ^{4*}	44-55
.....	
การพัฒนาแอปพลิเคชันให้ความรู้การอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ และการปลูกไม้มีค่า ด้วย Glide Platform ณัฐธิดา บุตรพรม [*]	56-69
.....	

การยืนยันตัวตนสำหรับเว็บแอปพลิเคชันแบบพหุปัจจัย Two-factor Authentication for Web Application

วุฒิพงษ์ พันธุมนันท์¹ และ ชัยนันท์ สมพงษ์^{1*}

Vutthipong Puntumnunt¹ and Chaiyanan Sompong^{1*}

¹สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร จังหวัดสกลนคร 47000

¹Department of Computer, Faculty of Science and Technology, Sakon Nakhon Rajabhat University,
Sakon Nakhon Province, 47000

*Corresponding author E-mail: chaiyanan@snru.ac.th

Received 16 February 2024, Accepted 13 May 2024, Published 17 May 2024

บทคัดย่อ

การล็อกอินเข้าสู่ระบบเว็บแอปพลิเคชันด้วยวิธีการใช้รหัสผ่านเป็นวิธีที่พบเห็นทั่วไปในระบบสารสนเทศต่างๆ สำหรับเว็บแอปพลิเคชันที่ต่างกันการจำรหัสผ่านหลายรหัสในการเข้าสู่ระบบยังคงเป็นปัญหาที่เกิดขึ้นกับผู้ใช้ที่มีโอกาสในการลืมรหัสผ่านทำให้เกิดการปัญหามากมายจนนำไปสู่ช่อง นอกจากนี้การให้ผู้อื่นยืมรหัสผ่านจะทำให้เกิดปัญหาการถูกขโมยรหัสผ่านจากผู้ไม่ประสงค์ดี นับเป็นข้อโหว่สำคัญที่จะนำไปสู่การถูกโจมตีทางไซเบอร์ อย่างไรก็ตามนักพัฒนาระบบสารสนเทศได้นำการยืนยันตัวตนแบบพหุปัจจัยเข้ามาใช้เพื่อให้เกิดความปลอดภัยในการใช้มากขึ้น แต่ยังคงมีข้อจำกัดในด้านค่าใช้จ่ายและความสะดวกสบายในการใช้งาน ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างระบบการยืนยันตัวตนสำหรับเว็บแอปพลิเคชันแบบสองขั้นตอนด้วยคิวอาร์โค้ด โดยใช้เทคโนโลยีการยืนยันตัวตนแบบไม่มีการเก็บสถานะ (Stateless Authentication) ด้วยเทคโนโลยี JSON Web Token (JWT) ซึ่งออกแบบในการใช้ระบบสารสนเทศหรือเว็บแอปพลิเคชันสองขั้นตอนได้แก่ 1) การยืนยันตัวตนของผู้ใช้เพื่อรับ user_token และ 2) การเข้าสู่เว็บแอปพลิเคชันด้วยการสแกนคิวอาร์โค้ด ผลการทดสอบจำลองการใช้งานด้วยผู้ใช้งานจำนวน 30 ถึง 240 บัญชี พร้อมกันพบว่าประสิทธิภาพด้านเวลาในการตอบสนอง (Response Time) ที่เหมาะสมในการใช้งานรองรับผู้ใช้ที่ 90 บัญชี ที่เวลาเฉลี่ย 4 วินาที ในขณะที่ผู้ใช้ 240 บัญชีเข้าระบบพร้อมกันมีความเร็วเฉลี่ยประมาณ 8 วินาที ส่วนด้านประสิทธิภาพพบว่าได้รับการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญที่คะแนนเฉลี่ย 4.50 อยู่ในระดับมากที่สุด

คำสำคัญ: การให้ยืมรหัสผ่าน การยืนยันตัวตนแบบพหุปัจจัย การยืนยันตัวตนแบบไม่มีการเก็บสถานะ คิวอาร์โค้ด

ABSTRACT

Web application login based on password is commonly to apply in information system. For various applications, a numerous password memorization is still a problem for users that have a chance to forget a password. Moreover, a password lending cause a leak password that is stolen a password from a malicious person. It is a major cyber vulnerability that leads to a cyber attack. However, a researcher develop a multi

factor authentication to increase a security for application login. This approach is still a limitation of cost and comfortable using. Therefore, this research aims to develop the two-step authentication for web application. The proposed method applies a stateless authentication based on JSON Web Token (JWT) technology. It divides to two steps consisting of 1) user authentication to obtain a user_token and 2) web login using QR code scanning. The experiment result to simulate a scenario for 30-240 user accounts login simultaneously found that the performance of a response time is an average at 3-7 second in case of 240 user accounts, which depends on a network traffic. The performance assessment found that obtains a score at 4.53 that means excellent level.

Keywords: Password Lending, Multi-factor Authentication, Stateless Authentication, QR Code

บทนำ

การให้บริการระบบสารสนเทศผ่านเว็บแอปพลิเคชันส่วนใหญ่จำเป็นต้องมีการยืนยันตัวตนเพื่อเข้าใช้งานระบบ (Login) ซึ่งผู้ให้บริการนอกจากจะต้องคำนึงถึงความปลอดภัยของการเข้าถึงข้อมูลแล้วยังต้องมีความสะดวกต่อการใช้งาน โดยการยืนยันตัวตนที่นิยมใช้กันมากที่สุดคือการใช้ระบบรหัสผ่าน (Password) ซึ่งในฝั่งของแอปพลิเคชันรหัสผ่านจะถูกกระบวนการเข้ารหัส (Password encryption) ด้วยการเข้ารหัสในด้วยฟังก์ชันแฮช (Hash function) เช่น MD5, SHA-2, SHA-3 หรือ SHA256 ซึ่งเป็นการป้องกันการเปิดเผยรหัสผ่านจากการดักจับข้อมูลระหว่างการส่งข้อมูลไปยังเซิร์ฟเวอร์ยืนยันตัวตน ส่วนในฝั่งของผู้ใช้ (User) การยืนยันตัวตนด้วยการใช้รหัสผ่านในสถานการณ์จริงส่วนมากจะใช้หนึ่งรหัสผ่านต่อหนึ่งแอปพลิเคชัน ในทำนองเดียวกันถ้าผู้ใช้มีการใช้งานหลายแอปพลิเคชันจำเป็นต้องมีการยืนยันตัวตนด้วยรหัสผ่านหลายรหัส (Multi point authentication) (Chaimueng et al., 2012) ทำให้ผู้ใช้ต้องจำรหัสผ่านหลายชุด โดยทางปฏิบัติที่ง่ายที่สุดสำหรับผู้ใช้นั้น คือ การตั้งรหัสผ่านเหมือนกันทุกๆ แอปพลิเคชัน อีกทั้งยังพบว่ามีผู้ใช้หลายๆ ในการตั้งรหัสผ่าน เช่น “password”, “123456” หรือ “aaaaaa” เป็นต้น จากการศึกษากลุ่มคนอายุ 10-24 ปี (Titiakarawongse and Boonkrong, 2023) พบว่า กลุ่มคนเหล่านี้มีความตระหนักรู้มากขึ้นในการตั้งรหัสผ่าน ทั้งด้านวิธีการ ความซับซ้อน และความยาวของรหัสผ่าน ซึ่งมีโอกาสที่ผู้ใช้จะลืมหรหัสผ่านที่มีความยาวและซับซ้อน จนทำให้เกิดการบันทึกหรือรหัสผ่านลงบนกระดาษ หรือสื่อภายนอก จากปัญหาที่กล่าวมาข้างต้น เป็นการนำไปสู่การเกิดจุดอ่อนของระบบความปลอดภัยในการยืนยันตัวตน เช่น การเดารหัสผ่าน การแอบดูรหัสผ่าน การขโมยรหัสผ่านได้ หรือแม้กระทั่งการให้ยืมรหัสผ่านระหว่างกัน เป็นต้น

การแก้ไขปัญหาก็กล่าวมาข้างต้นมีแนวคิดในการจัดการปัญหาหลายชุดด้วยการยืนยันตัวตน ณ จุดเดียว (Single Sign-On: SSO) โดยการเข้าสู่ระบบครั้งเดียวด้วยรหัสผ่านชุดเดียว แล้วสามารถเข้าใช้ทรัพยากรต่างๆ ได้หลายแอปพลิเคชัน ซึ่งการใช้รหัสผ่านเพียงครั้งเดียวก็ยังคงมีความเสี่ยงต่อการรั่วไหลของรหัสผ่านในกรณีของการขโมย หรือแอบดูรหัสผ่าน (Shoulder Surfing) โดยที่ Sarawan (2018) นำเสนอการใช้รหัสผ่านเสมือนด้วยการเข้ารหัสของรหัสผ่านแบบตารางสุ่มอักษรก่อนการเข้าสู่ระบบเพื่อป้องกันการแอบดูจากผู้ไม่ประสงค์ดี แม้ว่าจะช่วยให้ผู้ใช้ได้ป้อนรหัสผ่านโดยไม่ต้องกังวลใจ แต่ก็ทำให้ผู้ใช้ต้องยุ่งยากในการถอดรหัสของตารางสุ่มอักษรในการป้อนรหัสผ่าน ดังนั้นจึงมีการนำเสนอวิธีการยืนยันตัวตนแบบพหุปัจจัย (Two-factor Authentication: 2FA) โดยใช้รหัสผ่านครั้งเดียว (One time Password: OTP) (Chaimueng, Puangpronpitag, and Pongsiri, 2012; Thumsiraruk and Puangpronpitag, 2015) เข้ามาเป็นปัจจัยที่สองในการยืนยันตัวตน นอกจากนี้ยังมีการนำเสนอการใช้ชีวมาตร (Biometric) (Thumsiraruk and Puangpronpitag, 2015; Sainui, Jankaew, and U-seng, 2021) การใช้ลายเซ็น

ดิจิทัล (Digital Signature) (Bunaramrueang and Kowpatanakit, 2023) หรือ การใช้อุปกรณ์ร่วม (Mutual Authentication) (Rukpakavong, Subsomboon, and Nilpanich, 2022) เป็นพหุปัจจัยในการเพิ่มความน่าเชื่อถือและความปลอดภัยของระบบ อีกทั้งให้ผู้ที่มีความสะดวกสบายไม่ต้องกังวลกับการโดนโจมตี แต่เทคโนโลยีที่กล่าวมาจะต้องมีการขอรับบริการกับผู้ให้บริการที่มาพร้อมกับค่าใช้จ่าย เช่น SMS, SSL, OTP Token หรือ Mobile Token

การยืนยันตัวตนแบบพหุปัจจัยได้รับความนิยมในการใช้งานอย่างแพร่หลาย เนื่องจากมีความน่าเชื่อถือกับระบบที่ต้องการความมั่นคงปลอดภัยสูง เช่น ระบบธนาคาร หรือระบบการชำระเงิน เป็นต้น ซึ่ง Vongsingthong et al. (2023) ได้มีการนำเสนอวิธีการนำ Biometric โดยใช้ใบหน้า (Face) ลายนิ้วมือ (Fingerprint) และม่านตา (Iris) เพื่อยืนยันตัวตนก่อนเข้าใช้ระบบ ขณะที่ Chaimueng et al. (2012) นำเสนอการใช้ 2FA สำหรับ SSO บนเทคโนโลยี LDAP โดยใช้ร่วมกับ OTP โดยการส่ง SMS ซึ่งผลการพัฒนาระบบดังกล่าวสามารถแก้ปัญหการรั่วไหลของรหัสผ่านได้ นอกจากนี้ Rukpakavong et al. (2022) ได้พัฒนาระบบการยืนยันตัวตนแบบใช้อุปกรณ์ร่วมกันกับระบบเครื่องกดเงินอัตโนมัติ (ATM) โดยการใช้โทรศัพท์มือถือยืนยันตัวตนในครั้งแรก และใช้การสแกนรหัสคิวอาร์ในการทำธุรกรรม จะเห็นได้ว่าการการยืนยันตัวตนแบบพหุปัจจัยมีความปลอดภัยกับปัญหการรั่วไหลของรหัสผ่าน

ระบบสารสนเทศในมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนครได้ดำเนินการพัฒนาระบบแบบเว็บแอปพลิเคชัน ซึ่งมีการนำมาใช้ร่วมกับทั้งนักศึกษาและบุคลากรหลากหลายระบบ เช่น ระบบงานทะเบียนนักศึกษา บุคลากร หรือระบบงานวิจัย เป็นต้น ทำให้พบปัญหาการใช้ระบบการยืนยันตัวตนที่ต้องใช้หลายรหัสผ่าน จนนำไปสู่ปัญหาดังที่กล่าวในข้างต้น ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้เสนอการพัฒนาระบบการยืนยันตัวตนแบบพหุปัจจัย โดยใช้วิธีการยืนยันตัวตนแบบไม่มีการเก็บสถานะ (Stateless Authentication) ด้วยเทคโนโลยี JSON Web Token หรือ JWT ซึ่งในขั้นแรกเป็นการยืนยันตัวตนของผู้ใช้เพื่อรับ user_token และเมื่อต้องการเข้าสู่เว็บไซต์หรือแอปพลิเคชันจะใช้คิวอาร์โค้ดในการเข้าสู่ระบบและจะใช้ user_token ขอรับสิทธิ์ในการเข้าสู่ระบบ เป็นขั้นที่สองและรับ web_token เพื่อนำไปใช้ในการเข้าถึงทรัพยากรของเว็บไซต์หรือแอปพลิเคชันต่อไป

การวิจัยนี้จะทำให้ผู้ใช้มีความสะดวกสบายมากขึ้นในการใช้งานระบบสารสนเทศ โดยลดการจำรหัสผ่าน และยากต่อการโดยขโมยและการเดารหัสผ่านมากขึ้น โดยใช้โทรศัพท์มือถือซึ่งนับได้ว่าเป็นอุปกรณ์ที่เป็นของเฉพาะตัวบุคคลนั้นๆ นอกจากนี้ระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถพัฒนาใช้กับระบบ SSO ให้ผู้ใช้สามารถเข้าถึงทรัพยากรสารสนเทศที่ต่างระบบกันในองค์กรด้วยโทรศัพท์มือถือเพียงเครื่องเดียวได้ แต่ยังคงความปลอดภัยในระบบสารสนเทศได้อีกด้วย

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. JSON Web Token (JWT)

JWT เป็นมาตรฐานอุตสาหกรรมแบบเปิด RFC 7519 (Jones, Bradley, and Sakimura, 2015) ที่ใช้ในการร้องขอการสื่อสารระหว่างกันบน URL โดยที่ JSON Object จะมีการเข้ารหัสข้อมูลด้วยลายเซ็นดิจิทัล (Digital Signature) ด้วยอัลกอริทึม SHA256 ซึ่งมีความปลอดภัยระดับสูง (Saetang and Boonkrong, 2017) ในการสื่อสารผ่านโปรโตคอล http อีกทั้งยังสามารถร้องขอให้มีการตรวจสอบลายเซ็นสำหรับการยืนยันตัวตนได้อีกด้วย โดยข้อมูล JSON ที่ถูกเข้ารหัสจะเรียกว่า Token โดยสามารถศึกษาได้จากเว็บไซต์ JWT.io ที่ให้บริการการเข้าและถอดรหัสสำหรับตรวจสอบ JWT โดยข้อความจำถูกเข้ารหัส (Encoded) ไปเป็น Token เมื่อนำ Token ไปทำการถอดรหัส (Decoded) จะได้ข้อมูลก่อนการเข้ารหัส ซึ่งแบ่งข้อมูล JSON เป็นสามส่วนได้แก่ 1) Header เป็นส่วนของการอธิบาย (Metadata) ข้อมูลของการสร้าง Token 2) ส่วนของข้อมูล (Payload) เป็นส่วนใช้ในการเก็บข้อมูลที่ต้องการ และ 3) Signature เป็นส่วนที่เก็บรหัสลับ (Secret key) ที่ใช้ในการเข้ารหัส Header และ Payload เข้าด้วยกัน จะสังเกตได้ว่าจะมีรหัสลับซึ่งใช้ในการเข้ารหัส ถ้าการถอดรหัสถูกต้องเว็บไซต์จะตรวจสอบการเข้ารหัสได้ว่า

Signature Verified ดังนั้น JWT จึงนิยมนำมาใช้ในการยืนยันตัวตนเนื่องจากมีความน่าเชื่อถือ และปลอดภัย อีกทั้งยังแก้ปัญหาของการสื่อสารระหว่างไคลเอนต์ (Client) และ เซิร์ฟเวอร์ (Server) ที่ฝั่งของ Server ต้องจดจำการร้องขอสิทธิ์การเข้าถึงทรัพยากรของ Server ซึ่งหน่วยความจำของ Server มีโอกาสเต็มได้ถ้ามีผู้ใช้จำนวนมาก

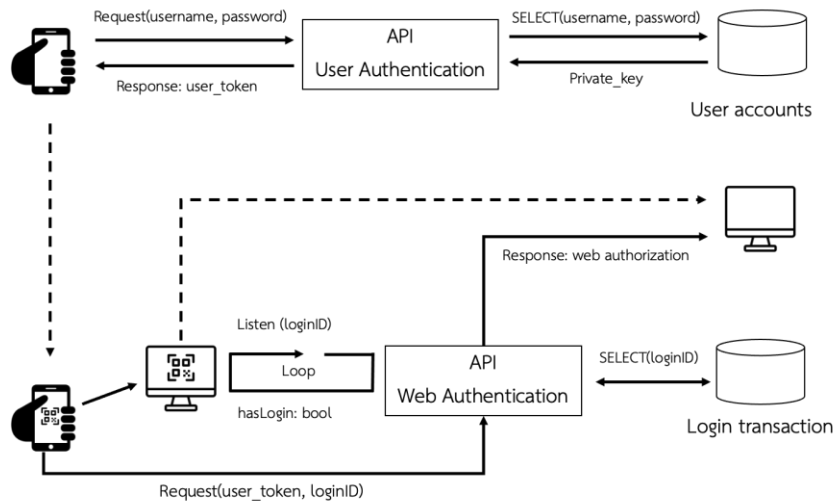
2. การยืนยันตัวตนแบบ Stateless (Stateless Authentication)

การพัฒนาแอปพลิเคชันจำเป็นจะระบุถึงตัวบุคคลที่กำลังใช้งาน ซึ่งโดยขั้นพื้นฐานผู้ใช้การยืนยันตัวตนด้วย username และ password บนแอปพลิเคชันฝั่ง Client หลังจากผู้ใช้ได้ยืนยันตัวตนแล้ว ระบบจะสร้าง Token ส่งกลับไปให้ Client เก็บไว้ เมื่อผู้ใช้ต้องการเข้าถึงทรัพยากรต่างๆ ของแอปพลิเคชัน Client จะส่ง Token ไปที่แอปพลิเคชันฝั่ง (Server) เพื่อขอรับการอนุญาต (Authorization) ซึ่งโดยวิธีการมาตรฐานทั่วไปจะมีการยืนยันตนสองแบบ ได้แก่ มีการเก็บสถานะ (Stateful) และ ไม่มีการเก็บสถานะ (Stateless) (Mitchell, 2013) โดยวิธี Stateful หลังจากยืนยันตัวตนแล้ว Server จะสร้าง Session ลงในหน่วยความจำเพื่อจดจำผู้ใช้ที่เข้าสู่ระบบ และจะส่ง Token ซึ่งอาจเป็น Cookies กลับมาที่ Client เพื่อใช้ในการร้องขอทรัพยากรของแอปพลิเคชันต่อไป ขณะที่วิธี Stateless ฝั่งของ Server จะไม่มีการจดจำการเข้าสู่ระบบ แต่จะมีมิดเดิลแวร์ (Middleware) ขึ้นกลางทำหน้าที่การสร้าง Token พร้อมการเข้ารหัสด้วยคีย์สาธารณะ (Public key) ในรูปแบบ JWT ส่งกลับไปให้ Client เก็บไว้ เมื่อมีการร้องขอ (Request) ทรัพยากรของแอปพลิเคชัน Client จะส่งคำขอพร้อม Token ไปตรวจสอบที่ Middleware หากได้รับอนุญาตจึงจะสามารถเข้าถึงทรัพยากรต่างๆ ได้

การทำให้สถานะของการยืนยันตัวตนที่ผ่านมามีความพยายามทำให้มีขนาดเล็กลงเพื่อให้ Server รองรับผู้ใช้งานมาก (Aura and Nikander, 1997) อย่างไรก็ตามเทคโนโลยีในปัจจุบันไม่ได้จำกัดการทำงานกันเพียงระบบ Client-Server โดยเฉพาะเทคโนโลยีเว็บเซอร์วิส (Web services) ซึ่งมีการพัฒนาระบบที่รองรับการสื่อสารขนาดเบา เช่น REST (Representation state transfer) หรือ SOAP (Simple Object Access Protocol) (Lee, Jo, and Kim, 2018) ทำให้มีการใช้การยืนยันตัวตนบนพื้นฐานของ Token ที่มีการเข้ารหัสใช้งานอย่างกว้างขวาง โดยเฉพาะ JWT ได้ถูกนำมาใช้ในการทำการยืนยันตัวตนแบบ Stateless ซึ่งสามารถใช้ได้กับแอปพลิเคชันหลายแพลตฟอร์ม และรองรับกับการขยายระบบผู้ใช้งานจำนวนมาก แต่ก็มีข้อเสียคือต้องมีการตรวจสอบสิทธิ์ทุกครั้ง ซึ่งทำให้ทำงานช้ากว่าการยืนยันตัวตนแบบ Stateful ที่สถานะของ Client ถูกบันทึกไว้ใน Session ของ Server อย่างไรก็ตามแอปพลิเคชันในปัจจุบันมีหลากหลายแพลตฟอร์ม เช่น เว็บแอปพลิเคชัน (Web Application) ไอโอที (IoT) หรือโมบายแอปพลิเคชัน (Mobile Application) ที่ถูกแบ่งการทำงานเป็นส่วนหน้าบ้าน (Front-end) และส่วนหลังบ้าน (Back-end) การใช้การยืนยันตัวตนแบบ Stateful จึงไม่เหมาะสมกับงานดังกล่าว (Lee, Jo, and Kim, 2018; Rahmatullo, Aldya, and Arifin, 2019) ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงเลือกใช้การยืนยันตัวตนแบบ Stateless เป็นพื้นฐานของการระบบการยืนยันตัวตนสองขั้นตอนด้วยคิวอาร์โค้ด

วิธีการวิจัย

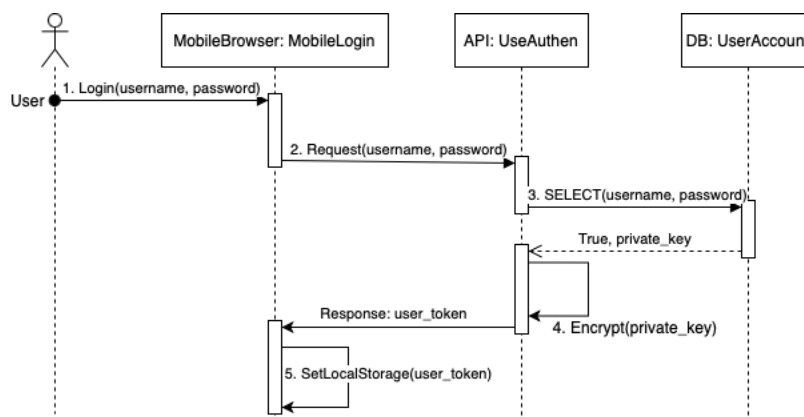
การออกแบบระบบการยืนยันตัวตนสองขั้นตอนด้วยคิวอาร์โค้ด แบ่งออกเป็นสองส่วนคือ 1) การยืนยันตัวตนของผู้ใช้งาน และ 2) การยืนยันตัวตนและการอนุญาตสิทธิ์การเข้าเว็บไซต์ แสดงภาพรวมของระบบได้ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ภาพรวมของระบบการยืนยันตัวตนสองขั้นตอนด้วยคิวอาร์โค้ด

1. การออกแบบการยืนยันตัวตนผู้ใช้ (User Authentication Design)

การยืนยันตัวตนผู้ใช้คือการใช้กระบวนการเข้าสู่ระบบ (1. Login(username, password)) ของผู้ใช้ผ่านอุปกรณ์เคลื่อนที่บนโปรแกรมเบราว์เซอร์ของอุปกรณ์ (MobileBrowser) ซึ่งในงานวิจัยนี้ใช้วิธีการยืนยันตัวตนแบบ Stateless Authentication (2. Request(username, password)) จากนั้นระบุตัวตนด้วยรหัสผู้ใช้และรหัสผ่านจากฐานข้อมูล (3. SELECT(username and password)) เพื่อขอรับกุญแจส่วนตัว (Private Key) ของผู้ใช้เพื่อนำไปเข้ารหัสข้อมูลแบบ SHA256 (4. Encrypt(private_key)) และส่งข้อมูลกลับให้ผู้ใช้เป็น user_token ตามมาตรฐาน JWT โดย user_token จะถูกจัดเก็บไว้หน่วยความจำภายใน (5. setLocal Storage(user_token)) ของ MobileBrowser โดยการทำงานของขั้นตอนนี้แสดงในแผนภาพลำดับ (Sequence Diagram) ในภาพที่ 2



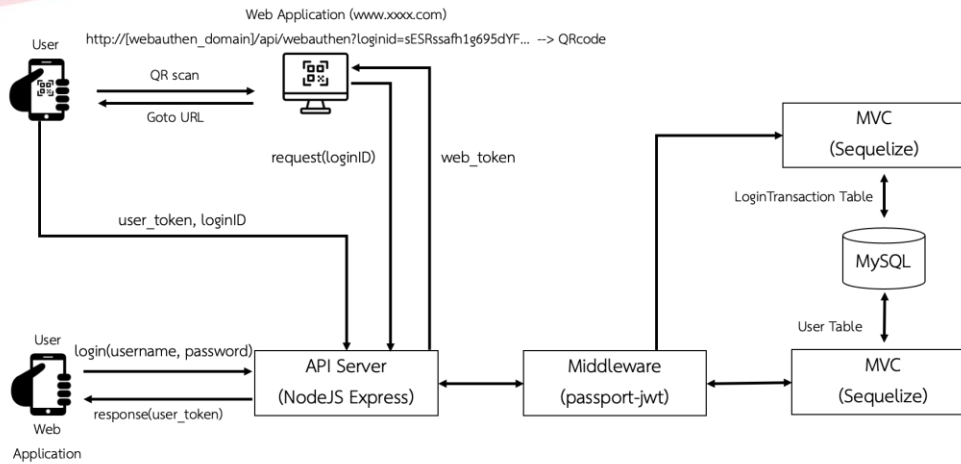
ภาพที่ 2 แผนภาพลำดับการทำงานของระบบการยืนยันตัวตนผู้ใช้

ภาพที่ 3 แผนภาพลำดับการทำงานของกรยืนยันตัวตนตัวตนและการอนุญาตบนเว็บไซต์

2. การออกแบบการยืนยันตัวตนและการอนุญาตบนเว็บไซต์ (Web Authentication and Authorization Design)

ในขั้นตอนนี้ผู้ใช้จะส่งข้อมูลจากอุปกรณ์เคลื่อนที่ในการสแกนรหัสคิวอาร์ที่หน้าเว็บไซต์ที่ต้องการล็อกอิน (ClientBrowser) โดยที่รหัสคิวอาร์ดังกล่าวเป็นการสุ่มค่า loginID จำนวน 30 ตัวอักษร (1. OpenMobile(loginID)) และอุปกรณ์ดังกล่าวต้องทำการยืนยันตัวตนผู้ใช้และได้รับ user_token จากขั้นตอนก่อนหน้า ในขณะเดียวกัน ClientBrowser จะทำการร้องขอว่า loginID นี้มีการดำเนินการหรือยัง (2. Listen(loginID)) ซึ่งจะทำให้การร้องขอทุก ๆ 2 วินาที จนกระทั่งมีการดำเนินการยืนยันและอนุญาตแล้วจึงหยุดการร้องขอ จากนั้นจะทำการเปิดหน้าเว็บไซต์พร้อมส่ง loginID และ user_token (3. WebLogin(loginID, user token)) ไปยัง API เพื่อตรวจสอบการได้รับอนุญาตของผู้ใช้ (4. UserAuthorization(user token))

กระบวนการถัดมาหลังจากการตรวจสอบผู้ใช้ ถ้าผู้ใช้ได้รับอนุญาต (5a. Authorized: true) จะทำการเพิ่มข้อมูลการล็อกอินลงในฐานข้อมูล LoginTransaction (6. INSERT (loginID, username)) ถ้าไม่ได้รับอนุญาตระบบจะปฏิเสธการร้องขอ (5b. Response ({"status": "Login Fail"})) และระหว่างที่ ClientBrowser ร้องขอการดำเนินการ ถ้าพบว่ามีข้อมูลการล็อกอินด้วย loginID จากการสแกน (7. HasLogin: true) จะมีการสร้าง JWT โดยการเข้ารหัสด้วยกุญแจลับ (8. Encrypt (Secret Key)) แล้วจะส่ง web_token (9. Response: web_token) กลับพร้อมบันทึก web_token (10. setLocalStorage (web_token)) ลงหน่วยความจำของ ClientBrowser เพื่อไปใช้ในการขออนุญาตในการเข้าใช้เว็บไซต์ต่อไป โดยขั้นตอนทั้งหมดอธิบายดังภาพที่ 3



ภาพที่ 4 ภาพรวมของการบวนการพัฒนาระบบ

3. กระบวนการในการพัฒนาระบบยืนยันตัวตน

การพัฒนาระบบการยืนยันตัวตนแบบพหุปัจจัยแบ่งออกเป็นการพัฒนา 2 ส่วนได้แก่ ระบบยืนยันตัวตนผู้ใช้ และระบบยืนยันตัวตนและการอนุญาตบนเว็บไซต์ โดยในภาพที่ 4 แสดงขั้นตอนการการพัฒนามีรายละเอียดดังนี้

3.1 การพัฒนาระบบยืนยันตัวตนผู้ใช้ ผู้วิจัยใช้ NodeJS เป็นภาษาในการพัฒนาโปรแกรม โดยมีไลบรารี Express สำหรับสร้าง API และใช้ฐานข้อมูล MySQL โดยมีรายละเอียดดังนี้

- 1) พัฒนาระบบส่วนหน้าบ้าน (Front-end) แบบ Web Application สำหรับการเข้าสู่ระบบ
- 2) พัฒนาระบบ API ด้วย NodeJS Express เป็นหลังบ้าน (Back-end) เพื่อติดต่อโปรแกรมฝั่งผู้ใช้ในข้อ 1)
- 3) พัฒนาระบบส่วนติดต่อฐานข้อมูลแบบ MVC (Model View Controller) ด้วยไลบรารี Sequelize เพื่อเป็นการตรวจสอบบัญชีผู้ใช้ (login)
- 4) พัฒนาระบบมิดเดิลแวร์ (Middleware) สำหรับการตรวจสอบและอนุญาตให้เข้าถึงระบบฐานข้อมูลด้วยไลบรารี passport-JWT

3.2 การพัฒนาระบบยืนยันตัวตนและการอนุญาตบนเว็บไซต์ เป็นส่วนของระบบการ login ของระบบสารสนเทศที่ต้องการใช้ระบบการยืนยันตัวตนแบบพหุปัจจัย โดยมีขั้นตอนดังนี้

- 1) พัฒนาระบบ Web Application ที่มีการยืนยันตัวตนแบบพหุปัจจัย โดยหน้า login ให้มีการสร้างรหัส loginID ด้วยการสุ่มตัวอักษรภาษาอังกฤษและตัวเลข จำนวน 30 หลัก เช่น sESRssafh1g695dYF... และให้ส่งไปยัง API ที่ทำการ login เช่น [http://\[webauthen_domain\]/api/webauthen?loginid=sESRssafh1g695dYF...](http://[webauthen_domain]/api/webauthen?loginid=sESRssafh1g695dYF...) จากนั้นนำ URL ที่ได้สร้างเป็นคิวอาร์โค้ด ในขณะเดียวกันก็ให้ Web Application ทำการร้องขอเพื่อรับ (GET) จาก LoginTransaction โดยให้มีการ GET ทุกๆ 2 วินาที
- 2) เมื่อผู้ใช้นำกล้องของโทรศัพท์มือถือสแกนคิวอาร์โค้ด จะเป็นการลิงก์ไปยัง URL (API) ในข้อ 1) พร้อมทั้งส่ง Token ที่ได้รับจากการ login ไปตรวจสอบสิทธิ์การได้รับอนุญาต
- 3) พัฒนาระบบมิดเดิลแวร์ (Middleware) เพื่อตรวจสอบการยืนยันตัวตนและการได้รับอนุญาตในการเข้าเว็บไซต์ด้วย passport-jwt จากข้อ 2) จะเป็นการตรวจสอบ Token ของผู้ใช้ (user_token)

4) พัฒนาระบบ LoginTransaction เพื่อเก็บสถานะการที่ผู้ใช้ login ในข้อ 1) ซึ่งจากข้อ 3) ถ้า user_token ได้รับอนุญาตจะมีการเพิ่มข้อมูลลงในฐานข้อมูล LoginTransaction

5) สอดคล้องกับข้อ 1) ถ้าการร้องขอ LoginTransaction ด้วย loginID และพบว่ามี LoginTransaction ที่เกิดขึ้นจากข้อ 4) ระบบมิดเดิลแวร์จะทำ web_login และสร้าง web_token ด้วยรหัสลับของผู้ใช้ ส่งกลับมายัง Web Application เพื่อนำไปใช้ในระบบ Web Application ต่อไป

4. การออกแบบการทดลองและการวัดประสิทธิภาพ

4.1 การออกแบบการทดลอง

ในงานวิจัยนี้จะทำการวัดประสิทธิภาพการตอบสนองต่อการสื่อสารกันระหว่างผู้ใช้และระบบ API ในการยืนยันตัวตนและการอนุญาตบนเว็บไซต์ โดยการจำลองสถานการณ์ผู้ใช้จำนวน 30 บัญชี ซึ่งจะทำให้การเข้าระบบใช้การเข้าสู่ระบบพร้อมกันเพื่อหาเวลาการตอบสนอง (Response Time) ของระบบ มีหน่วยเป็นมิลลิวินาที (ms) โดยทดสอบจำนวน 5 ครั้ง แล้วนำเวลาตอบสนองมาหาค่าเฉลี่ย จากนั้นทำการเพิ่มจำนวนการล็อกอินของผู้ใช้ครั้งละ 30 บัญชี จนถึง 240 บัญชี โดยในการทดลองสนใจเวลาการตอบสนองเป็น 3 ส่วนได้แก่

1) เวลาตอบสนองของการเข้าสู่ระบบของผู้ใช้ (User Login) หมายถึงเวลาตั้งแต่ผู้ใช้ส่ง username และ password เพื่อเข้าสู่ระบบจนถึงเวลาที่ผู้ใช้ได้รับ user_token กลับคืน

2) เวลาตอบสนองของการตรวจสอบการได้รับอนุญาต (User Authorization) หมายถึง เวลาตั้งแต่ผู้ใช้สแกนรหัส QR เพื่อล็อกอินเข้าสู่เว็บไซต์ จนถึงเวลาที่เพิ่มข้อมูล loginID ลงฐานข้อมูล LoginTransaction เรียบร้อย

3) เวลาตอบสนองการสแกนเข้าสู่ระบบของเว็บไซต์ (Web Login) หมายถึงเวลาตั้งแต่ผู้ใช้สแกนรหัส QR บนหน้าเว็บไซต์ จนถึงเวลาที่เว็บไซต์ได้รับ web_token กลับคืน

4.2 การวัดประสิทธิภาพ

การพัฒนาระบบยืนยันตัวตนสำหรับเว็บแอปพลิเคชันแบบสองขั้นตอนด้วยคิวอาร์โค้ดในงานวิจัยนี้ได้พัฒนาเป็นระบบต้นแบบโดยมีกลุ่มเป้าหมายคือ นักพัฒนาโปรแกรม และนักวิชาการคอมพิวเตอร์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร ที่มีหน้าที่ในการพัฒนาระบบสารสนเทศให้กับมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร จำนวน 6 คน แบบเจาะจง โดยมีการดำเนินการดังนี้

- 1) ติดตั้งระบบการยืนยันตัวตนแบบพหุปัจจัยบนเครื่องแม่ข่ายของมหาวิทยาลัย
- 2) ให้ผู้เชี่ยวชาญข้างต้นทดลองใช้ระบบต้นแบบที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้น
- 3) ให้ผู้เชี่ยวชาญพัฒนาระบบยืนยันตัวตนแบบพหุปัจจัยกับกรณีศึกษาของมหาวิทยาลัย

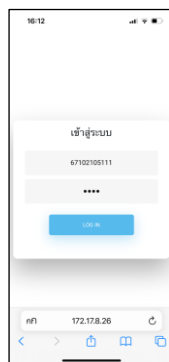
ในการนี้ทางผู้วิจัยได้ทำการวัดประสิทธิภาพของระบบ ได้แก่ 1) ด้านการออกแบบระบบ 2) ด้านการนำไปประยุกต์ใช้งาน 3) ด้านความเหมาะสมต่อผู้ใช้งาน โดยใช้เครื่องมือแบบสอบถามประเมินประสิทธิภาพของระบบ และวิเคราะห์ด้วยค่าสถิติ ได้แก่ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยนำผลที่ได้ไปเทียบกับเกณฑ์การประเมินของชูศรี วงศ์รัตน์ (2560) ใช้เกณฑ์เดียวกันทั้งการประเมินประสิทธิภาพและความพึงพอใจ ดังนี้

- 4.50-5.00 หมายถึง ระดับมากที่สุด
- 3.50-4.49 หมายถึง ระดับมาก
- 2.50-3.49 หมายถึง ระดับปานกลาง
- 1.50-2.49 หมายถึง ระดับน้อย
- 1.00-1.49 หมายถึง ระดับน้อยที่สุด

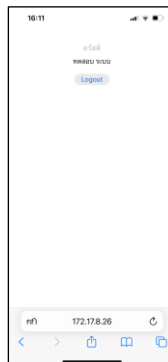
ผลการวิจัย

1. ผลการพัฒนาระบบยืนยันตัวตนผู้ใช้

การยืนยันตัวตนของผู้ใช้จะเกิดขึ้นกรณีที่ผู้ใช้อยู่ไม่เคยเข้าสู่ระบบมาก่อน ดังนั้นเมื่อผู้ใช้สแกนคิวอาร์โค้ดเพื่อเข้าสู่ระบบเว็บไซต์ ระบบจะเปิดมายังหน้าเข้าสู่ระบบของผู้ใช้ (User Login) ก่อน ดังภาพที่ 5(ก) เมื่อผู้ใช้ป้อนรหัสผู้ใช้ และรหัสผ่าน จะเป็น การยืนยันตัวตนในครั้งแรก หลังจากนั้นจะแสดงหน้าจอที่บอกถึงการยืนยันตัวตนเรียบร้อยแล้ว (ภาพที่ 5(ข)) แล้วระบบจะส่ง user_token กลับมาให้ผู้ใช้และบันทึกลงหน่วยความจำของเบราว์เซอร์ ดังภาพที่ 5(ค)



(ก)



(ข)

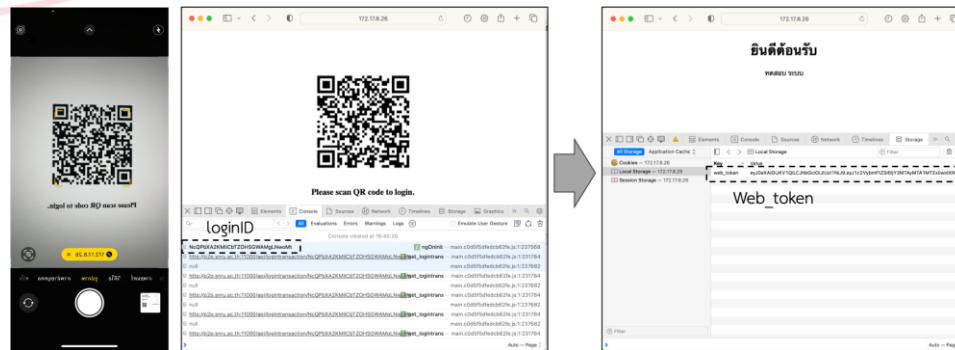
http://172.17.8.26	
Origin	http://172.17.8.26
Key	Value
user_token	eyJ0eXAiOiJKV1QiLCJhbGciOiJIUzI1NiJ9.eyJ1c2VybmFtZSI6IjY3MTAyMTA1MTExIiwiaWF0Ij0i
1	eyJ0eXAiOiJKV1QiLCJhbGciOiJIUzI1NiJ9.eyJ1c2VybmFtZSI6IjY3MTAyMTA1MTExIiwiaWF0Ij0i

(ค)

ภาพที่ 5 ตัวอย่างหน้าจอ User Login (ก) หน้าสำหรับผู้ใช้ออกอิน (ข) หน้าจอเมื่อล็อกอินสำเร็จ และ (ค) ผู้ใช้ได้รับ

2. ผลการพัฒนาระบบยืนยันตัวตนและการอนุญาตบนเว็บไซต์

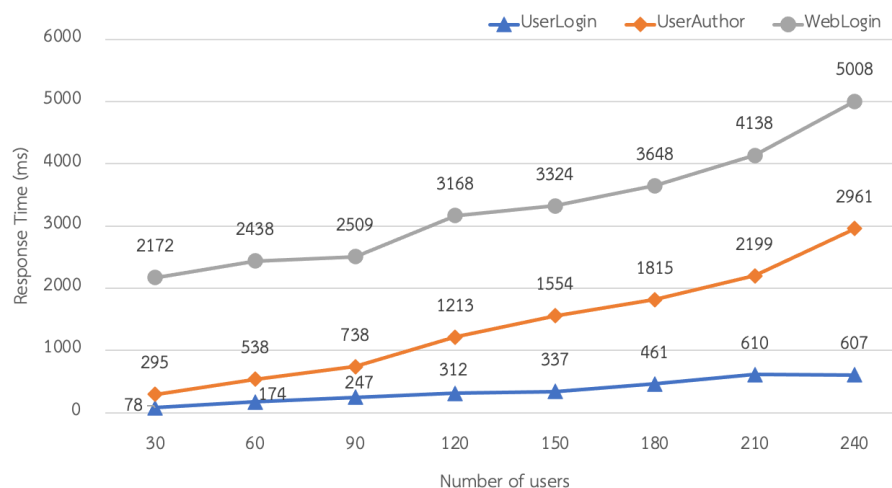
เมื่อผู้ใช้ทำการยืนยันตัวตนในขั้นแรกแล้วจะได้รับ user_token มาเก็บไว้ที่เครื่องแล้ว ผู้วิจัยได้จำลองเว็บไซต์โดยใช้ การล็อกอินแบบ Stateless โดยมีเพจแรกเป็นเพจสำหรับการล็อกอินแบบคิวอาร์โค้ด ดังภาพที่ 6 หลังจากนั้นผู้ใช้จะต้องทำการ ล็อกอินโดยใช้รหัสผ่านสแกนคิวอาร์โค้ดดังกล่าวซึ่งคิวอาร์โค้ดจะมีข้อมูล loginID จากนั้นฝั่งของผู้ใช้จะส่ง loginID พร้อมทั้ง user_token ไปยัง WebAuthn API เพื่อตรวจสอบการได้รับอนุญาต (Authorization) ของผู้ใช้ ถ้าผู้ใช้ได้รับอนุญาต ระบบจะ สร้าง web_token ส่งกลับมาให้เว็บไซต์ เพื่อนำไปใช้งานใช้ในเว็บไซต์ต่อไป



ภาพที่ 6 ตัวอย่างการเข้าสู่ระบบโดยด้วยคิวอาร์โค้ด

3. ผลการทดสอบระบบ

3.1 การทดสอบเพื่อหาค่าเวลาตอบสนองของระบบ ภาพที่ 7 แสดงถึงเวลาตอบสนองเฉลี่ยของหนึ่งบัญชีมีหน่วยเป็นมิลิวินาที จากภาพเป็นผลเฉลี่ยของการทดสอบจำนวน 5 ครั้ง โดยมีการล็อกอิน 30 ถึง 240 บัญชี ผลที่ได้แสดงให้เห็นเวลาของการทำ User Login จะใช้เวลาน้อยที่สุด โดยเฉลี่ยหนึ่งบัญชีไม่เกิน 1 วินาที เนื่องจากขั้นตอนนี้ระบบทำงานเพียงแค่หน้าทีเดียว คือ การล็อกอินแล้วสร้าง user_token ส่งกลับ ในขณะที่ของ User Authorization จะมีการทำงานหลายขั้นตอนมากกว่า ได้แก่ การตรวจสอบสิทธิผู้ใช้ และการเพิ่มข้อมูล loginID ลงฐานข้อมูล โดยเวลาที่ใช้ได้จะสังเกตได้ว่าเมื่อมีผู้ใช้งานขึ้น เวลาตอบสนองมีแนวโน้มการเติบโตแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล (Exponential) ในทำนองเดียวกันกับเวลาตอบสนองของ Web Login จะเห็นได้ว่าใช้เวลาตอบสนองนานที่สุดเนื่องจากระบบออกแบบไว้ให้รอ เพื่อสอบถาม loginID (Linster(loginID)) จากฐานข้อมูล LoginTransaction ทุกๆ 2 วินาที ทำให้อัตราการเติบโตของเวลาตอบสนองเพิ่มมากขึ้นเช่นเดียวกับการทำ User Authorization



ภาพที่ 7 ผลการทดสอบเวลาตอบสนอง (Response Time) ของระบบ

4. ผลประเมินประสิทธิภาพ

ผลการประเมินจากแบบสอบถามจากผู้เชี่ยวชาญซึ่งเป็นโปรแกรมเมอร์และมีหน้าที่ในการพัฒนาระบบสารสนเทศให้กับมหาวิทยาลัย จำนวน 6 คน โดยการประเมินประสิทธิภาพของระบบระบบยืนยันตัวตนสำหรับเว็บแอปพลิเคชันแบบพหุปัจจัยได้ผลการประเมินดังตารางที่ 1 ซึ่งในด้านการออกแบบระบบ ประเมินเกี่ยวกับความเข้าใจ ประสิทธิภาพของการนำไปใช้จริง และความปลอดภัยของระบบ พบว่ามีผลคะแนนเฉลี่ยที่ 4.44 คะแนน อยู่ในระดับมาก ในด้านที่ส่งการนำไปประยุกต์ใช้งาน ซึ่งเกี่ยวกับความเหมาะสม และความยาก-ง่าย ต่อนักพัฒนาระบบสารสนเทศนำไปปรับใช้กับงานจริง พบว่ามีผลคะแนนที่ 4.38 คะแนน อยู่ในระดับมาก และด้านความเหมาะสมต่อผู้ใช้งานสอบถามเกี่ยวกับความเห็นของผู้เชี่ยวชาญว่าเมื่อมีการนำระบบที่พัฒนาขึ้นไปใช้จริงจะมีความเหมาะสมหรือความสะดวกสบายต่อผู้ใช้งานเพียงใด ผลการประเมินพบว่ามีคะแนนเฉลี่ยที่ 4.67 คะแนน อยู่ในระดับมากที่สุด ซึ่งประสิทธิภาพโดยรวมที่ระดับคะแนน 4.50 อยู่ในระดับมากที่สุด

5. การวิเคราะห์และการอภิปรายผลการทดลอง

การทดสอบประสิทธิภาพของระบบที่พัฒนาขึ้นได้จำลองสถานการณ์ให้มีการใช้งานของผู้ใช้พร้อมกันซึ่งอาจเกิดขึ้นได้จำนวนมากภายในช่วงเวลาหนึ่ง ซึ่งทางผู้วิจัยได้การทดสอบระบบโดยใช้การเขียนโปรแกรมด้วยภาษา JavaScript ที่ทำงานแบบ Synchronous โดนแต่ละคำสั่งในการเรียกใช้ API ไม่ต้องรอให้เสร็จแต่จะทำไปพร้อมๆ กัน ดังนั้นในการทดสอบผู้ใช้ในการใช้งานระบบจึงมีความใกล้เคียงกับสถานการณ์จริงมากที่สุด โดยผลทดสอบเป็นเวลาเฉลี่ยต่อ 1 ผู้ใช้ ซึ่งจะเห็นได้ว่าเวลาตอบสนองจะเพิ่มตามจำนวนผู้ใช้ที่เข้าระบบพร้อมๆ กัน จากภาพที่ 7 จะเห็นได้ว่ากราฟทั้ง 3 เส้น หลังจากผู้ใช้ที่มากกว่า 90 บัญชี จะมีแนวโน้มเติบโตแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล ผู้วิจัยจึงวิเคราะห์ได้ว่าระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถรองรับผู้ใช้ที่เหมาะสมได้ถึง 90 บัญชีพร้อมๆ กัน โดยใช้เวลาเฉลี่ยต่อ 1 ผู้ใช้ ในทั้ง 3 ขั้นตอนประมาณ 4 วินาที

การประเมินประสิทธิภาพของระบบที่พัฒนาขึ้นโดยการให้ผู้เชี่ยวชาญทั้ง 6 คน ได้ทดลองใช้ระบบต้นแบบ อีกทั้งได้ประยุกต์ใช้ระบบการยืนยันตัวตนแบบพหุปัจจัยที่พัฒนาขึ้นเพื่อนำไปใช้กับระบบสารสนเทศของมหาวิทยาลัย ซึ่งผลที่ได้จะเห็นได้ว่าน่าจะแก้ปัญหาของการต้องจำรหัสผ่านหลายรหัสที่มีความเหมาะสมต่อผู้ใช้ถึง 4.67 คะแนน อยู่ในระดับมากที่สุด ขณะที่ความเห็นของการนำไปประยุกต์ใช้อยู่ที่ 4.38 คะแนน เนื่องจากวิธีการยืนยันตัวตนที่นำเสนออย่างเป็นวิธีการที่ยังไม่ได้นำมาใช้กับระบบสารสนเทศของมหาวิทยาลัย

ตารางที่ 1 ผลการประเมินประสิทธิภาพ

รายการประเมินประสิทธิภาพ	$\bar{x}$	SD	ผลการประเมิน
ด้านการออกแบบระบบ	4.44	0.49	มาก
ด้านการนำไปประยุกต์ใช้งาน	4.38	0.46	มาก
ด้านความเหมาะสมต่อผู้ใช้งาน	4.67	0.57	มากที่สุด
เฉลี่ย	4.50	0.51	มากที่สุด

สรุปผลการวิจัย

ระบบยืนยันตัวตนสำหรับเว็บแอปพลิเคชันแบบพหุปัจจัยที่พัฒนาพัฒนาขึ้น เป็นระบบที่ช่วยแก้ปัญหาผู้ใช้ของผู้ใช้ที่มักจะลืมรหัสผ่าน และป้องกันการขโมยรหัสผ่านเข้าระบบ โดยใช้โทรศัพท์มือถือซึ่งเป็นอุปกรณ์ส่วนบุคคลในการยืนยันตัวตนขั้นแรก และใช้การสแกนรหัส QR เพื่อล็อกอินเข้าสู่เว็บไซต์เป็นการยืนยันตัวตนขั้นที่สอง โดยผลของการทดสอบเวลาตอบสนองของระบบที่พัฒนาขึ้น แสดงให้เห็นถึงการรองรับปริมาณการใช้งานพร้อมๆ กันได้หลายคน แม้ว่าการทดสอบเพื่อหาเวลาในการตอบสนองของระบบจะขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น ความเร็วของอินเทอร์เน็ต สภาพการจราจรของระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ หรือฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ของระบบ API และ ระบบฐานข้อมูล เป็นต้น แต่ผลการทดสอบแสดงให้เห็นถึงแนวโน้มของความเร็วในการตอบสนองในการล็อกอินของผู้ใช้ได้พร้อมกันจำนวนมากๆ ในขณะที่ผลการประเมินจากแบบสอบถามที่สนใจกลุ่มของโปรแกรมเมอร์และนักพัฒนาระบบสารสนเทศของมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนครจำนวน 6 คน พบว่าประสิทธิภาพของการออกแบบและการเหมาะสมกับผู้ใช้งานในระดับมากที่สุด และประสิทธิภาพของการนำไปประยุกต์ใช้งานอยู่ในระดับมาก

ข้อเสนอแนะ

ระบบยืนยันตัวตนแบบสองขั้นตอนด้วยคิวอาร์โค้ดเพื่อใช้กับการล็อกอินเข้าสู่เว็บไซต์ยังคงมีข้อจำกัดในการที่หน้าเว็บไซต์ที่ต้องการล็อกอินจำเป็นต้องร้องขอ Login Transaction รอทุกๆ 2 วินาที อาจเป็นผลทำให้เกิดความหนาแน่นของการจราจรบนระบบเครือข่ายหากมีผู้ใช้จำนวนมากๆ ขณะรอเพื่อสแกนเข้าสู่ระบบ ผู้เชี่ยวชาญจึงมีข้อเสนอแนะให้มีการกำหนดเวลาของ loginID ซึ่งเมื่อหมดเวลาระบบจะหยุดร้องขอ Login Transaction และให้ผู้ใช้ขอ loginID ใหม่อีกครั้ง นอกจากนี้ในการนำไปใช้งานจริงในมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร มีแนวโน้มความเป็นไปได้ที่จะนำระบบนี้มาประยุกต์ใช้กับระบบสารสนเทศใหม่ๆ ของมหาวิทยาลัย เนื่องจากผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นสอดคล้องไปในเชิงบวก ซึ่งผู้วิจัยจะผลักดันให้มีการนำไปใช้งานจริงต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- ชูศรี วงศ์รัตน์. (2560). **เทคนิคการใช้ สถิติเพื่อการวิจัย**. กรุงเทพฯ: อมรรการพิมพ์.
- Aura, T., and Nikander, P. (1997). Stateless connections. *Lecture Notes in Computer Science*, 1334. Springer, Berlin, Heidelberg.
- Bunaramrueang, P., and Kowpatanakit, P. (2023). Digital identity and authentication. *Thammasa Law Journal*, 52(4), pp. 1035-1097.
- Chaimueng C., Puangpronpitag, S., and Pongsiri, V. (2012) Single point authentication by multiple factor authentication. *Journal of information science and technology*, 3(1), pp. 53-62.
- Jones, M., Bradley, J., and Sakimura, N. (2015). JSON Web Token (JWT). *RFC 7519*, DOI 10.17487/RFC7519.
- Lee, S., Jo, J. Y., and Kim, K. (2018). Authentication System for Stateless RESTful Web Service. *Journal of Computational Methods in Sciences and Engineering*, 17, pp. 1-14, DOI: 10.3233/JCM-160677.
- Mitchell, C. (2013). A Novel Stateless Authentication Protocol. *Lecture Notes in Computer Science*, vol 7028. Springer, Berlin, Heidelberg.

- Rahmatullo, A., Aldya, A. P., and Arifin, M. N. (2019). Stateless authentication with JSON Web Tokens using RSA-512 Algorithm. *INFOTEL*, 11(2), pp. 36-42, DOI: 10.20895/infotel.v11i2.427
- Rukpakavong, W., Subsomboon, K., and Nilpanich, S. (2022). Mutual authentication for cardless ATM withdrawal using location factor. *SNRU Journal of Science and Technology*, 14(2), pp. 1-8, DOI: <https://doi.org/10.55674/snrujst.v14i2.245396>
- Sainui, J., Jankaew, N., and U-seng, H. (2021). A prototype of seminar registration system using face authentication. *Journal of Applied Information Technology*, 7(2), pp. 40-50.
- Sarawan, K. (2018). Improving Web application security by virtual password Authentication. *TNI Journal of Engineering and Technology*, 6(1), pp. 19-23.
- Saetang, W., and Boonkrong, S. (2017). Effectiveness Analysis and hash function. *Journal of Food Health and Bioenvironment Science*, 10(2), pp. 81-94.
- Titiakarawongse, C., and Boonkrong, S. (2023). A Study of password management behaviors of young People. *Applied Science and Engineering Progress*, 16(4), pp. 1-16, DOI: 10.14416/j.asep.2023.01.001.
- Thumsiraruk, P., and Puangpronpitag, S. (2015). Problem analysis and security testing of one time password. *Technology*, (37)1, pp. 10-24.
- Vongsingthong, S., Paiboonsak, J., and Nakaresruengsak, S. (2023). Machine learning in biometric authentication. *Science and technology journal Mahasarakham university*, 42(4), pp 97-107.

ระยะการออกดอกเป็นผลและการแพร่พันธุ์เมล็ดของพรรณไม้ในอุทยานสวรรค์ จังหวัดนครสวรรค์

Flowering and Fruiting Period and Seed Dispersal of Plants in the Sawan Public Park, Nakhon Sawan Province

สุภาวรรณ วงศ์คำจันทร์^{1*} ณัฐชัย นุชชม² ดารณี กาญจนะ คุ่มสิน³ และ ชลิตา การภักดี¹

Suphawan Vongkamjan,^{1*} Nathachai Nuchchom,² Daranee Kanjana Khoomsin,³ and Charita Kanphakdee¹

¹สาขาวิชาชีววิทยาและเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์

จังหวัดนครสวรรค์ 60000

²ส่วนประสานโครงการพระราชดำริและกิจการพิเศษ สำนักบริหารพื้นที่อนุรักษ์ที่ 11

จังหวัดพิษณุโลก 65000

³โรงเรียนถาวรวินทยา ตำบลวัดสิงห์ อำเภอวัดสิงห์ จังหวัดชัยนาท 17120

¹ Program of Biology and Biotechnology, Faculty of Science and Technology, Nakhon Sawan Rajabhat University, Nakhon Sawan. 60000

²The Coordinative Section on Royal Projects, Protected Areas Regional Office 11, Phitsanulok. 65000

³Thaworn Vidthaya School, Wat Singha District, Chainat. 17120

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

Received 25 February 2024, Accepted 13 May 2024, Published 17 May 2024

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยเพื่อสำรวจพรรณไม้ในอุทยานสวรรค์ (หนองสมบุญ) ซึ่งมีเนื้อที่ทั้งหมด 316 ไร่ โดยการสำรวจบันทึกช่วงเวลาระยะออกดอกและเป็นผล ในช่วงเดือนกรกฎาคม 2564 - มิถุนายน 2565 ภายใต้สภาพภูมิอากาศที่มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 4.5 มิลลิเมตร อุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุด 34.2 และ 23.8 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิเฉลี่ยทั้งปี 29 องศาเซลเซียส ตามแนวทางเดินภายในอุทยานสวรรค์ รวมระยะทางประมาณ 3.3 กิโลเมตร พร้อมทั้งถ่ายรูป จดบันทึก และเก็บตัวอย่างพรรณไม้เพื่อจัดจำแนกและระบุชนิด ลักษณะวิสัย และการแพร่พันธุ์เมล็ด รวมทั้งวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางต้นไม้ที่มีขนาดใหญ่ที่สุด 3 ลำดับ ผลการศึกษาพบพรรณไม้ทั้งหมด 51 วงศ์ 121 สกุล 163 ชนิด แบ่งเป็นไม้ต้นมากที่สุด (100 ชนิด) รองลงมาคือ ไม้ต้นขนาดเล็ก (27 ชนิด) และไม้พุ่ม/ไม้ต้นขนาดเล็ก (13 ชนิด), ตามลำดับ โดยพรรณไม้ที่พบมากที่สุดคือวงศ์ถั่ว (Fabaceae) จำนวน 33 ชนิด 21 สกุล รองลงมาคือวงศ์เข็ม (Rubiaceae) จำนวน 9 ชนิด 7 สกุล และวงศ์แคหางค่าง (Bignoniaceae) จำนวน 8 ชนิด 6 สกุล ต้นไม้ที่เส้นผ่านศูนย์กลาง (DBH) มากที่สุด 3 อันดับ พบว่า ไทรย้อยใบแหลม (3.34 เมตร) และอีก 2 ต้น คือ ไทรย้อย (3.18 และ 2.86 เมตร) ตามลำดับ พบการแพร่พันธุ์เมล็ดโดยสัตว์มากที่สุด (96 ชนิด) รองลงมาคือลม (57 ชนิด) แรงดันจากการแตกของผล (7 ชนิด) และน้ำ (3 ชนิด) ตามลำดับ ผลการศึกษาระยะการออกดอก พบในช่วงฤดูร้อนมากที่สุด ในเดือนมีนาคม จำนวน 100 ชนิด รองมาเป็นช่วงฤดูหนาว ในเดือนกุมภาพันธ์ จำนวน 88 ชนิด และช่วงฤดูฝน ในเดือนกรกฎาคม จำนวน 55 ชนิด ในขณะที่

พบการเป็นผลในช่วงฤดูร้อนและช่วงฤดูฝน มากที่สุด ในเดือนเมษายน และเดือนกรกฎาคม (77 ชนิด) และช่วงฤดูหนาวน้อยที่สุดในเดือนกุมภาพันธ์ (64 ชนิด) ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาสามารถนำไปใช้สำหรับการวางแผนการอนุรักษ์และการปลูกจิตสำนึกในการอนุรักษ์ไม้ใหญ่ในเมืองและเพิ่มพื้นที่สีเขียวต่อไป

คำสำคัญ: ระยะออกดอก ระยะเป็นผล การแพร่พันธุ์เมล็ด นครสวรรค์

ABSTRACT

The objective of this research was to survey the plant diversity in the Sawan Public Park (Nong Somboon). It covers the area of 316 rai. The study involves recording the flowering and fruiting periods from July 2021 to June 2022, under the climatic conditions with an average rainfall of 4.5 millimeters, maximum and minimum temperatures of 34.2 and 23.8 degrees Celsius respectively, and an annual average temperature of 29 degrees Celsius, along the park's trails totaling approximately 3.3 kilometers. Furthermore, the research involves capturing photographs, taking notes, and gathering plant samples to categorize and recognize species, their habit, and seed dispersal methods. The study recognized a total of 51 families, 121 genera, and 163 plant species, with the majority being trees (100 species), followed by shrubby trees (27 species) and shrubs/shrubby trees (13 species). The most prevalent plant family discovered was Fabaceae, encompassing 21 genera and 33 species, followed by Rubiaceae with 7 genera and 9 species, and Bignoniaceae with 6 genera and 8 species. The tree largest diameter breast height (dbh) identified were the *Ficus benjamina* L. (3.34 meters) and *F. retusa* L. var. *retusa* (3.18 and 2.86 meters) respectively. Animal-mediated seed dispersal was predominant (96 species), followed by wind (57 species), explosive dehiscence (7 species), and water (3 species). Flowering was most common during the hot season, occurring in March, with 100 species, followed by the winter season, in February, with 88 species, and the rainy season, in July, with 55 species. Fruit-bearing was highest during the hot season and the rainy season in April and July, with 77 species, followed by the lowest during the cool season in February, with 64 species. The data acquired from the study for conservation planning and cultivate awareness in conserving large trees in the city and continue to increase the green area.

Keywords: Flowering Periods, Fruiting Periods, Seed Dispersal, Nakhon Sawan

บทนำ

อุทยานสวรรค์ (เดิมถูกเรียกว่า หนองสมบุญ แต่ปัจจุบันนิยมเรียกว่า หนองสมบุญ) เป็นสถานที่ที่เป็นจุดสังเกตที่สำคัญกลางเขตเทศบาลนครนครสวรรค์ ตั้งอยู่ประมาณละติจูดที่ 15°41'57.6" องศาเหนือ และลองจิจูด 100°7' 21" องศาตะวันออก และพื้นที่อยู่สูงจากระดับน้ำทะเล 30 เมตร ครอบคลุมพื้นที่ถึง 316 ไร่ แบ่งพื้นที่ที่ใช้ประโยชน์เพื่อเป็นสถานที่ออกกำลังกายและพักผ่อนหย่อนใจของชุมชน โดยมีการอนุรักษ์และปลูกเสริมพรรณไม้หลากหลายชนิด ควบคู่ไปกับการอนุรักษ์พันธุ์สัตว์น้ำ เพื่อให้

เป็นแหล่งอนุรักษ์ความหลากหลายทางชีวภาพในเขตเมือง โดยทั้งนี้เพื่อมุ่งให้เป็นแหล่งเรียนรู้ร่วมกันของชุมชนภายในท้องถิ่น ตลอดจนสาธารณะชนโดยทั่วไป ซึ่งนอกจากจะเป็นสถานที่ท่องเที่ยว และพักผ่อนหย่อนใจแล้ว อุทยานสวรรค์ยังมีพรรณไม้ที่ หลากหลายอีกจำนวนมาก ที่ยังคงไม่มีการสำรวจและศึกษาพรรณไม้บริเวณอุทยานสวรรค์ จังหวัดนครสวรรค์ ในเชิงวิชาการ ให้ ครบคลุมอย่างทั่วถึง ดังนั้น การศึกษาความหลากหลายชนิดของพรรณไม้ช่วงระยะเวลาออกดอกและเป็นผลการแพร่พันธุ์เมล็ดใน อุทยานสวรรค์ จะเป็นข้อมูลทำให้เข้าใจถึงความสัมพันธ์ทางนิเวศวิทยาของพืชและสิ่งแวดล้อม และวางแผนการอนุรักษ์พืช และ การใช้ประโยชน์ต่อพื้นที่ได้อย่างเหมาะสมต่อไป

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อศึกษาระยะการออกดอกเป็นผล และการแพร่พันธุ์เมล็ดของพรรณไม้ภายในอุทยานสวรรค์

วิธีดำเนินการวิจัย

1. วิธีการศึกษาความหลากหลายชนิดของพรรณไม้

- 1.1 สำรวจและเก็บตัวอย่างพันธุ์ไม้ ระหว่างเดือนกรกฎาคม 2564 - มิถุนายน 2565 สำรวจเดือนละ 1-2 ครั้ง
- 1.2 บันทึกข้อมูลบริเวณที่พบ บันทึกภาพดอกหรือผล และเก็บตัวอย่างพรรณไม้ ทั้งใบ ดอก และผล เพื่อทำตัวอย่าง พรรณไม้อ้างอิง และนำไปตรวจสอบหาชื่อพฤกษศาสตร์ และระบุชนิดพืช

2. ศึกษาระยะเวลาออกดอกและเป็นผล และการแพร่พันธุ์เมล็ดของพรรณไม้

โดยบันทึกผลช่วงเวลาออกดอกและเป็นผล โดยใช้กล้องส่องทางไกล บันทึกการแพร่พันธุ์เมล็ด (seed dispersal) ของ พืชแต่ละชนิดในระยะผลสุกแก่ ที่เหมาะสมต่อการเก็บเมล็ด ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่มีการกระจายเมล็ดมากที่สุด บันทึกประเภทของการ แพร่พันธุ์เมล็ด ได้แก่ 1) ลม มีลักษณะผลเล็ก น้ำหนักเบา มีปีกช่วยการลอยตัว เมล็ดมีขนยื่นออกมาช่วยในการปลิวลม 2) สัตว์ เป็นผลที่มีโครงสร้างช่วยในการยึดเกาะ อาจเป็นหนาม หรือ ผลติดขนสัตว์ และผลที่มีเนื้อกินได้ และกลืนเมล็ดเข้าไป จากนั้นถ่ายมูลที่มีเมล็ดผสมออกมาด้วย 3) น้ำ เป็นผลและเมล็ดของพืชที่ขึ้นริมน้ำ ผลและเมล็ดมีน้ำหนักเบา เปลือกมีช่อง อากาศหรือมีเส้นใย และ 4) แรงดันจากการแตกของผล (explosive dehiscence) หรือฝักแตก เกิดจากการสุกแก่หรือการแห้ง ของผล หรือเกิดจากความร้อนที่สัตว์เลื้อยคลานเข้าไปอยู่ใกล้ๆ หรือผลแห้งได้รับความชื้น ทำให้ผลแตกอย่างรวดเร็วและแรง ส่งผล ให้เมล็ดกระจายออกไปได้ไกลๆ เช่น ฝักแดง ต้อยติ่ง เป็นต้น พร้อมทั้งเก็บตัวอย่างผลหรือเมล็ดที่มีร่องรอยการกัดแทะของสัตว์ และเก็บตัวอย่างมูลสัตว์ที่มีเมล็ดผสมอยู่ (Vongkamjan, 2003; หน่วยวิจัยการฟื้นฟูป่า, 2549) และวัดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นที่ ระดับอก (หรือระยะห่างจากพื้นดิน 130 เซนติเมตร) โดยเลือกต้นไม้ที่มีขนาดใหญ่ที่สุด 3 อันดับ เพื่อในอนาคตจะเลือกเป็นชนิด แม้มันศึกษาวิจัยเชิงลึกด้านอื่นๆ เช่น ปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอน หรือ ชนิดพันธุ์สัตว์ที่ช่วยการแพร่พันธุ์เมล็ดพันธุ์ เป็นต้น

3. การจำแนกชนิด (key to species)

จำแนกชนิดโดยการเทียบเคียงจากภาพ และเปรียบเทียบตัวอย่างพรรณไม้แห้งอ้างอิง ที่หอพรรณไม้แล้วระบุชื่อ พฤกษศาสตร์ตามหนังสือชื่อพรรณไม้แห่งประเทศไทย เต็ม สมิตินันท์ ฉบับแก้ไขปรับปรุง พ.ศ. 2557 (ราชันย์ และสมราน, 2557) คู่มือจำแนกพรรณไม้ (กองกานดา และวรลลิต, 2559) สารานุกรมพืชในประเทศไทย (ราชันย์, 2559) เว็บไซต์กลุ่มงาน

พฤกษศาสตร์ ป่าไม้ (<https://dnp.go.th/botany/mplant/index.html> และ International of Plant Name Index (<https://www.ipni.org/>) ค้นคว้าเพิ่มเติมเรื่องการแพร่พันธุ์เมล็ดตามหนังสือปลูกให้เป็นป่า (หน่วยวิจัยการฟื้นฟูป่า, 2549)

ผลการวิจัย

จากการสำรวจพรรณไม้ในอุทยานสวรรค์ (หนองสมบุญ) จังหวัดนครสวรรค์ พบพรรณไม้ทั้งหมด 51 วงศ์ 121 สกุล 163 ชนิด แบ่งเป็นไม้ต้นมากที่สุด (100 ชนิด) รองลงมาคือ ไม้ต้นขนาดเล็ก (27 ชนิด) และไม้พุ่ม/ไม้ต้นขนาดเล็ก (13 ชนิด), ตามลำดับ โดยพรรณไม้ที่พบมากที่สุดคือวงศ์ถั่ว (Fabaceae) จำนวน 33 ชนิด 21 สกุล รองลงมาคือวงศ์เข็ม (Rubiaceae) จำนวน 9 ชนิด 7 สกุล และวงศ์แคหางค่าง (Bignoniaceae) จำนวน 8 ชนิด 6 สกุล จำแนกเป็นพันธุ์ไม้จากต่างประเทศ (exotic; Ex) จำนวน 55 ชนิด (ภาพที่ 1 (ก)) พบต้นไม้ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมากที่สุดเรียง 3 อันดับคือ ต้นไทรย้อยใบแหลม (3.34 เมตร) อีก 2 ต้น คือไทรย้อย (3.18 และ 2.86 เมตร) พบการแพร่พันธุ์เมล็ดโดยสัตว์มากที่สุด (96 ชนิด) รองลงมาคือลม (57 ชนิด) แร่ดินจากการแตกของผล (7 ชนิด), และ น้ำ (3 ชนิด), ตามลำดับ (ภาพที่ 1 (ข)) เมื่อศึกษาระยะเวลาการออกดอก พบมากที่สุดในช่วงฤดูร้อน (เดือนมีนาคม - มิถุนายน) รองลงมาคือฤดูหนาว (เดือนพฤศจิกายน - กุมภาพันธ์) และฤดูฝน (เดือนกรกฎาคม - ตุลาคม), ตามลำดับ และการเป็นผล พบมากที่สุดในช่วงฤดูร้อนกับฤดูฝน และพบน้อยที่สุดในช่วงฤดูหนาว พรรณไม้ที่ออกดอกและเป็นผลตลอดทั้งปีนั้น พบน้อยที่สุด (ดังตารางที่ 1) ซึ่งขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิเฉลี่ย เดือนกรกฎาคม 2564 - เดือนมิถุนายน 2565 (ดังภาพที่ 2)

ตารางที่ 1 พรรณไม้ในอุทยานสวรรค์ (หนองสมบุญ) จังหวัดนครสวรรค์

ที่	วงศ์	ชื่อพฤกษศาสตร์	ชื่อไทย	ลักษณะ วิสัย	การแพร่ พันธุ์	ออกดอก	เป็นผล
1	Achariaceae	<i>Hydnocarpus ilicifolius</i> King	กระเบาหลัก	ST	สัตว์	เม.ย.-พ.ค.	ก.ค.-ส.ค.
2	Anacardiaceae	<i>Bouea macrophylla</i> Griff.	มะปราง	T	สัตว์	พ.ย.-ธ.ค.	พ.ย.-มี.ค.
3		<i>Mangifera indica</i> L.	มะม่วง	T	สัตว์	พ.ย.-ธ.ค.	มี.ค.-เม.ย.
4		<i>Buchanania lanzan</i> Spreng.	มะม่วงหาว แมงวัน	T	สัตว์	ธ.ค.-มี.ค.	เม.ย.-มี.ย.
5	Annonaceae	<i>Annona squamosa</i> L.	น้อยหน่า	ExS/ST	สัตว์	ม.ค.-พ.ค.	เม.ย.-ก.ย.
6		<i>Melodorum fruticosum</i> Lour.	ลำตวน	S	สัตว์	พ.ย.-ม.ค.	ม.ค.-มี.ค.
7		<i>Mitrephora tomentosa</i> Hook. f. & Thomson	ลำตวนดง หรือมะป่วน	T	สัตว์	ม.ค.-เม.ย.	พ.ค.-ก.ย.
8		<i>Polyalthia suberosa</i> (Roxb.) Thwaites	กลิ้งกล่อม	S/ST	สัตว์	ตลอดปี	ตลอดปี
9	Apocynaceae	<i>Alstonia scholaris</i> (L.) R. Br.	สัตบรรณ	T	ลม	ต.ค.-ธ.ค.	ม.ค.-มี.ค.
10		<i>Carissa carandas</i> L.	หนามแดง หรือมะนาว ไม่รู้ไห	ExS	สัตว์	มี.ค.-เม.ย.	พ.ค.-มี.ย.
11		<i>Cerbera odollam</i> Gaertn.	ตีนเป็ดน้ำ	ST	น้ำ	ธ.ค.-มี.ค.	ก.พ.-พ.ค.

ที่	วงศ์	ชื่อพฤกษศาสตร์	ชื่อไทย	ลักษณะ วิสัย	การแพร่ พันธุ์	ออกดอก	เป็นผล
12		<i>Plumeria obtusa</i> L.	ลีลาวดีดอก ขาว	ExST	ลม	ตลอดปี	ตลอดปี
13		<i>Wrightia arborea</i> (Dennst.) Mabb.	โมกมัน	ST	ลม	เม.ย.-ส.ค.	ส.ค.-ธ.ค.
14		<i>Wrightia religiosa</i> (Teijsm. & Binn.) Benth. ex Kurz	โมกบ้าน	S	ลม	เม.ย.-ธ.ค.	ก.ค.-มี.ค.
15	Araliaceae	<i>Polyscias fruticosa</i> (L.) Harms	เล็บครุฑ	ExS	สัตว์	ตลอดปี	ตลอดปี
16		<i>Schefflera actinophylla</i> (Endl.) Harms	हनูด ปลาหมึก	ExT	สัตว์	มี.ค.-ก.ค.	พ.ค.-ส.ค.
17		<i>Trevesia palmata</i> (Roxb. ex Lindl.) Vis.	ต่างหลวง	ST	สัตว์	ม.ค.-ก.พ.	มี.ค.-เม.ย.
18	Asparagaceae	<i>Dracaena fragrans</i> (L.) Ker Gawl.	วาสนา	ExS/ST	สัตว์	พ.ย.-ต.ค.	ก.พ.-ต.ค.
19	Bignoniaceae	<i>Crescentia cujete</i> L.	น้ำเต้าต้น	ExST	สัตว์	ตลอดปี	ตลอดปี
20		<i>Dolichandrone serrulata</i> (Wall. ex DC.) Seem.	แคนนาหรือแคน ขาว	T	ลม	ก.พ.-มิ.ย.	มิ.ย.-ส.ค.
21		<i>Fernandoa adenophylla</i> (Wall. ex G. Don) Steenis	แคนหางค่าง หรือแคนบิต	T	ลม	ธ.ค.-มี.ค.	ก.พ.-พ.ค.
22		<i>Jacaranda obtusifolia</i> Bonpl.	ศรีตรัง	ExT	ลม	ม.ค.-มี.ค.	เม.ย.-พ.ค.
23		<i>Mayodendron igneum</i> (Kurz) Kurz	กาสะลองคำ	T	ลม	ก.พ.-เม.ย.	พ.ค.-มิ.ย.
24		<i>Millingtonia hortensis</i> L.f.	ปีบ	T	ลม	ก.ย.-ก.พ.	พ.ย.-พ.ค.
25		<i>Tabebuia aurea</i> (Silva Manso) Benth. & Hook. f. ex S. Moore	เหลียงปรีติยา ธร	ExT	ลม	ม.ค.-มี.ค.	ม.ค.-เม.ย.
26		<i>Tabebuia rosea</i> (Bertol.) Bertero ex A. DC.	ชมพู พันธุ์ทิพย์	ExT	ลม	ม.ค.-เม.ย.	เม.ย.-ก.ค.
27	Boraginaceae	<i>Cordia sebestena</i> L.	คอร์เดีย	ExST	สัตว์	ตลอดปี	ธ.ค.-ต.ค.
28	Burseraceae	<i>Garuga pinnata</i> Roxb.	ตะคร้อ	T	สัตว์	ม.ค.-มี.ค.	ก.พ.-มี.ค.
29	Calophyllaceae	<i>Calophyllum inophyllum</i> L.	กระดังงาหรือ สารภีทะเล	T	สัตว์	มิ.ย.-ก.ค.	ก.ค.-พ.ย.
30		<i>Mammea harmandii</i> (Pierre) Kosterm.	สารภีดอก ใหญ่	T	สัตว์	ม.ค.-มี.ค.	ก.พ.-เม.ย.
31	Cannaceae	<i>Canna generalis</i> L.H. Bailey	พุทธรักษา	ExH	ลม	ตลอดปี	ตลอดปี
32	Capparaceae	<i>Crateva adansonii</i> DC. subsp. <i>trifoliata</i> (Roxb.) Jacobs	กุ่มบก	T	สัตว์	ก.พ.-ก.ค.	พ.ค.-ส.ค.
33		<i>Crateva religiosa</i> G. Forst.	กุ่มน้ำ	T	น้ำ	ธ.ค.-เม.ย.	เม.ย.-ก.ย.
34		<i>Maerua siamensis</i> (Kurz) Pax	แจง	T	สัตว์	ธ.ค.-มี.ค.	ก.พ.-เม.ย.
35	Caricaceae	<i>Carica papaya</i> L.	มะละกอ	ExST	สัตว์	มี.ค.-เม.ย.	มี.ค.-เม.ย.
36	Casuarinaceae	<i>Casuarina equisetifolia</i> L.	สนทะเล	T	ลม	ธ.ค.-ก.พ.	มี.ค.-พ.ค.

ที่	วงศ์	ชื่อพฤกษศาสตร์	ชื่อไทย	ลักษณะ วิสัย	การแพร่ พันธุ์	ออกดอก	เป็นผล
37	Clusiaceae	<i>Garcinia speciosa</i> Wall.	พะวา	T	สัตว์	ม.ค.-มี.ค. และ ก.ค.-ก.ย.	ก.ค.-ก.ย.
38		<i>Garcinia mangostana</i> L.	มังคุด	ExT	สัตว์	ก.พ.-เม.ย.	มี.ค.-ก.ค.
39	Combretaceae	<i>Terminalia bellirica</i> (Gaertn.) Roxb.	สมอพิเภก	T	สัตว์	มี.ค.-เม.ย.	ก.ย.-พ.ย.
40		<i>Terminalia catappa</i> L.	หูกวาง	T	สัตว์	ก.พ.-เม.ย., ส.ค.-ต.ค.	พ.ค.-มิ.ย.
41		<i>Terminalia chebula</i> Retz. var. <i>chebula</i>	สมอไทย	T	สัตว์	เม.ย.-พ.ค.	พ.ย.-ม.ค.
42		<i>Terminalia glaucifolia</i> Craib	แพนนา	T	ลม	ส.ค.-ต.ค.	ต.ค.-ธ.ค.
43		<i>Terminalia ivorensis</i> A. Chev.	หูกระจง	ExT	สัตว์	ก.ค.-ส.ค.	พ.ย.-ธ.ค.
44	Cornaceae	<i>Alangium salviifolium</i> (L.f.) Wangerin subsp. <i>hexapetalum</i> (Lam.) Wangerin	ปรงหรือปรง	S/ST	สัตว์	ก.พ.-มี.ค.	มี.ค.-เม.ย.
45	Dilleniaceae	<i>Dillenia suffruticosa</i> (Griff.) Martelli	ล้านยะวา หรือล้านชวา	S	สัตว์	ตลอดปี	ตลอดปี
46	Dipterocarpaceae	<i>Anthoshorea</i> <i>roxburghii</i> (G. Don) P. S. Ashton & J. Heck.	พะยอม	T	ลม	ธ.ค.-ก.พ.	ม.ค.-มี.ค.
47		<i>Dipterocarpus alatus</i> Roxb. ex G. Don.	ยางนา	T	ลม	มี.ค.-เม.ย.	พ.ค.-ก.ค.
48		<i>Hopea odorata</i> Roxb.	ตะเคียนทอง	T	ลม	ม.ค.-มี.ค.	มี.ค.-มิ.ย.
49	Ebenaceae	<i>Diospyros decandra</i> Lour.	จัน	T	สัตว์	มิ.ย.-ก.ย.	มิ.ย.-ก.ย.
50		<i>Diospyros areolata</i> King & Gamble	มะพลับ	T	สัตว์	พ.ค.-มิ.ย.	ก.ค.-ธ.ค.
51		<i>Diospyros mollis</i> Griff.	มะเกลือ	T	สัตว์	ม.ค.-ก.ย.	ส.ค.-ธ.ค.
52		<i>Diospyros montana</i> Roxb.	ตานดำหรือ ถ่านไฟผี	T	สัตว์	เม.ย.-พ.ค.	ก.ย.-ก.พ.
53		<i>Diospyros rhodocalyx</i> Kurz	ตะโกนา	ST	สัตว์	มี.ค.-เม.ย.	เม.ย.-มิ.ย.
54	Euphorbiaceae	<i>Croton</i> <i>hutchinsonianus</i> Hosseus	เปล้าพะยะ	S/ST	ฝักแตก	ก.พ.-มิ.ย.	มี.ค.-ส.ค.
55		<i>Jatropha curcas</i> L.	สบู่ดำ	S/ST	สัตว์	พ.ค.-ก.ย.	พ.ค.-ก.ย.
56		<i>Jatropha gossypifolia</i> L.	สบู่แดง	ExS	สัตว์	พ.ค.-ก.ย.	พ.ค.-ก.ย.
57	Fabaceae	<i>Acacia auriculiformis</i> A. Cunn. ex Benth.	กระถินณรงค์	ExT	ลม	ตลอดปี	ตลอดปี
58		<i>Adenanthera</i> <i>pavonina</i> L.	มะกล่ำต้น	T	สัตว์	ก.พ.-เม.ย.	พ.ค.-ก.ค.
59		<i>Azizia xylocarpa</i> (Kurz) Craib	มะค่าโมง	T	ฝักแตก	ก.พ.-มี.ค.	มิ.ย.-ส.ค.
60		<i>Albizia lebbeck</i> (L.) Benth.	พญากษ	T	สัตว์	มี.ค.-เม.ย.	มี.ค.-เม.ย.
61		<i>Albizia</i> <i>lebbeckoides</i> (DC.) Benth.	คาง		ลม	มี.ค.-พ.ค.	ต.ค.-ธ.ค.

ที่	วงศ์	ชื่อพฤกษศาสตร์	ชื่อไทย	ลักษณะ วิสัย	การแพร่ พันธุ์	ออกดอก	เป็นผล
62		<i>Albizia procera</i> (Roxb.) Benth.	ทึงถ่อน	T	ลม	ม.ค.-ก.ค.	ก.ค.-ก.ย.
63		<i>Albizia saman</i> (Jacq.) Merr.	จามจุรี	ExT	สัตว์	ส.ค.-ก.ย.	ต.ค.-ธ.ค.
64		<i>Barnebydendron riedelii</i> (Tul.) J.H. Kirkbr.	ประดู่แดง	ExT	ลม	ม.ค.-ก.พ.	มี.ค.-เม.ย.
65		<i>Bauhinia purpurea</i> L.	ชงโค	ExST	ลม	ก.พ.-พ.ค.	ต.ค.-ม.ค.
66		<i>Butea monosperma</i> (Lam.) Taub.	ทองกวาว	T	ลม	ก.พ.-เม.ย.	เม.ย.-พ.ค.
67		<i>Cassia bakeriana</i> Craib	กัลปพฤกษ์	T	สัตว์	ก.พ.-เม.ย.	เม.ย.-พ.ค.
68		<i>Cassia fistula</i> L.	ราชพฤกษ์	T	สัตว์	ก.พ.-พ.ค.	ต.ค.-ธ.ค.
69		<i>Cassia grandis</i> L.f.	กาฬพฤกษ์	ExT	สัตว์	ก.พ.-มี.ค.	มี.ค.-ก.ค.
70		<i>Cassia javanica</i> L. subsp. <i>renigera</i> (Wall. ex Benth.) K. Rarsen	ชัยพฤกษ์	ExT	สัตว์	ก.พ.-พ.ค.	เม.ย.-ก.ค.
71		<i>Crudia chrysantha</i> (Pierre) K. Schum.	สะตือ	T	ฝักแตก	ม.ค.-ก.พ.	ก.ค.-ส.ค.
72		<i>Dalbergia cochinchinensis</i> Pierre	พะยุงหรือ พยุง	T	ลม	พ.ค.-ก.ค.	ก.ค.-ก.ย.
73		<i>Dalbergia errans</i> Craib	ประดู่ลาย	T	ลม	เม.ย.-พ.ค.	มี.ย.-ส.ค.
74		<i>Dalbergia oliveri</i> Gamble ex Prain	ชิงชัน	T	ลม	มี.ค.-พ.ค.	พ.ค.-ก.ย.
75		<i>Delonix regia</i> (Bojer ex Hook.) Raf.	หางนกยูงฝรั่ง	ExT	ลม	มี.ค.-มิ.ย.	ก.ค.-ต.ค.
76		<i>Gliricidia sepium</i> (Jacq.) Walp.	แคฝรั่ง	ExST	ลม	ธ.ค.-มี.ค.	ก.พ.-พ.ค.
77		<i>Koompassia excelsa</i> (Becc.) Taub.	ยวนผึ้ง	T	ลม	มี.ค.-พ.ค.	ก.ค.-ส.ค.
78		<i>Millettia brandisiana</i> Kurz	กระพี้จั่นหรือ จั่น	T	ลม	ก.พ.-เม.ย.	มี.ค.-พ.ค.
79		<i>Millettia leucantha</i> Kurz var. <i>leucantha</i>	ชะเงาะ	T	ลม	ม.ค.-มี.ค.	มี.ค.-พ.ค.
80		<i>Peltophorum pterocarpum</i> (DC.) Backer ex K. Heyne	นนทรี	T	ลม	ม.ค.-มี.ค.	มี.ค.-มิ.ย.
81		<i>Pithecellobium dulce</i> (Roxb.) Benth.	มะขามเทศ	ExT	สัตว์	ตลอดปี	ตลอดปี
82		<i>Pterocarpus indicus</i> Willd.	ประดู่บ้าน หรือประดู่กิ่ง อ่อน	T	ลม	มี.ค.-พ.ค.	เม.ย.-ก.ค.
83		<i>Pterocarpus macrocarpus</i> Kurz	ประดู่ป่า	T	ลม	มี.ค.-เม.ย.	พ.ค.-มิ.ย.
84		<i>Senna alata</i> (L.) Roxb.	ซุมเห็ดเทศ	ExS	ลม	ธ.ค.-ก.พ.	ธ.ค.-ก.พ.
85		<i>Senna siamea</i> (Lam.) H.S. Irwin & Barneby	ซี้เหล็กบ้าน	T	ลม	ก.ค.-ส.ค.	ส.ค.-ต.ค.
86		<i>Sesbania grandiflora</i> (L.) Poir.	แคบ้าน	ExST	ลม	ธ.ค.-มี.ค.	ก.พ.-ก.ค.
87		<i>Sesbania</i> sp.	โสนอัฟริกัน	ExUS	ลม	ก.ย.-ต.ค.	ก.ย.-ต.ค.
88		<i>Tamarindus indica</i> L.	มะขาม	ExT	สัตว์	มี.ค.-พ.ค.	มิ.ย.-ก.ย.

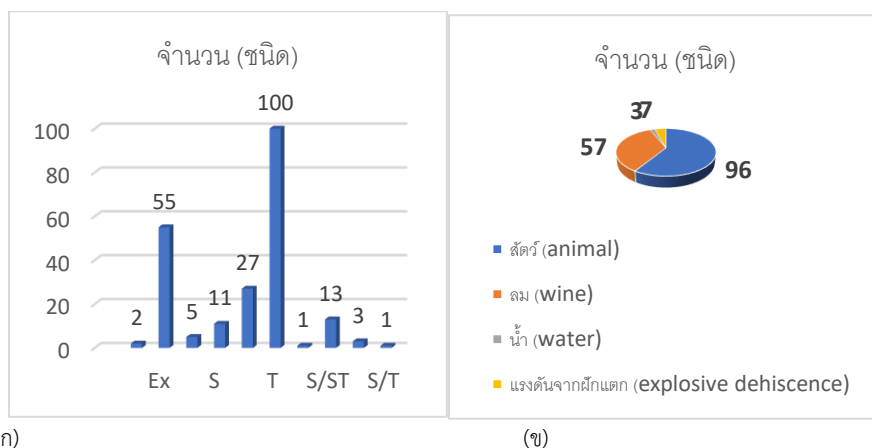
ที่	วงศ์	ชื่อพฤกษศาสตร์	ชื่อไทย	ลักษณะ วิสัย	การแพร่ พันธุ์	ออกดอก	เป็นผล
89		<i>Xylia xylocarpa</i> (Roxb.) W. Theob. var. <i>kerrii</i> (Craib & Hutch.) I.C. Nielsen	แดง	T	ฝักแตก	ก.พ.-เม.ย.	พ.ย.-ก.พ.
90	Heliconiaceae	<i>Heliconia</i> sp.	สร้อยกัทลี หรือกำมั่ง	ExH	สัตว์	-	-
91	Hypericaceae	<i>Cratoxylum</i> sp.	ตัว	T	ลม	มิ.ย.-ก.ค.	มิ.ย.-ก.ค.
92	Lecythidaceae	<i>Barringtonia</i> <i>acutangula</i> (L.) Gaertn.	จิกน้ำ	T	สัตว์	พ.ย.-มี.ค.	ธ.ค.-เม.ย.
93		<i>Barringtonia asiatica</i> (L.) Kurz	จิกทะเล	ST/T	น้ำ	พ.ย.-ธ.ค.	ส.ค.-พ.ย.
94		<i>Barringtonia</i> <i>racemosa</i> (L.) Spreng.	จิกสวน	S/ST	สัตว์	มิ.ย.-ส.ค.	เม.ย.-ก.ค.
95		<i>Couroupita</i> <i>guianensis</i> Aubl.	สาละลังกา หรือ ลูกปืน ใหญ่	ExT	สัตว์	พ.ย.-พ.ค.	-
96		<i>Gustavia gracillima</i> Miers	บัวสวรรค์	ExT	สัตว์	มิ.ย.-ต.ค.	มิ.ย.-ต.ค.
97	Lythraceae	<i>Lagerstroemia</i> <i>floribunda</i> Jack var. <i>floribunda</i>	ตะแบกนา	T	ลม	ก.ค.-ก.ย.	ธ.ค.-มี.ค.
98		<i>Lagerstroemia indica</i> L.	ยี่เข่ง	ExST	ลม	มิ.ย.-ต.ค.	มิ.ย.-ต.ค.
99		<i>Lagerstroemia</i> <i>loudonii</i> Teijsm. & Binn.	อินทรีหรือ เสลาใบใหญ่	T	ลม	เม.ย.-พ.ค.	ส.ค.-ธ.ค.
100		<i>Lagerstroemia</i> <i>macrocarpa</i> Wallex Kurz	อินทนิลบก	T	ลม	มี.ค.-พ.ค.	ก.ค.-ก.ย.
101		<i>Lagerstroemia</i> <i>speciosa</i> (L.) Pers.	อินทนิลน้ำ	T	ลม	มี.ค.-มิ.ย.	ต.ค.-ม.ค.
102		<i>Lagerstroemia</i> <i>subangulata</i> (Craib) Furtado & Srisuko	สมอร่องหรือ ตะแบกหนู	ST	ลม	ก.ค.-ก.ย.	ต.ค.-มี.ค.
103		<i>Punica granatum</i> L. var. <i>granatum</i>	ทับทิม	ExS	สัตว์	ตลอดปี	ตลอดปี
104	Magnoliaceae	<i>Michelia alba</i> (DC.) Figlar	จำปี	T	ฝักแตก	ส.ค.-พ.ย.	ส.ค.-พ.ย.
105	Malpighiaceae	<i>Malpighia glabra</i> L.	เขือไทย	ExS	สัตว์	ตลอดปี	ตลอดปี
106	Malvaceae	<i>Bombax anceps</i> Pierre	जूดดอกขาว	T	ลม	ม.ค.-ก.พ.	ก.พ.-เม.ย.
107		<i>Gossypium</i> <i>herbaceum</i> L.	ฝ้าย	ExS	ลม	ธ.ค.-ก.พ.	ก.พ.-มี.ค.
108		<i>Hibiscus sabdariffa</i> L.	กระเจียวแดง	ExH	ฝักแตก	ม.ค.-มี.ค.	ม.ค.-มี.ค.
109		<i>Pterospermum</i> <i>littorale</i> Craib var. <i>littorale</i>	จำปาเทศ หรือกะหนาย	T	ลม	ก.ย.-ธ.ค.	พ.ย.-มี.ค.
110		<i>Pentace burmanica</i> Kurz	สีเสียด	T	ลม	ธ.ค.-เม.ย.	ม.ค.-ก.พ.
111		<i>Pachira aquatica</i> Aubl.	ศุภโชค	ExT	ลม	มี.ค.-ส.ค.	มี.ค.-ส.ค.
112		<i>Theobroma cacao</i> L.	โกโก้	ExST	สัตว์	ตลอดปี	ตลอดปี

ที่	วงศ์	ชื่อพฤกษศาสตร์	ชื่อไทย	ลักษณะ วิสัย	การแพร่ พันธุ์	ออกดอก	เป็นผล
113	Meliaceae	<i>Aphanamixis polystachya</i> (Wall.) R. Parker	ดาเลื่อ	T	สัตว์	เม.ย.-มิ.ย.	มิ.ย.-ส.ค.
114		<i>Azadirachta excelsa</i> (Jack) Jacobs	สะเดาเทียม	T	สัตว์	มี.ค.	พ.ค.-มิ.ย.
115		<i>Azadirachta indica</i> A. Juss.	สะเดา	T	สัตว์	ธ.ค.-ม.ค.	มี.ค.-พ.ค.
116		<i>Swietenia macrophylla</i> King	มะฮอกกานี	ExT	ผักแตง	พ.ค.-มิ.ย.	ก.ค.-ต.ค.
117		<i>Toona ciliata</i> M. Roem.	ยมหอม	T	ลม	เม.ย.-ก.ค.	เม.ย.-ก.ค.
118	Moraceae	<i>Artocarpus heterophyllus</i> Lam.	ขนุน	ExT	สัตว์	ธ.ค.-ม.ค. และ เม.ย.-พ.ค.	ธ.ค.-ม.ค.
119		<i>Ficus benghalensis</i> L.	กร่างหรือ นีโครธ	ExT	สัตว์	ก.พ.-มี.ค.	มี.ค.-เม.ย.
120		<i>Ficus benjamina</i> L.	ไทรย้อยใบ แหลม	T	สัตว์	ธ.ค.-เม.ย.	ธ.ค.-เม.ย.
121		<i>Ficus racemosa</i> L.	มะเดื่อ อุทุมพร	T	สัตว์	มิ.ย.-ส.ค.	พ.ย.-เม.ย.
122		<i>Ficus religiosa</i> L.	โพศรีมหาโพ	ExT	สัตว์	ตลอดปี	ตลอดปี
123		<i>Ficus retusa</i> L. var. <i>retusa</i>	ไทรย้อย	T	สัตว์	ตลอดปี	ตลอดปี
124		<i>Streblus asper</i> Lour.	ข่อย	T	สัตว์	ม.ค.-มี.ค.	ก.พ.-เม.ย.
125	Moringaceae	<i>Moringa oleifera</i> Lam.	มะรุม	ST	ลม	ตลอดปี	ตลอดปี
126	Muntingiaceae	<i>Muntingia calabura</i> L.	ตะขบฝรั่ง	ExST	สัตว์	ตลอดปี	ตลอดปี
127	Musaceae	<i>Musa balbisiana</i> Colla	กล้วยตานี	ExH	สัตว์	ตลอดปี	ตลอดปี
128		<i>Musa</i> sp.	กล้วยน้ำหว่า นวล	H	สัตว์	ตลอดปี	ตลอดปี
129	Myrtaceae	<i>Melaleuca citrina</i> (Curtis) Dum. Cours.	แปรงล้างขวด	ExT	ลม	ตลอดปี ดอก ดกช่วง ม.ค. - ต.ค.	ตลอดปี
130		<i>Syzygium cumini</i> (L.) Skeels	หว่า	T	สัตว์	มี.ค.-เม.ย.	มิ.ย.-ก.ค.
131	Nyctaginaceae	<i>Bougainvillea spectabilis</i> Willd.	เฟื่องฟ้า	ExC	ลม	ตลอดปี ดอก ดก ช่วงมี.ค.- พ.ค.	-
132	Ochnaceae	<i>Ochna integerrima</i> (Lour.) Merr.	ช้างน้าว	S/ST	สัตว์	ม.ค.-มิ.ย.	ม.ค.-มิ.ย.
133	Oleaceae	<i>Jasminum sambac</i> (L.) Aiton	มะลิลา	ExC	สัตว์	ตลอดปี	-
134		<i>Nyctanthes arbor-tristis</i> L.	กรรณิการ	ExS/ST	สัตว์	ตลอดปี ดอก ดกช่วง พ.ย.- ม.ค.	ตลอดปี
135	Oxalidaceae	<i>Averrhoa bilimbi</i> L.	ตะลิงปลิง	ExST	สัตว์	พ.ย.-ธ.ค.	มี.ค.-เม.ย.
136	Phyllanthaceae	<i>Antidesma ghaesembilla</i> Gaertn.	มะเฒ่าไข่ปลา	S/T	สัตว์	มี.ค.-เม.ย.	พ.ค.-ก.ค.
137		<i>Phyllanthus acidus</i> (L.) Skeels	มะยม	ExST	สัตว์	ตลอดปี	ตลอดปี
138		<i>Phyllanthus emblica</i> L.	มะขามป้อม	ST/T	สัตว์	ก.พ.-มี.ค.	เม.ย.-พ.ค.

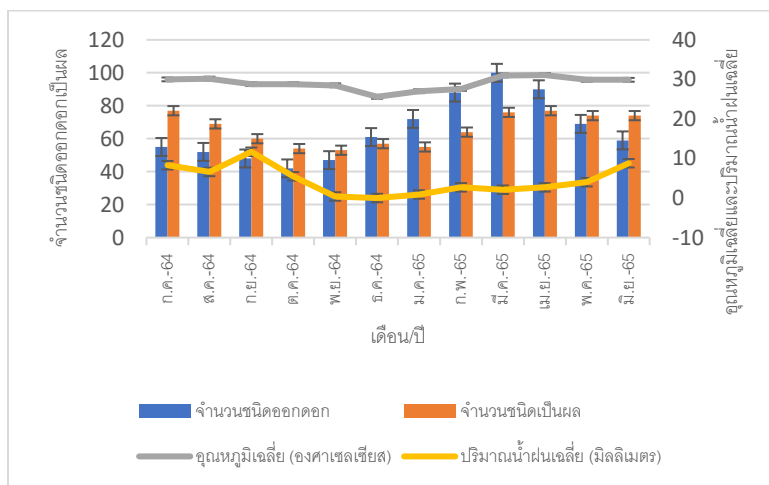
ที่	วงศ์	ชื่อพฤกษศาสตร์	ชื่อไทย	ลักษณะ วิสัย	การแพร่ พันธุ์	ออกดอก	เป็นผล
139	Podocarpaceae	<i>Dacrydium elatum</i> (Roxb.) Wall. ex Hook.	สามพันปี หรือพญา มะขาม ป้อม	T	สัตว์	ธ.ค.-ก.พ.	ธ.ค.-ก.พ.
140	Primulaceae	<i>Ardisia polycephala</i> Wall. ex A.DC.	พิลังกาสา	S/ST	สัตว์	ตลอดปี	ตลอดปี
141	Putranjivaceae	<i>Putranjiva roxburghii</i> Wall.	ประคำไก่ หรือมะคำไก่	T	สัตว์	เม.ย.-พ.ค.	มิ.ย.-ก.ย.
142	Rhizophoraceae	<i>Carallia brachiata</i> (Lour.) Merr.	เหียง	T	สัตว์	ธ.ค.-ก.พ.	ก.พ.-เม.ย.
143	Rubiaceae	<i>Catunaregam</i> <i>tomentosa</i> (Blume ex DC.) Tirveng.	มะเค็ดหรือ หนามแห่ง	S/ST	สัตว์	พ.ย.-มิ.ค.	พ.ค.-มิ.ย.
144		<i>Gardenia jasminoides</i> J. Ellis	พุดซ้อน	ExS	สัตว์	ตลอดปี	ตลอดปี
145		<i>Gardenia sootepensis</i> Hutch.	คำมอกหลวง	ST	สัตว์	ม.ค.-มิ.ค.	มิ.ค.-ส.ค.
146		<i>Ixora coccinea</i> L.	เข็มหนูหรือ เข็มฝรั่ง	ExS	สัตว์	ก.พ.-เม.ย.	ก.พ.-เม.ย.
147		<i>Ixora grandifolia</i> Zoll. & Moritz	เข็มใหญ่หรือ เข็มแดง	ST	สัตว์	ก.ย.-ธ.ค.	พ.ย.-ม.ค.
148		<i>Mitragyna</i> <i>rotundifolia</i> (Roxb.) Kuntze	กระท่อมเนิน	T	ลม	เม.ย.-มิ.ย.	มิ.ย.-ส.ค.
149		<i>Morinda citrifolia</i> L.	ยอบ้าน	ST	สัตว์	ตลอดปี	ตลอดปี
150		<i>Nauclea orientalis</i> (L.) L.	ตะกูหรือ กระท่อมน้ำ	T	สัตว์	มิ.ย.-ก.ย.	ก.ย.-ต.ค.
151		<i>Tamilnadia uliginosa</i> (Retz.) Tirveng. & Sastre	ตะลุมพุก	ST	สัตว์	ก.ค.-ส.ค.	ก.ย.-ต.ค.
152	Rutaceae	<i>Atalantia</i> <i>monophylla</i> (L.) DC.	มะนาวผี	T	สัตว์	เม.ย.-ส.ค.	ก.ย.-ธ.ค.
153		<i>Feroniella lucida</i> (Scheff.) Swingle	มะสัง	ST	สัตว์	พ.ย.-ม.ค.	ก.พ.-ก.ค.
154		<i>Glycosmis</i> <i>pentaphylla</i> (Retz.) DC.	เขยตาย	S/ST	สัตว์	ก.พ.-เม.ย.	มี.ค.
155	Salicaceae	<i>Flacourtia indica</i> (Burm.f.) Merr.	ตะขบป่า	ST	สัตว์	ก.ค.-ส.ค.	ก.ค.-ส.ค.
156	Sapindaceae	<i>Arfeuillea</i> <i>arborescens</i> Pierre ex Radlk.	คงคาเดือด	T	ลม	พ.ย.-ธ.ค.	ม.ค.-ก.พ.
157		<i>Lepisanthes fruticosa</i> (Roxb.) Leenh.	ขำมะเลียง	S/ST	สัตว์	มิ.ย.-ธ.ค.	ธ.ค.-ก.พ.
158		<i>Sapindus rarak</i> DC.	มะคำติควาย	T	สัตว์	มี.ค.-มิ.ย.	มี.ค.-มิ.ย.
159	Sapotaceae	<i>Madhuca esculenta</i> H. R. Fletcher	ละมุดสีดำ	T	สัตว์	ตลอดปี	ตลอดปี
160		<i>Manilkara hexandra</i> (Roxb.) Dubard	เกด	T	สัตว์	ม.ค.-ก.ค.	ก.พ.-ส.ค.
161		<i>Mimusops elengi</i> L.	พิกุล	T	สัตว์	ตลอดปี	ตลอดปี
162	Strelitziaceae	<i>Ravenala</i> <i>madagascariensis</i> Sonn.	กล้วยพัด	ExST	สัตว์	ส.ค.-พ.ย.	-

ที่	วงศ์	ชื่อพฤกษศาสตร์	ชื่อไทย	ลักษณะ วิสัย	การแพร่ พันธุ์	ออกดอก	เป็นผล
163	Ulmaceae	<i>Holoptelea integrifolia</i> Planch.	กระเขาหรือ กระเจา	T	ลม	ธ.ค.-ม.ค.	ม.ค.-ก.พ.

หมายเหตุ ลักษณะวิสัย; C = Climber (ไม้เถา), Ex = Exotic (มาจากต่างประเทศ), H = Herb (ไม้ล้มลุก), S = Shub (ไม้พุ่ม), ST = Shrubby Tree (ไม้ต้นขนาดเล็ก), T = Tree (ไม้ต้น), US = Undershrub (ไม้พุ่มขนาดเล็ก)



ภาพที่ 1 แสดงลักษณะวิสัย (ก) และจำนวนชนิดของการแพร่พันธุ์เมล็ด (seed dispersal) (ข) ของพรรณไม้ในอุทยานสวรรค์



ภาพที่ 2 เปรียบเทียบจำนวนชนิดที่ออกดอกเป็นผลของพรรณไม้ในอุทยานสวรรค์ กับ ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย (มิลลิเมตร) และอุณหภูมิเฉลี่ย (องศาเซลเซียส) ในระหว่างเดือนกรกฎาคม 2564 ถึง เดือนมิถุนายน 2565 (สถานีอุตุนิยมวิทยานครสวรรค์, 2565)

อภิปรายผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

จากการสำรวจชนิดของพรรณไม้ที่ปลูกในอุทยานสวรรค์ พบพรรณไม้ในวงศ์ถั่ว (Fabaceae) มากที่สุด (33 ชนิด 21 สกุล) รองลงมาคือ วงศ์เข็ม (Rubiaceae) (9 ชนิด 7 สกุล) และวงศ์แคหางค่าง (Bignoniaceae) (8 ชนิด 6 สกุล), ตามลำดับเนื่องจากวงศ์ถั่วมีขนาดใหญ่ แบ่งออกเป็น 3 วงศ์ย่อย มีการเจริญเติบโตปรับตัวเข้ากับสิ่งแวดล้อมได้ดีในแต่ละพื้นที่ของภาคเหนือตอนล่าง ภายใต้สภาพภูมิอากาศที่มีปริมาณน้ำฝน เฉลี่ย 4.5 มิลลิเมตร อุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุด 34.2 และ 23.8 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิเฉลี่ยทั้งปี 29 องศาเซลเซียส รวมทั้งผลของความชื้นในดิน และช่วงแสงด้วย ประกอบกับพรรณไม้ในอุทยานสวรรค์ส่วนใหญ่ขอรับบริจาคจากศูนย์เพาะชำกล้าไม้ นครสวรรค์ จึงพบมากที่สุด ผลการศึกษาลักษณะวิสัยพืช พบเป็นไม้ต้นมากที่สุด (100 ชนิด) รองลงมาไม้ต้นขนาดเล็ก (27 ชนิด) และไม้พุ่ม/ไม้ต้นขนาดเล็ก (13 ชนิด) ซึ่งเป็นการเพิ่มไม้ใหญ่พื้นที่สีเขียวในเขตเมืองช่วยในการดูดซับปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซออกซิเจนผ่านกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง เมื่อเปรียบเทียบผลการสำรวจในครั้งนี้นับสุภาวรรณ (2558) พบพรรณไม้ในมหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ (รวมพื้นที่ศูนย์การเรียนรู้ย่านมัทรี) จำนวน 82 วงศ์ 228 สกุล 303 ชนิด และพบพืชวงศ์ถั่วมากที่สุดเช่นกัน (35 ชนิด 26 สกุล) และสอดคล้องกับผลของสุกัญญา และคณะ (2560) ได้ศึกษาสังคมพืชและการใช้ประโยชน์ของพรรณไม้บริเวณป่าช้าสาธารณะประโยชน์ บ้านจาน เทศบาลตำบลทุ่งกุลารำไร อำเภอสวรรคภูมิ จังหวัดร้อยเอ็ด พบพรรณไม้ จำนวน 35 วงศ์ 55 สกุล 64 ชนิด และวงศ์ที่พบมากที่สุดคือวงศ์ถั่ว (7 ชนิด) แต่จำนวนชนิดที่พบมีมากน้อยแตกต่างกันไป จากพื้นที่ของมหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ (118 ไร่ (ในเขตอำเภอเมือง) + 500 ไร่ (ในเขตอำเภอยุพะคีรี)) มากกว่าพื้นที่อุทยานสวรรค์ (316 ไร่) และป่าช้าสาธารณะประโยชน์ บ้านจาน (37 ไร่) ตามลำดับ

ผลการศึกษาระยะเวลาการออกดอก พบในช่วงฤดูร้อนมากที่สุด ระหว่างเดือนมีนาคมถึงเดือนมิถุนายน โดยพบในเดือนมีนาคม จำนวน 100 ชนิด รองมาเป็นช่วงฤดูหนาว ระหว่างเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนกุมภาพันธ์ โดยพบในเดือนกุมภาพันธ์ จำนวน 88 ชนิด และช่วงฤดูฝน ระหว่างเดือนมิถุนายนถึงเดือนตุลาคม โดยพบในเดือนกรกฎาคม จำนวน 55 ชนิด เนื่องจากการผ่านฤดูหนาวช่วยกระตุ้นพรรณไม้ให้ผลิตาดอก และพัฒนาเป็นดอกและผลในฤดูร้อน ขณะเดียวกันนี้ก็มีพรรณไม้หลายชนิดผลัดใบเนื่องจากดินมีความชื้นต่ำ แต่ต้นไม้สะสมสารอาหารมาก จึงใช้อาหารในการผลิตาดอกและออกดอกผสมเกสรได้ โดยอาศัยลม น้ำ สัตว์ต่างๆ เช่น ผีเสื้อ คางคก หรือ นก เป็นต้น การออกดอกช่วงฤดูร้อนนี้ ช่วยเป็นแหล่งอาหารของสัตว์หลายชนิด ซึ่งช่วยในการผสมเกสรทางอ้อม การที่พรรณไม้ไม่ออกดอกในฤดูร้อนขณะใบร่วง หรือพร้อมแตกใบอ่อน มีส่วนช่วยการถ่ายละอองเกสรโดยลมพัดพาไป และมีใบซึ่งเป็นสิ่งกีดขวางน้อย หรือสะดวกต่อสัตว์ให้มองเห็นได้ง่าย หรือได้กลิ่นดีขึ้นด้วย ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของอรอนงค์ และคณะ (2547) พบผลของซีพลักษณ์ของพรรณไม้ บริเวณเส้นทางศึกษาธรรมชาติในอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ ระหว่างเดือนกรกฎาคม 2546 ถึงเดือน มิถุนายน 2547 พบว่า การออกดอกของพรรณไม้มากที่สุดในเดือนมีนาคม (19 ชนิด) และสอดคล้องกับผลการวิจัยของ Moungrsimuangdee et al. (2017) พบไม้ต้นออกดอกมากที่สุดในเดือนมีนาคม (ต้นฤดูร้อน)

จากการศึกษาระยะเวลาการเป็นผล พบว่า พรรณไม้ในอุทยานสวรรค์เป็นผลมากที่สุดเท่ากันในช่วงฤดูร้อนกับช่วงฤดูฝน (77 ชนิด) ในเดือนเมษายน และเดือนกรกฎาคม และน้อยที่สุดในช่วงฤดูหนาว ในเดือนกุมภาพันธ์ (65 ชนิด) เนื่องจากพรรณไม้มีการปรับตัวโดยการพัฒนาผลให้สุกแก่ทันกับฤดูฝน ซึ่งจำเป็นต่อการแพร่พันธุ์เมล็ด เพื่อการงอกเป็นต้นกล้า และเจริญเติบโตต่อไปได้ สอดคล้องกับอรอนงค์ และคณะ (2547) ได้พบว่าพรรณไม้มีการเป็นผลตลอดทั้งปี โดยพบมากที่สุดในเดือนพฤษภาคม (17 ชนิด) หลังจากนั้น มีพรรณไม้น้อยชนิด หายายเป็นผลไปเรื่อยๆ ส่วนผลแก่พบมากที่สุดในเดือนกรกฎาคม และสอดคล้องกับ Moungrsimuangdee et al. (2017) พบว่าไม้ต้นเป็นผลมากที่สุดในเดือนมีนาคม (ต้นฤดูร้อน) ดังนั้นระยะเวลาการออกดอกและเป็น

ผลของพรรณไม้ มีความสัมพันธ์กับสภาพภูมิอากาศ ปริมาณน้ำฝน ความชื้นในดิน และช่วงแสง จากผลการศึกษาการแพร่พันธุ์ของเมล็ดพันธุ์ไม้ พบว่า การแพร่พันธุ์เมล็ดโดยสัตว์พาไปมากที่สุด (96 ชนิด) รองลงมาคือการแพร่พันธุ์เมล็ดโดยลม (57 ชนิด) การแพร่พันธุ์เมล็ดโดยแรงดันจากการแตกของผล (7 ชนิด) และน้ำ (3 ชนิด) ตามลำดับ เนื่องจากพรรณไม้บางชนิดมีการแพร่พันธุ์เมล็ดอยู่ทั่วไป บางชนิดพบเฉพาะบางแห่ง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศ ภูมิประเทศ ความสามารถในการปรับตัวของพืช การแพร่พันธุ์โดยสัตว์ส่วนใหญ่เป็นผลที่มีเนื้อกินได้ สัตว์กินเป็นอาหารและเมล็ดถูกขับถ่ายปนมากับอุจจาระ เมื่อสัตว์ออกไปหากินไกลๆ ทำให้เมล็ดแพร่พันธุ์ไปได้ไกลๆ ด้วย เช่น นกที่กินผลไทรย้อย จะถ่ายเมล็ดตามต้นไม้ที่ไปเกาะพัก หรือ ตามเจดีย์วัด เป็นต้น ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Vongkamjan (2003) ที่ศึกษาพรรณไม้ยืนต้นบนดอยสุเทพ-ปุย จำนวน 32 ชนิด พบการแพร่พันธุ์เมล็ดโดยสัตว์มากที่สุด (24 ชนิด) รองลงมาการแพร่พันธุ์เมล็ดโดยลม (8 ชนิด) ผลการศึกษารวบรวมผ่านศูนย์กลางลำต้น พบว่า ทั้งสามลำดับที่มีขนาดใหญ่ที่สุด คือ ต้นไทรย้อยใบแหลม มีขนาด 3.34 เมตร และอีก 2 ต้น เป็นไทรย้อย มีขนาด 3.18 และ 2.86 เมตร เนื่องจากปลูกร่วมเดียวกัน บริเวณใกล้เคียงกัน และบริเวณเกาะกลางน้ำได้รับน้ำตลอดปี ซึ่งเวลาผลสุก มีสัตว์ป่า เช่น นก กระรอก ค้างคาว (โดยเฉพาะ ค้างคาวแม่ไก่นครสวรรค์ (*Pteropus intermedius* Anderson, 1908) จำนวนหลายพันตัว ที่อาศัยนอนบนต้นจามจุรีและต้นทุกระจงในอุทยานสวรรค์ มากินเป็นจำนวนมาก

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม ควรสำรวจความหลากหลายของสัตว์ป่าที่มีความสัมพันธ์กับการติดผลของพรรณไม้ และการศึกษาหาปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของไม้ต้น เพื่อใช้เป็นข้อมูลสำหรับการวางแผนการอนุรักษ์และการปลูกจิตสำนึก ในการอนุรักษ์ไม้ใหญ่ในเมือง และเพิ่มพื้นที่สีเขียวต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

รายงานวิจัยเรื่อง ระยะการออกดอกเป็นผลและการแพร่พันธุ์เมล็ดของพรรณไม้ในอุทยานสวรรค์ จังหวัดนครสวรรค์ สำเร็จไปได้ด้วยความช่วยเหลือจากท่าน จิตเกษม นิโรจน์ธนาธิราช นายกเทศ มนตรีนครนครสวรรค์ ที่สนับสนุนและประสานให้เข้าไปทำการศึกษาวิจัยเพื่อเผยแพร่เป็นข้อมูล สำหรับนักเรียน นักศึกษา และผู้ที่สนใจโดยทั่วไป ขอขอบคุณท่านสุรัชย์ คุ่มสิน ที่ช่วยตรวจทานและให้คำแนะนำเพิ่มเติม สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่าน เป็นอย่างสูง ที่ช่วยปรับปรุงแก้ไข พร้อมข้อเสนอแนะอันเป็นประโยชน์ต่องานวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

- กองกานดา ชยามฤต และวรลตต์ แจ่มจำรูญ. (2559). คู่มือจำแนกพรรณไม้. กรุงเทพฯ: สிทธิโชค พร้นตั้ง.
- ราชันย์ ภูมา. (2559). สารานุกรมพืชในประเทศไทย (ฉบับย่อ) เฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารีทรงเจริญพระชนมายุ 60 พรรษา. กรุงเทพฯ: สำนักงานหอพรรณไม้ สำนักวิจัยการอนุรักษ์ป่าไม้และพันธุ์พืช กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช.
- ราชันย์ ภูมา และสมราน สุดดี. (2557). (บรรณาธิการ). ชื่อพรรณไม้แห่งประเทศไทย เต็ม สมิตินันท์ ฉบับแก้ไขเพิ่มเติม พ.ศ. 2557. กรุงเทพฯ: สำนักงานหอพรรณไม้ สำนักวิจัยการอนุรักษ์ป่าไม้และพันธุ์พืช กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช.

สถานีอุตุนิยมวิทยานครสวรรค์. (2565). ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย อุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิต่ำสุด. ค้นจาก

<https://www.nakhonsawanmet.tmd.go.th/data/Ra>

สุกัญญา นาคะวงศ์, วรรณชัย ชาแท่น, และวิลาวัลย์ พร้อมพรม. (2560). การศึกษาสังคมพืชและการใช้ประโยชน์ของพรรณไม้บริเวณป่าช้าสาธารณประโยชน์ บ้านจาน เทศบาลตำบลทุ่งกุลาร อำเภอสวรรณภูมิ จังหวัดร้อยเอ็ด. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, มหาสารคาม.

สุภาวรรณ วงศ์คำจันทร์. (2558). พรรณไม้ในมหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์. เชียงใหม่: ศุภกฤตการพิมพ์.

หน่วยวิจัยการฟื้นฟูป่า. (2549). ปลุกป่าให้เป็นป่า: แนวคิดและแนวปฏิบัติสำหรับการฟื้นฟูป่าเขตร้อน. เชียงใหม่: ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

อรอนงค์ ฉะชัยแหลม, นภวรรณ ฐานะกาญจน์, เสรี เวชชบุษกร, และสุวิทย์ แสงทองพราว. (2547). การวิเคราะห์สังคมเพื่อออกแบบการสื่อความหมายธรรมชาติ บริเวณเส้นทางศึกษาธรรมชาติในอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่. *วารสารวนศาสตร์*, 23, 60-73.

Moungsrimuangdee, B., Waiboonya, P., Larphern, P., Yodsa-gna, P., and Saeyang, M. (2017). Reproductive Phenology and Growth of Riparian Species along Pra Prong River, Sakaeo Province, Eastern Thailand. *Journal of Landscape Ecology*, 10(2), 5-18.

Vongkamjan, S. (2003). *Propagation of Native Forest Tree Species for Forest Restoration in Doi Suthep-Pui National Park*. PhD Thesis, Chiang Mai University, Thailand.

กระบวนการผลิตถ่านอัดแท่งจากวัสดุเหลือทิ้งในสวนยางพารา และการถ่ายทอดผ่านเทคโนโลยีอินโฟกราฟิก

The Process of Producing Compressed Charcoal from Waste Materials in Rubber Plantations and Transferring through Infographic Technology

วิชุดา ภาโส¹ และ แพรตะวัน จารุตัน^{2*}

Witchuda Phasom¹ and Praetawan Jarutan^{2*}

¹สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร จังหวัดสกลนคร 47000

²สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร จังหวัดสกลนคร 47000

¹Department of Physics, Faculty of Science and Technology, Sakon Nakhon Rajabhat University, Sakon Nakhon Province, 47000

²Department of Computer, Faculty of Science and Technology, Sakon Nakhon Rajabhat University, Sakon Nakhon Province, 47000

*Corresponding author E-mail: praetawan9925@snru.ac.th

Received 12 January 2024, Accepted 15 May 2024, Published 21 May 2024

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เพื่อผลิตและทดสอบประสิทธิภาพเชิงความร้อนของถ่านอัดแท่งที่ผลิตจากวัสดุเหลือทิ้งจากสวนยางพารา และทำการวิเคราะห์ออกแบบการถ่ายทอดกระบวนการผลิตถ่านอัดแท่งผ่านเทคโนโลยีอินโฟกราฟิก ในการผลิตถ่านอัดแท่งนั้นจะใช้เศษกิ่งไม้ยางพารา และเปลือกผลยางพาราที่ตากแห้งแล้ว จากนั้นเผาจนเป็นถ่านและบดให้ละเอียด นำไปผสมกับแป้งมันและน้ำ ทั้งหมด 3 สูตร คือ สูตรที่ 1 กิ่งไม้ยางพารา : แป้งมัน : น้ำ ในอัตราส่วน คือ 2 kg : 250 g : 1,400 ml, สูตรที่ 2 เปลือกผลยางพารา : แป้งมัน : น้ำ ในอัตราส่วน คือ 2 kg : 250 g : 1,000 ml, และสูตรที่ 3 กิ่งไม้ยางพารา : เปลือกผลยางพารา : แป้งมัน : น้ำ ในอัตราส่วน คือ 1 kg : 1 kg : 250 g : 1,200 ml, ตามลำดับ แล้วอัดขึ้นรูป นำถ่านที่ได้ไปตากแดดให้แห้ง และทดสอบหาคุณสมบัติทางด้านความร้อนต่างๆ คือ ค่าความร้อน ปริมาณความชื้น ปริมาณเถ้า อุณหภูมิการเผาไหม้เฉลี่ย และระยะเวลาการเผาไหม้ ผลการทดสอบพบว่า สูตรที่ 1 คือ มีค่าความร้อน 6,853.21 kcal/kg มีปริมาณความชื้น 4.804% มีปริมาณเถ้า 26.250% มีอุณหภูมิการเผาไหม้เฉลี่ย 250.63 °C และระยะเวลาการเผาไหม้จนเป็นเถ้าเฉลี่ย 160 นาที สูตรที่ 2 มีค่าความร้อน 8,127.21 kcal/kg มีปริมาณความชื้น 4.37% มีปริมาณเถ้า 26.250% มีอุณหภูมิการเผาไหม้เฉลี่ย 270.2 °C และระยะเวลาการเผาไหม้จนเป็นเถ้าเฉลี่ย 180 นาที สูตรที่ 3 มีค่าความร้อน 7,657.40 kcal/kg มีปริมาณความชื้น 4.485% มีปริมาณเถ้า 26.641% มีอุณหภูมิการเผาไหม้เฉลี่ย 258 °C และระยะเวลาการเผาไหม้จนเป็นเถ้าเฉลี่ย 180 นาที จะเห็นได้ว่าสูตรที่ 2 มีประสิทธิภาพเชิงความร้อนที่ดีที่สุด จากทั้ง 3 อัตราส่วนที่ผลิตขึ้นมา เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช. 238/2547) สามารถใช้หุงต้มได้ดี ไม่มีการแตกประทุ ติดไฟได้ดี มีเขม่า และควันเล็กน้อย หลังจากนั้นผู้วิจัยทำการออกแบบการถ่ายทอดองค์ความรู้ผ่านเทคโนโลยีอินโฟกราฟิก สำหรับผู้สนใจสามารถเรียกดูได้ในรูปแบบสื่อมัลติมีเดีย โดยมีการประเมินประสิทธิภาพสื่อโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 คน โดยแบ่งเป็น ด้านเนื้อหา จำนวน 1 คน ด้านการออกแบบสื่อ จำนวน 2 คน ด้านการนำเสนอสื่อ จำนวน 2 คน พบว่า

ผลรวมการประเมินประสิทธิภาพสื่ออยู่ในระดับมากที่สุดทุกด้าน ค่าเฉลี่ย 4.93 คะแนน และนำสื่อที่ได้ไปประเมินความพึงพอใจโดยผู้
ที่สนใจ จำนวน 30 คน ปรากฏว่า ผลรวมการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานอยู่ในระดับมาก ค่าเฉลี่ย 4.48 คะแนน

คำสำคัญ: ถ่านอัดแท่ง เชื้อเพลิงอัดแท่ง เปลือกเมล็ดยางพารา อินโฟกราฟิก

ABSTRACT

The purpose of this research was to produce and test the thermal efficiency of charcoal briquettes made from waste from rubber plantations and analyzing, designing, and transferring the production process of charcoal briquettes through infographic technology. In the production of charcoal briquettes, scraps of rubber tree branches are used and rubber seed shells by using oily flour as a binder. Bring rubber tree branches and rubber seeds to dry in the sun. Then burn until charcoal and grind thoroughly. Mixed with tapioca starch and water, all 3 formulas are formula 1, rubber tree branches : tapioca starch : water in a ratio of 2 kg : 250 g : 1,400 ml, formula 2 rubber seed husks : tapioca starch : water in a ratio of 2 kg : 250 g : 1,000 ml, and formula 3, rubber tree branches : Rubber seed husk : tapioca starch : water in the ratio of 1 kg : 1 kg : 250 g : 1,200 ml, respectively, then extruded. Bring the charcoal to dry in the sun and testing for various thermal properties, namely calorific value, moisture content, ash content, average combustion temperature and burning time. The test results showed that formula 1 had a calorific value of 6,853.21 kcal/kg, a moisture content of 4.804%, an ash content of 26.250%, an average burning temperature of 250.63, and an average burning time of 160 minutes. formula 2 had calorific value 8,127.21 kcal/kg, moisture content 4.370%, ash content 26.250%, average combustion temperature 270.2, and average combustion time 180 minutes. Formula 3, heat value 7,657.40 kcal/kg, moisture content 4.485% with ash content of 26.641%, average burning temperature of 258 and average burning time of 180 minutes. It can be seen that formula 2 has the best thermal efficiency from all 3 ratios produced. Complies with community product standards (MCU 238/2547) in every aspect can be used to cook well no crackling, good flammability, little soot and smoke. After that, the researcher designs knowledge transfer through infographic technology. To those who are interested can browse and browse in the form of multimedia media. The media efficiency was evaluated by 5 experts, divided into 1 person for content, 2 for media design, and 2 for media presentation. It was found that the total media efficiency evaluation was at the highest level in all aspects 4.93 and take the media to evaluate satisfaction by 30 interested people. It appears that the total satisfaction assessment of users averages 4.48.

Keywords: Charcoal Briquettes, Fuel Briquettes, Rubber Seed Shells, Infographic

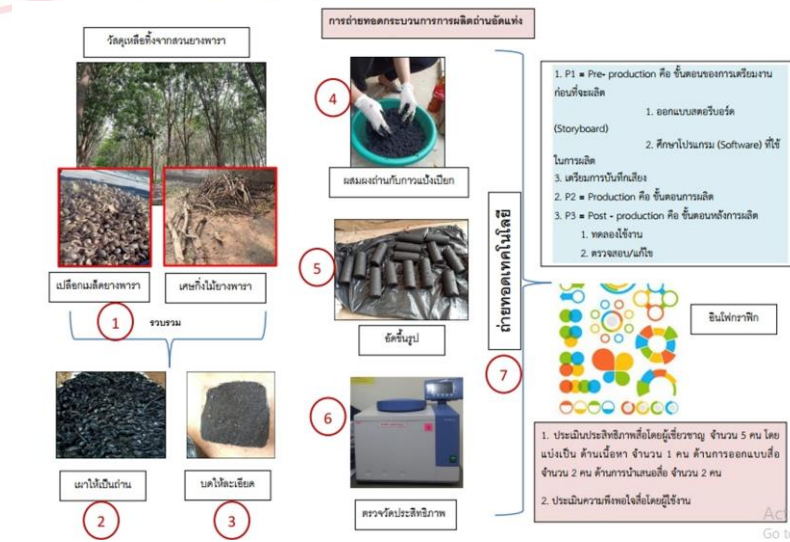
บทนำ

ปัจจุบันประเทศไทยมีการใช้พลังงานเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยแหล่งพลังงานในประเทศมีการผลิตไม่เพียงพอกับการใช้ จึงมีความจำเป็นในการนำเข้าพลังงาน (สำนักนโยบายและแผนพลังงาน, 2556) ดังนั้นควรมีแหล่งพลังงานเพื่อทดแทนการนำเข้าพลังงานจากต่างประเทศ โดยพลังงานทดแทนจากชีวมวลเป็นทางเลือกหนึ่งที่ประเทศไทยมีศักยภาพในการผลิต (กรมพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2555) การให้ความสำคัญกับสมดุลคาร์บอน และการลดการปลดปล่อยปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกสู่ชั้นบรรยากาศ เป็นประเด็นที่ทั่วโลกกำลังให้ความสำคัญเป็นอย่างมาก (Hu et al., 2021) การใช้พลังงานที่มาจากวัตถุดิบทางชีวมวลถือว่าเป็นอีกทางเลือกที่สามารถช่วยในเรื่องการรักษาสมดุลทางคาร์บอนได้ (Wang et al., 2023) และจากภาพรวมการใช้พลังงานของประเทศไทย (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน, 2564) ความต้องการใช้พลังงานในทุกภาคส่วนที่เพิ่มสูงขึ้นของประเทศไทย รวมถึงการใช้พลังงานความร้อนเพื่อการประกอบอาหารทั้งในครัวเรือน ร้านอาหาร หรืออุตสาหกรรม ดังนั้นการสรรหาแหล่งพลังงานทดแทน พลังงานชีวมวลจึงเป็นทางเลือกที่สำคัญและน่าสนใจ (จิรดา และจิตเรขา, 2561) และจากการสำรวจพบว่าประเทศไทยมีพื้นที่การปลูกยางพาราเป็นอันดับสองรองจากประเทศอินโดนีเซีย โดยมีพื้นที่ปลูกยางพาราประมาณ 23.113 ล้านไร่ (ฝ่ายวิจัยและพัฒนาเศรษฐกิจยาง การยางแห่งประเทศไทย, 2563) จึงมีวัสดุเหลือทิ้งที่เกิดจากต้นยางพารา ทั้งเศษกิ่งยางพารา และเปลือกเมล็ดยางพารา ซึ่งยางพาราสร้างรายได้ให้กับประเทศไทยเป็นจำนวนมากในรูปแบบของยางแผ่นรมควัน ยางแท่ง นอกจากการนำยางพาราซึ่งเป็นผลผลิตโดยตรงแล้ว ส่วนต่างๆ ของต้นยางพาราก็ยังสามารถนำไปใช้ประโยชน์อื่นๆ เช่น ใช้เป็นไม้แบบก่อสร้าง ลังไม้ เครื่องเรือน เยื่อกระดาษและใช้เป็นเชื้อเพลิงในโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ ในส่วนของเมล็ดจะมีบางส่วนที่จะถูกนำมาเพาะเป็นกล้ายางพารา โดยมีสัดส่วนชีวมวลต่อผลผลิตดังนี้ กิ่งไม้ยางพารา 5 ตัน/ไร่ ปลายไม้ และเปลือกไม้ยางพารา 12 ตัน/ไร่ (สำนักนโยบายและแผนพลังงาน, 2556) เปลือกผลยางพารายังไม่พบข้อมูลการสำรวจปริมาณและการนำมาใช้ประโยชน์ จึงถือว่าเป็นวัสดุที่มีความน่าสนใจ

ดังนั้น ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยจึงได้นำเปลือกเมล็ดยางพารา และเศษกิ่งไม้ยางพารามาผลิตเป็นเชื้อเพลิงถ่านอัดแท่ง เพื่อใช้ประโยชน์จากเศษวัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตรและทดแทนถ่านไม้ในการใช้หุงต้มในครัวเรือน และถ่ายทอดองค์ความรู้กระบวนการผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกผลยางพาราผ่านเทคโนโลยีอินโฟกราฟิก สำหรับผู้ที่สนใจสามารถเรียกดูได้ในรูปแบบสื่อมัลติมีเดียผ่านโทรศัพท์มือถือ หรืออุปกรณ์คอมพิวเตอร์ อื่นๆ ตามที่สะดวกได้อย่างง่าย

วิธีดำเนินการวิจัย

เนื่องจากการวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อถ่ายทอดองค์ความรู้ในกระบวนการผลิตถ่านอัดแท่งจากวัสดุเหลือทิ้งในสวนยางพาราผ่านเทคโนโลยีอินโฟกราฟิก ดังนั้นเพื่อให้บรรลุตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ และจะช่วยให้ผู้ที่สนใจเข้าถึงสื่อความรู้ได้ง่าย เข้าใจกระบวนการและสามารถผลิตถ่านอัดแท่งได้จากวัสดุใกล้ตัวช่วยลดต้นทุนด้านเชื้อเพลิงในการหุงต้มในครัวเรือน นอกจากนั้นยังช่วยเพิ่มมูลค่าของวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร ทางผู้วิจัยจึงต้องมีการออกแบบดำเนินการ แบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลักๆ คือ 1. การผลิตและทดสอบประสิทธิภาพถ่านอัดแท่ง 2. การวิเคราะห์ออกแบบการถ่ายทอดกระบวนการผลิตถ่านอัดแท่งผ่านเทคโนโลยีอินโฟกราฟิก ตามกรอบการดำเนินการต่อไปนี้



ภาพที่ 1 กรอบการดำเนินการวิจัย

รายละเอียดขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

1. ขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบ

1. นำเปลือกผลยางพารา กิ่งกล้วยพาราไปตากแดดให้แห้ง จนกว่าน้ำหนักวัตถุดิบจะคงที่ เพื่อลดความชื้นเนื่องจากวัตถุดิบที่มีความชื้นเมื่อนำไปเผาจะใช้เวลาในการเผาไหม้นาน
2. นำเปลือกผลยางพารา กิ่งกล้วยพารามาชั่งน้ำหนักก่อนเผา ประมาณ 5 กิโลกรัม
3. จากนั้นนำวัตถุดิบที่ทราบน้ำหนักใส่ในเตาเผาชีวมวลไร้ควัน ที่ใช้เผาเศษขยะมูลฝอยจากธรรมชาติ ในการเผาเปลือกผลยางพารา จะใช้เวลาในการเผา 1 ชั่วโมง 30 นาที เมื่อเผาเสร็จต้องรอให้เตาเย็นประมาณ 4-5 ชั่วโมง จึงจะนำออกจากเตาเผาได้
4. เตาชีวมวลสามารถบรรจุไม้ยางพาราและเปลือกผลยางพาราได้ 5 กิโลกรัม หลังจากเผาไหม้เสร็จ น้ำหนักของเปลือกผลยางพาราเหลือ 1.4 กิโลกรัม น้ำหนักของไม้ยางพาราเหลือ 1 กิโลกรัม
5. นำเปลือกผลยางพาราและกิ่งกล้วยพาราที่เผาแล้วไปบด โดยใช้เครื่องบด ผงถ่านที่ได้มีความละเอียดสม่ำเสมอ

2. ขั้นตอนการอัดถ่านอัดแท่ง

1. นำกิ่งกล้วยพารา และเปลือกผลยางพาราที่ผ่านการเผาและบดให้ละเอียดแล้ว ไปชั่งน้ำหนักตามอัตราส่วนที่กำหนดไว้ แล้วนำมาผสมกับน้ำแป้งมันสำปะหลัง ในอัตราส่วนที่กำหนดไว้ทั้ง 3 สูตร สูตรที่ 1 ผงถ่านกิ่งกล้วยพารา : แป้งมัน : น้ำ ในอัตราส่วน 2 กิโลกรัม : 250 กรัม : 1,400 มิลลิลิตร
- สูตรที่ 2 ผงถ่านเปลือกผลยางพารา : แป้งมัน : น้ำ ในอัตราส่วน 2 กิโลกรัม : 250 กรัม : 1,200 มิลลิลิตร
- สูตรที่ 3 ผงถ่านกิ่งกล้วยพารา : ผงถ่านเปลือกผลยางพารา : แป้งมัน : น้ำ ในอัตราส่วน 1 กิโลกรัม : 1 กิโลกรัม : 250 กรัม : 1,200 มิลลิลิตร จากนั้นผสมให้เข้ากัน ถ้าเนื้อผสมเกาะติดกันแสดงว่าสามารถนำไปขึ้นรูปได้
2. นำส่วนผสมไปเข้าเครื่องอัดขึ้นรูป

3. นำถ่านอัดแท่งที่ได้ไปตากแดดให้แห้งจนกว่าน้ำหนักจะคงที่ เพื่อลดความชื้น แล้วนำไปทดสอบหาค่าคุณสมบัติเชิงความร้อนของถ่านอัดแท่งต่อไป

3. การทดสอบหาประสิทธิภาพของถ่านอัดแท่ง

3.1 การหาค่าความหนาแน่น

วิธีการหาค่าความหนาแน่น

นำตัวอย่างเชื้อเพลิงมาชั่งน้ำหนักและวัดปริมาตร ในขณะที่ปริมาตรคำนวณได้จาก $p_h (R^2 - r^2)$ โดยการวัดความสูงและรัศมีภายนอกภายในของถ่านอัดแท่งโดยใช้เวอร์เนียสคาลิปเปอร์

สูตรที่ใช้ในการคำนวณหาปริมาณความหนาแน่น

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (1)$$

เมื่อ ρ = ความหนาแน่นของถ่านอัดแท่ง (g/cm^3)

m = มวลของถ่านอัดแท่ง (g)

V = ปริมาตรของถ่านอัดแท่ง (cm^3)

3.2 การหาค่าความร้อน (Heating Value) ASTM D5865

ทำการทดสอบหาค่าความร้อนโดยใช้เครื่อง Bomb Calorimeter ยี่ห้อ IKA รุ่น C1

วิธีการหาค่าความร้อน

1. บดถ่านอัดแท่งให้เป็นผงละเอียด แล้วนำไปชั่งน้ำหนักให้ได้ประมาณ 0.3 กรัม อัดเป็นเม็ด
2. นำถั่วเยื่อเพลิงใส่ในลูกบอมบ์ ผูกเส้นด้ายกับลวดด้านบนของตัวบอมบ์ ใส่เชื้อเพลิงให้วางทับเส้นด้าย โดยไม่ให้เส้นด้ายสัมผัสกับถั่วเยื่อเพลิง แล้วปิดฝาบอมบ์ให้แน่น
3. นำลูกบอมบ์ใส่ในตัวเครื่องบอมบ์แคลอริมิเตอร์ปิดฝาเครื่องให้แน่นสนิท
4. เมื่อเครื่องทำงานเสร็จอ่านค่าความร้อนที่แสดงบนหน้าจอในตัวเครื่อง ซึ่งค่าความร้อนที่ได้จะเป็นค่าความร้อนสูง (High Heating Value, HHV) และทำอัตราส่วนที่สองและสาม ตามลำดับ โดยเครื่องจะแสดงค่าความร้อนของเชื้อเพลิงในหน่วย กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม (kcal/kg)

3.3 การหาปริมาณความชื้น (Moisture Content) ASTM D3173

นำตัวอย่างมาวิเคราะห์โดยให้ความร้อนคงที่ในเตาอบ (Drying Oven) ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เพื่อให้ไอน้ำระเหยออกจากตัวอย่าง ค่าความชื้นที่ได้สามารถคำนวณจากน้ำหนักของตัวอย่างที่ลดลง

วิธีการหาปริมาณความชื้น

1. นำถั่วเยื่อครุชชีเบลที่สะอาดไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที แล้วพักให้เย็นในโถดูดความชื้น (Desiccators) 15 นาที นำไปชั่งน้ำหนัก บันทึกค่าของถั่วเยื่อครุชชีเบลก่อนนำตัวอย่างใส่
2. ใส่ตัวอย่าง 2 กรัม ลงในถั่วเยื่อครุชชีเบลแล้วนำไปชั่งน้ำหนัก บันทึกค่าเป็น W_1 น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ
3. นำไปอบในเตาอบอุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6-12 ชั่วโมง แล้วทำให้เย็นในโถดูดความชื้น 20 นาที จึงนำไปชั่งน้ำหนัก บันทึกค่าเป็น W_2 น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ

สูตรที่ใช้ในการคำนวณหาปริมาณความชื้น

$$M = \frac{(W_1 - W_2)}{W_1} \times 100 \quad (2)$$

เมื่อ M = ร้อยละของปริมาณความชื้น

W_1 = น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ (g)

W_2 = น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ (g)

3.4 การหาปริมาณเถ้า (Ash Content)

1. นำตัวอย่างที่อบไล่ความชื้นแล้ว ไปชั่งน้ำหนักก่อนเผา (B) แล้วไปเผาในเตาเผาที่อุณหภูมิ 750 องศาเซลเซียส ($^{\circ}\text{C}$) เป็นเวลานาน 2 ชั่วโมง

2. นำตัวอย่างออกจากเตาเผาไปทำให้เย็นในโถดูดความชื้น (Desiccators) 20 นาที จึงนำไปชั่งน้ำหนักหลังเผา (A)

สูตรที่ใช้ในการคำนวณหาปริมาณเถ้า

$$W = \frac{(A)}{B} \times 100 \quad (3)$$

เมื่อ A คือ น้ำหนักของตัวอย่างหลังเผา (g)

B คือ น้ำหนักของตัวอย่างก่อนเผา (g)

3.5 ทดสอบอัตราการเผาไหม้ของถ่านอัดแท่ง

โดยการนำถ่านไปเผาและจับเวลา เพื่อทำการเปรียบเทียบระยะเวลาการติดไฟ และเวลาที่เผาไหม้จนเป็นเถ้าของถ่านแต่ละอัตราส่วน

วิธีการทดสอบอัตราการเผาไหม้

1. นำถ่านอัดแท่งไปชั่งน้ำหนักให้ได้น้ำหนักประมาณ 200 กรัม ทุกอัตราส่วน จากนั้นทำการจุดไฟให้ติดเพื่อจับเวลาในการติดไฟ

2. นำถ่านที่จุดติดไฟแล้วไปเผาไหม้ในเตา และวัดอุณหภูมิในการเผาไหม้ภายในเตา โดยใช้เทอร์โมคัปเปิ้ล ทุกๆ 20 นาที จนกว่าถ่านเผาไหม้กลายเป็นเถ้าทั้งหมด

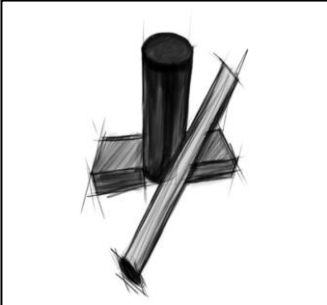
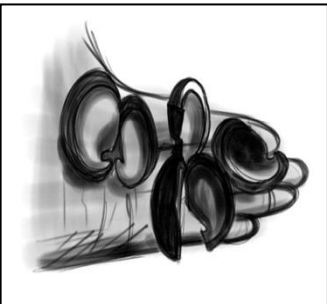
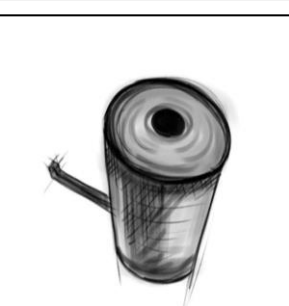
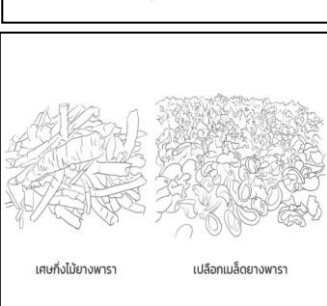
4. ขั้นตอนการวิเคราะห์ออกแบบสื่ออินโฟกราฟิก

1. วิเคราะห์เนื้อหาในการสร้างสื่ออินโฟกราฟิก พร้อมเลือกประเภทของอินโฟกราฟิกที่เหมาะสมกับ เนื้อหาสื่อที่ต้องการนำเสนอ โดยเลือกเป็นแบบภาพเคลื่อนไหว (Motion graphic) ถือเป็นอินโฟกราฟิกที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด เพราะสามารถดึงดูดให้ผู้ชมรู้สึกมีส่วนร่วมได้มากกว่าแบบภาพนิ่ง

2. ออกแบบ พัฒนาสื่ออินโฟกราฟิก ด้วยหลักการ 3P ประกอบด้วย

1. P1 = Pre - production คือ ขั้นตอนของการเตรียมงานก่อนที่จะผลิต

1. ออกแบบสตอรี่บอร์ด (Storyboard)

	Scene : ฉากที่ 1 การเตรียมวัตถุดิบ เวลา : คำอธิบาย : เปลือกเมล็ดยางพารา Sound Effect : เสียงบรรยาย ดนตรีประกอบ		Scene : ฉากที่ 5 การเตรียมวัตถุดิบ เวลา : คำอธิบาย : ตัวบล็อกอัดขึ้นรูป Sound Effect : เสียงบรรยาย ดนตรีประกอบ
	Scene : ฉากที่ 2 การเตรียมวัตถุดิบ เวลา : คำอธิบาย : เศษกิ่งไม้ยางพารา Sound Effect : เสียงบรรยาย ดนตรีประกอบ		Scene : ฉากที่ 6 ขั้นตอนการผลิตถ่านอัดแท่ง เวลา : คำอธิบาย : นำเปลือกเมล็ดยางพาราและเศษกิ่งไม้ยางพาราไปตากแดดให้แห้ง Sound Effect : เสียงบรรยาย ดนตรีประกอบ
	Scene : ฉากที่ 3 การเตรียมวัตถุดิบ เวลา : คำอธิบาย : กาวแป้งเปียก Sound Effect : เสียงบรรยาย ดนตรีประกอบ		Scene : ฉากที่ 7 ขั้นตอนการผลิตถ่านอัดแท่ง เวลา : คำอธิบาย : นำไปเผาให้เป็นถ่านด้วยเตาเผาชีวมวล ที่มีความจุประมาณ 4 กิโลกรัม ใช้เวลาในการเผา 1 ชั่วโมง 30 นาที Sound Effect : เสียงบรรยาย ดนตรีประกอบ
	Scene : ฉากที่ 4 การเตรียมวัตถุดิบ เวลา : คำอธิบาย : เตาเผาชีวมวล Sound Effect : เสียงบรรยาย ดนตรีประกอบ		Scene : ฉากที่ 8 ขั้นตอนการผลิตถ่านอัดแท่ง เวลา : คำอธิบาย : รอให้เย็นประมาณ 5 ชั่วโมง จึงจะเอาออกจากเตาเผาได้ Sound Effect : เสียงบรรยาย ดนตรีประกอบ

ภาพที่ 2 การออกแบบสตอรี่บอร์ด (Storyboard)

2. ศึกษาโปรแกรม (Software) ที่ใช้ในการผลิตสื่ออินโฟกราฟิก

3. เตรียมการบันทึกเสียง

2. P2 = Production คือ ขั้นตอนการผลิต



ภาพที่ 3 สื่ออินโฟกราฟิกที่ผลิตขึ้นแสดงขั้นตอนตั้งแต่การเตรียมอุปกรณ์ไปจนถึงกระบวนการผลิตถ่านอัดแท่ง

3. P3 = Post - production คือ ขั้นตอนหลังการผลิต

1. ทดลองใช้งานสื่ออินโฟกราฟิก
2. ตรวจสอบ/แก้ไข

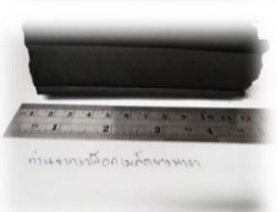
3. ประเมินประสิทธิภาพสื่อโดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 คน โดยแบ่งเป็น ด้านเนื้อหา จำนวน 1 คน ด้านการออกแบบสื่อ จำนวน 2 คน ด้านการนำเสนอสื่อ จำนวน 2 คน

4. ประเมินความพึงพอใจสื่อโดยผู้ใช้งาน จำนวนอาสาสมัครที่ใช้เพื่อประเมินการใช้งานกราฟิกกระบวนการทำถ่านอัดแท่งโดยอาสาสมัครจะมาจากชาวสวนที่มีการปลูกยางพารา ณ บ้านนาเดื่อ ตำบลนาเดื่อ หมู่ที่ 1 ที่มีความสนใจในการผลิตถ่านอัดแท่งจากวัสดุเหลือทิ้งในสวนยางพารา โดยได้รับการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ เรื่อง กระบวนการผลิตถ่านอัดแท่งจากวัสดุเหลือทิ้งในสวนยางพาราและการถ่ายทอดผ่านเทคโนโลยี อินโฟกราฟิก (Charcoal Briquette Production Process From Rubber Plantation Waste And Transfer Via Infographic Technology) เป็นที่เรียบร้อยแล้วตามหมายเลข HE 66 – 063

1. ผลทางกายภาพของถ่านที่ผลิตได้

จากการทดลองผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกผลยางพารา และเศษกิ่งไม้ยางพารา โดยใช้แ่งมันสำปะหลังเป็นตัวประสาน พบว่าสามารถผลิตถ่านอัดแท่งขึ้นรูปได้เป็นอย่างดีโดยมีลักษณะทางกายภาพดังที่แสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ลักษณะทางกายภาพของถ่านอัดแท่งจากวัสดุเหลือทิ้งในสวนยางพารา โดยใช้แ่งมันสำปะหลังเป็นตัวประสาน

สูตรที่	ลักษณะทางกายภาพของถ่านอัดแท่ง
1	 ผิวของถ่านอัดแท่งมีลักษณะเรียบแน่น เนื้อประสานกันดี มีรอยร้าวเล็กน้อย ยึดติดกันเป็นแท่งตามรูปทรงได้ดีมาก
2	 ผิวของถ่านอัดแท่งมีลักษณะเรียบแน่น เนื้อประสานกันดี ไม่มีรอยร้าว ยึดติดกันเป็นแท่งตามรูปทรงได้ดีมาก
3	 ผิวของถ่านอัดแท่งมีลักษณะเรียบแน่น เนื้อประสานกันดี มีรอยร้าวเล็กน้อย ยึดติดกันเป็นแท่งตามรูปทรงได้ดีมาก

จะเห็นว่าลักษณะทางกายภาพภายนอกของถ่านอัดแท่งทั้ง 3 สูตร มีลักษณะใกล้เคียงกันมาก โดยมีลักษณะผิวเรียบ เนื้อแน่น เนื้อประสานกันได้ดี ยึดติดกันเป็นแท่งตามรูปทรงได้ดีมาก และมีรอยร้าวเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

2. ผลการทดสอบคุณสมบัติของถ่านอัดแท่ง

จากนั้นนำถ่านอัดแท่งไปทดสอบหาคุณสมบัติทางด้านความร้อนด้วยเครื่อง Bomb Calorimeter ยี่ห้อ IKA รุ่น C1 ได้ผลดังแสดง ในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบหาคุณสมบัติทางด้านความร้อนของเชื้อเพลิง

สูตรที่	ค่าความร้อน (kcal/kg)
1	6,853.21
2	8,127.21
3	7,657.40

จากตารางที่ 2 ผลการทดสอบหาคุณสมบัติความเป็นเชื้อเพลิงทางด้านความร้อน จะเห็นได้ว่า ถ่านอัดแท่งที่มีอัตราส่วนผสมของถ่านจากเปลือกเมล็ดยางพารา จะมีค่าความร้อนที่สูง และมีระยะเวลาเผาไหม้ที่นานกว่าสูตรอื่นๆ เนื่องจากเปลือกเมล็ดยางพารา ที่มีลักษณะคล้ายไม้เนื้อแข็ง มีความแข็งแรง

จากการทดลองหาคุณสมบัติของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากวัสดุเหลือทิ้งในสวนยางพารา โดยใช้แยมันสำปะหลังเป็นตัวประสาน ทั้ง 3 สูตร โดยการหาค่าความหนาแน่น ปริมาณความชื้น ปริมาณเถ้า และปริมาณความร้อน ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการทดลองหาคุณสมบัติของตัวอย่างเชื้อเพลิงที่ดี

ลำดับที่	คุณสมบัติ	หน่วย	สูตรที่		
			1	2	3
1	ค่าความหนาแน่น	g/cm ³	1.102	1.117	1.102
2	ปริมาณความชื้น (Moisture Content)	%	4.804	4.37	4.485
3	ปริมาณเถ้า (Ash Content)	%	26.250	22.171	26.641
4	ปริมาณความร้อน(Heating Value)	kcal/kg	6,853.21	8,127.21	7,657.40

จากตารางที่ 3 ผลการทดลองหาประสิทธิภาพของถ่านอัดแท่งจากวัสดุเหลือทิ้งในสวนยางพารา โดยใช้แยมันสำปะหลังเป็นตัวประสาน จะเห็นว่าสูตรที่ 2 มีค่าความร้อนสูงที่สุดเมื่อเทียบกับสูตรอื่นๆ จึงกล่าวได้ว่าถ่านอัดแท่งที่มีปริมาณเปลือกเมล็ดยางพารา จะทำให้ปริมาณค่าความร้อนเพิ่มขึ้น และพบว่าเชื้อเพลิงอัดแท่งทั้ง 3 สูตร มีปริมาณความชื้นใกล้เคียงกัน 4.80%, 4.37% และ 4.48% ตามลำดับ ซึ่งปริมาณความชื้นจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามสัดส่วนน้ำที่ใส่ในการผสมผงถ่าน ที่ได้จากกิ่งไม้ยางพาราที่มีความฟุ้งกระจายสูงและจับตัวกันไยากกว่าสูตรอื่นจึงมีการเติมน้ำที่มากกว่าสูตรอื่นจึงจะสามารถบีบอัด และขึ้นรูปได้ ในขณะที่ปริมาณแยมันสำปะหลังคงที่ทุกอัตราส่วน ทั้ง 3 สูตรมีปริมาณเถ้าใกล้เคียงกันเท่ากับ 26.250%

จากการทดลองประสิทธิภาพของถ่านอัดแท่งที่ผลิตขึ้น พบว่าถ่านอัดแท่งในสูตรที่ 2 ที่ได้จากผงถ่านเปลือกเมล็ด ยางพาราที่มีลักษณะทางกายภาพคล้ายไม้เนื้อแข็งมากที่สุด ส่งผลให้มีอุณหภูมิการเผาไหม้ที่สูงที่สุด และเนื่องจากมีความหนาแน่นสูงส่งผลให้ระยะเวลาการเผาไหม้นานกว่าอัตราส่วนอื่นด้วย ถือได้ว่าเป็นอัตราส่วนที่ดีที่สุดจากการทดลองทั้งสามอัตราส่วน จึงนำสูตรที่ 2 มาพิจารณาเปรียบเทียบกับถ่านไม้ตามท้องตลาด ผลการทดลองที่ได้ในปริมาณตัวอย่างละ 500 กรัม พบว่า ถ่านอัดแท่งจากเปลือกเมล็ดยางพาราจุดติดไฟได้ง่ายกว่า มีระยะเวลาในการเผาไหม้ที่ยาวนานกว่า และมีอุณหภูมิการเผาไหม้สูงกว่า เมื่อเทียบกับถ่านไม้ตามท้องตลาด ดังที่แสดงในภาพที่ 4 (ข)



วารสารวิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย

4. ผลการประเมินการออกแบบและถ่ายทอดผ่านสื่ออินโฟกราฟิก

สำหรับการประเมินประสิทธิภาพสื่อ ทางผู้วิจัยได้นำสื่อที่ผลิตได้ส่งประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 คน โดยแบ่งเป็น ด้านเนื้อหา จำนวน 1 คน ด้านการออกแบบสื่อ จำนวน 2 คน ด้านการนำเสนอสื่อ จำนวน 2 คน ได้ผลการประเมิน ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการประเมินประสิทธิภาพของผู้เชี่ยวชาญ

รายการประเมินประสิทธิภาพ	$\bar{x}$	S.D.	ผลการประเมิน
ด้านการออกแบบสื่อ	5.00	0.00	มากที่สุด
ด้านเสียงบรรยายประกอบสื่อ	4.95	0.22	มากที่สุด
ด้านการนำเสนอสื่อ	4.85	0.36	มากที่สุด
ผลรวม	4.93	0.25	มากที่สุด

จากตารางที่ 4 พบว่า ผลการประเมินประสิทธิภาพของผู้เชี่ยวชาญทุกด้านอยู่ในระดับมากที่สุด หากจำแนกตามรายละเอียดการประเมินทุกด้านอยู่ในระดับมากที่สุด

5. ผลประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน

การประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน เป็นชาวบ้านที่มีส่วนยางพาราหรือผู้ที่สนใจในการผลิตถ่านอัดแท่ง และมีความพร้อมในการให้ข้อมูลและมีโทรศัพท์มือถือ จำนวน 30 คน ได้ผลดังต่อไปนี้

ตารางที่ 5 ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน

รายการประเมินความพึงพอใจ	$\bar{x}$	S.D.	ผลการประเมิน
ด้านเนื้อหา	4.43	0.56	มาก
ด้านการออกแบบ	4.47	0.58	มาก
ด้านประโยชน์ที่ได้รับ	4.55	0.58	มากที่สุด
ผลรวม	4.48	0.58	มาก

จากตารางที่ 5 พบว่า ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานอยู่ในระดับมาก หากจำแนกตามรายละเอียดการประเมินทุกด้านอยู่ในระดับมาก ยกเว้นด้านประโยชน์ที่ได้รับอยู่ในระดับมากที่สุด

สรุปผลการวิจัย

ผลจากการทดลองหาประสิทธิภาพของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเศษวัสดุเหลือทิ้งในสวนยางพารา นำมาตากแดด หลังจากนั้นนำมาเผาและบดให้เป็นผงถ่าน โดยใช้แ่งมันสำปะหลังเป็นตัวประสาน และใช้น้ำเป็นตัวทำละลาย นำมาอัดขึ้นรูปเป็น ถ่านอัดแท่งทั้ง 3 สูตร สามารถอัดขึ้นรูปเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่งได้ และสามารถจุดติดไฟได้ มีอุณหภูมิและระยะเวลาในการเผาไหม้ที่ เพียงพอต่อการประกอบอาหาร ผลจากการทดสอบหาประสิทธิภาพของเชื้อเพลิงถ่านอัดแท่งที่ผลิตขึ้น ได้ผลดังต่อไปนี้

สูตรที่ 1 มีค่าความร้อน 6,853.21 kcal/kg มีปริมาณความชื้น 4.804% มีปริมาณเถ้า 26.250% มีค่าความหนาแน่น 1.102 g/cm³ มีอุณหภูมิการเผาไหม้เฉลี่ย 250.63 °C และระยะเวลาการเผาไหม้จนเป็นเถ้าเฉลี่ย 160 นาที

สูตรที่ 2 มีค่าความร้อน 8,127.21 kcal/kg มีปริมาณความชื้น 4.37% มีปริมาณเถ้า 26.250% มีค่าความหนาแน่น 1.117 g/cm³ มีอุณหภูมิการเผาไหม้เฉลี่ย 270.2 °C และระยะเวลาการเผาไหม้จนเป็นเถ้าเฉลี่ย 180 นาที

สูตรที่ 3 มีค่าความร้อน 7,657.40 kcal/kg มีปริมาณความชื้น 4.485% มีปริมาณเถ้า 26.641% มีค่าความหนาแน่น 1.102 g/cm³ มีอุณหภูมิการเผาไหม้เฉลี่ย 258 °C และระยะเวลาการเผาไหม้จนเป็นเถ้าเฉลี่ย 180 นาที

สำหรับการออกแบบการถ่ายทอดกระบวนการขั้นตอนการผลิตถ่านอัดแท่งด้วยเทคโนโลยีอินโฟกราฟิกได้มีการประเมิน 2 กลุ่ม คือ ประเมินประสิทธิภาพ โดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 คน และ ประเมินการใช้งาน โดยผู้ใช้งานจริงที่สนใจการผลิตถ่านอัดแท่ง จำนวน 30 คน ได้ผลดังนี้ ผลรวมการประเมินประสิทธิภาพของสื่ออินโฟกราฟิกทุกด้านอยู่ในระดับมากที่สุด และผลรวมการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานอยู่ในระดับมาก

อภิปรายผลการวิจัย

ถ่านอัดแท่งที่ผลิตขึ้นทั้ง 3 สูตร เป็นไปตามข้อกำหนดในมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านอัดแท่ง (มผช. 238/2547) คือ รูปทรงของถ่านอัดแท่งมีรูปทรงเดียวกัน ขนาดใกล้เคียงกัน มีสีดำสม่ำเสมอ ไม่เปราะ อาจแตกหักได้บ้าง ปริมาณความชื้นไม่เกิน 8% แต่มีบางค่าที่ไม่ได้เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านอัดแท่ง (มผช. 238/2547) คือมีปริมาณเถ้ามาก ถ่านอัดแท่งที่ผลิตขึ้นทั้ง 3 สูตร มีค่าความชื้น คือ 4.804%, 4.37% และ 4.485% ตามลำดับ ทั้ง 3 สูตรมีค่าความชื้นไม่เกินมาตรฐาน คือไม่เกิน 8% ส่งผลทำให้ค่าความร้อนที่ได้สูง และค่าความร้อนของถ่านอัดแท่งที่ผลิตขึ้นทั้ง 3 สูตร มีค่าเท่ากับ 6,853.21 kcal/kg, 8,127.21 kcal/kg และ 7,657.40 kcal/kg ตามลำดับ ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน คือ ค่าความร้อนไม่น้อยกว่า 5,000 kcal/kg และค่าความหนาแน่น คือ 1.102 g/cm³, 1.102 g/cm³ และ 1.117 g/cm³ ถ่านที่มีความหนาแน่นมาก จะทำให้ผิวเรียบ ไม่แตก อัตราการเผาไหม้นานขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่า มีประสิทธิภาพการให้ความร้อนที่ดี เมื่อติดไฟไม่มีการเกิดสะเก็ดไฟกระเด็น และยังสามารถให้ความร้อนเป็นระยะเวลาที่ยาวนาน และมีค่าความร้อนที่สูงกว่าละอุนสมบัติอื่นๆ ใกล้เคียงกัน เมื่อเปรียบเทียบกับถ่านอัดแท่งจากเปลือกเมล็ดยางพาราผสมกับกากน้ำตาล อัตราส่วน 1 : 2 คืออัตราส่วนที่ดีที่สุด ได้ค่าความร้อน 5,330 kcal/kg มีปริมาณเถ้า 33.85% เวลาในการจุดติดไฟ 1 นาที อุณหภูมิการเผาไหม้เฉลี่ย 242.8 °C และระยะเวลาในการเผาไหม้เฉลี่ย 190 นาที (สินีนาง และวิซขตา, 2562)

จึงสามารถสรุปได้ว่า วัสดุเหลือทิ้งจากสวนยางพารา เช่น กิ่งไม้ยางพารา และเปลือกผลยางพารา สามารถนำมาใช้ประโยชน์เพื่อเป็นวัตถุดิบในการผลิตเป็นถ่านอัดแท่ง ใช้สำหรับการหุงต้มในครัวเรือนได้ ที่สำคัญเป็นทางเลือกที่ดีสำหรับใช้เป็นแหล่งพลังงานทดแทน พลังงานที่มีอย่างจำกัดต่อไปได้

การถ่ายทอดกระบวนการผลิตถ่านอัดแท่งผ่านสื่ออินโฟกราฟิกถือเป็นสื่อที่ทำให้ผู้ที่สนใจในการผลิตถ่านอัดแท่งจากวัสดุเหลือทิ้งต่างๆ เข้าถึงได้ และเข้าใจง่าย ผ่านสมาร์ตโฟน ใช้เป็นแนวทางในการผลิตถ่านอัดแท่งจากวัสดุอื่นๆ ต่อไปได้

ข้อเสนอแนะ

1. วัตถุดิบที่จะนำมาทำถ่านอัดแท่งควรตากแดดให้แห้งสนิท เพื่อลดปริมาณความชื้น ซึ่งจะส่งผลต่อการเผาไหม้ที่ดี และช่วยให้ระยะเวลาในการเผาไหม้เป็นถ่านไม่ใช้เวลานาน
2. หลังจากเผาถ่านเสร็จแล้วควรปล่อยให้เตาเผาเย็นสนิท ค่อยนำถ่านที่เผาออกจากเตาเผา เพื่อป้องกันการสัมผัสอากาศและเกิดการเผาไหม้ต่อเนื่องจะทำให้ถ่านที่เผาเสียหายกลายเป็นเถ้า
3. ในการอัดขึ้นรูปถ่านอัดแท่ง โดยมากใช้แบริ่งสำหรับหลังผสมผงถ่านในสัดส่วนประมาณ 10% โดยน้ำหนัก และใช้น้ำเป็นตัวทำละลายให้แบริ่งเกิดความเหนียวอีกประมาณ 8% โดย น้ำหนัก แบริ่งช่วยให้ง่ายต่อการยึดเกาะตัวของผงถ่านในการขึ้นรูป ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความชื้นของวัตถุดิบ และลักษณะของเครื่องอัดแท่ง

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนา ที่ให้ทุนสนับสนุนการวิจัยพื้นฐาน สำหรับบุคลากรมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร จากงบประมาณเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2565

เอกสารอ้างอิง

- กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. (2564). สถานการณ์พลังงานของประเทศไทย มกราคม 2564. ค้นจาก <https://www.dede.go.th/download/stat63/>
- กรมพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2555). แผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก 25% ใน 10 ปี (พ.ศ. 2555-2564). กระทรวงพลังงาน. กรุงเทพฯ: 15.
- ธิดา รอดเสียงลั้ง และจิตเรขา ปากสมุทร. (2561). การบ่อนเครดิตอีกหนึ่งบทบาทของพลังงานชีวมวล. วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม, 14(1), 86-101.
- ฝ่ายวิจัยและพัฒนาเศรษฐกิจยาง การยางแห่งประเทศไทย. (2563). สถานการณ์ยางพาราปี 2564 และแนวโน้มปี 2564. ค้นจาก <http://www.raot.co.th/>
- พัชรา วาณิชวิน. (2558). ศักยภาพของอินโฟกราฟิก (Infographic) ในการเพิ่มคุณภาพการเรียนรู้. วารสารปัญญาภิวัฒน์, 7(ฉบับพิเศษ), 227-240.
- สินีนางู กางทอง และวิชชุดา ภาโส. (2562). สมบัติด้านความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกเมล็ดยางพาราและกากน้ำตาล (รายงานการวิจัย). มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร
- สำนักนโยบายและแผนพลังงาน. (2556). รายงานสถิติพลังงานของประเทศไทย 2013. กรุงเทพฯ : กระทรวงพลังงาน

- Hu, K. et al. 2021. The effect of energy resources on economic growth and carbon emissions: A way forward to carbon neutrality in an emerging economy, **Journal of Environmental Management**, 15, 113448. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.113448>
- Wang, Z. et al. 2023. Research on the improvement of carbon neutrality by utilizing agricultural waste: Based on a life cycle assessment of biomass briquette fuel heating system, **Journal of Cleaner Production**, 140365. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.140365>

การพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการกองทุนสหกรณ์ข้าว หมู่บ้านดอนขาว
ตำบลช้างมิ่ง อำเภอพรรณานิคม จังหวัดสกลนคร

Development of Cooperative Fund Management Information System in
the Donkhao Village Changming Subdistrict, Phanna Nikhom District,
Sakon Nakhon Province

นิภาพร ชนมะมาร์¹ สุพจน์ หล่อณสีว² วีระศักดิ์ เจริญรัตน์³ และ ปิยวรรณ โกปาสอน^{4*}

Nipaporn Chanamarn¹ Suphot Lonsiw² Weerasak Charoenrat³ and Piyawan Thopasorn^{4*}

^{1,2,3,4}สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร จังหวัดสกลนคร 47000

^{1,2,3,4}Department of Computer, Faculty of Science and Technology, Sakon Nakhon Rajabhat University, Sakon Nakhon Province, 47000

*Corresponding author E-mail: piyawan@snru.ac.th

Received 24 January 2024, Accepted 15 May 2024, Published 21 May 2024

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการกองทุนสหกรณ์ข้าว หมู่บ้านดอนขาว ตำบลช้างมิ่ง อำเภอพรรณานิคม จังหวัดสกลนคร 2) ประเมินประสิทธิภาพระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการกองทุนสหกรณ์ข้าว และ 3) ประเมินความพึงพอใจระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการกองทุนสหกรณ์ข้าว ดำเนินการพัฒนามาตามวงจรการพัฒนาแบบ (SDLC) พัฒนาระบบด้วยภาษา PHP HTML CSS JavaScript SQL และจัดการฐานข้อมูลด้วย MySQL การประเมินประสิทธิภาพด้วยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 คน และกลุ่มตัวอย่างประเมินความพึงพอใจของระบบ จำนวน 49 คน โดยใช้เกณฑ์หรือการประมาณจากจำนวนประชากร

ผลการวิจัยพบว่า ระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการกองทุนสหกรณ์ข้าวหมู่บ้านดอนขาว สามารถใช้งานได้ ช่วยให้การดำเนินงานของกองทุนมีประสิทธิภาพมากขึ้น มีการจัดเก็บ ค้นหา และรายงานข้อมูลกองทุนสหกรณ์ข้าวที่สะดวกและรวดเร็ว ช่วยลดปัญหาการสูญหายของข้อมูล มีระบบการยืม - คืน ของสมาชิกกองทุนสหกรณ์ข้าวที่สะดวกมากขึ้น โดยพิจารณาผลการประเมินประสิทธิภาพจากผู้เชี่ยวชาญ พบว่า ภาพรวมของระบบมีประสิทธิภาพอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.58, S.D. = 0.46) และผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.51, S.D. = 0.55)

คำสำคัญ: ระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการ ระบบกองทุนสหกรณ์ข้าว สหกรณ์หมู่บ้านดอนขาว ประเมินประสิทธิภาพ ประเมินความพึงพอใจ

ABSTRACT

The objective of this research is threefold: 1) to develop an management information system for the rice cooperative fund in Don Khao village, Changming subdistrict, Pannikhom district, Sakon Nakhon province; 2) to evaluate the efficiency of the rice cooperative fund management information system in Don Khao village; and 3) to assess user satisfaction with the system. The development process follows the System Development Life Cycle (SDLC) and involves the use of PHP, HTML, CSS, JavaScript, SQL, and the management of databases with MySQL. A sample of 49 people was by using criteria or estimates from the population. The results show that the information system for the rice cooperative fund in Don Khao Village is practical and significantly enhances the efficiency of fund management. It facilitates convenient and rapid storage, retrieval, and reporting of information related to the rice cooperative fund, thereby reducing the risk of data loss. Additionally, it provides a more convenient system for borrowing and returning funds for rice cooperative members. Based on the performance assessment results from experts, it was found that the overall performance of the system was at the highest level ($\bar{X}$ =4.58, S.D. = 0.46) and user satisfaction was high ($\bar{X}$ =4.51, S.D.=0.55).

Keywords: Management Information System, Cooperative Fund System, Donkhao Village Cooperative, Performance Assessment, Satisfaction Assessment

บทนำ

กองทุนสหกรณ์ข้าวหมู่บ้านดอนขาวได้จัดตั้งมานานนับ 10 ปี ปัจจุบันตั้งอยู่ ณ ศาลาประชาคม บ้านดอนขาว ตำบลช้างมิ่ง อำเภอพรรณานิคม จังหวัดสกลนคร การก่อตั้งกลุ่มกองทุนข้าวมีวัตถุประสงค์เพื่อแก้ไขปัญหาของกลุ่มอาชีพเกษตรกร บ้านดอนขาว ที่ประสบปัญหาด้านการขาดแคลนเงินทุน ปัญหาผลผลิตการเกษตรไม่เพียงพอต่อการดำรงชีพ และกลุ่มกองทุนสหกรณ์ข้าวได้เข้ามาช่วยแก้ไขปัญหา โดยการให้สมาชิกกลุ่มเกษตรกรสามารถยืม - คืนข้าวจากกองทุนสหกรณ์ข้าวได้ ซึ่งการดำเนินการแต่ละขั้นตอนจะต้องมีการจดบันทึกข้อมูลรายการยืม - คืน ของสมาชิก ข้อมูลรายรับ - รายจ่ายของกองทุนสหกรณ์ข้าว ลงในสมุดบันทึกไว้เพื่อดูข้อมูลการยืม - คืน ข้าวและรายรับ - รายจ่ายของสมาชิกกองทุนสหกรณ์ข้าว รวมถึงข้อมูลจำนวนข้าวคงเหลือในคลังข้าว ซึ่งปัจจุบันสมาชิกในกลุ่มกองทุนสหกรณ์ข้าวมีจำนวนเพิ่มมากขึ้นและมีการ ยืม - คืน ข้าวจากสหกรณ์เป็นจำนวนมาก ส่งผลให้เกิดปัญหาเรื่องการจัดเก็บ การค้นหาข้อมูล และการรายงานผลมีความล่าช้าหรือเกิดข้อผิดพลาดในการทำงานของเจ้าหน้าที่เนื่องจากข้อมูลมีความซ้ำซ้อนและปริมาณเพิ่มขึ้น นอกจากนี้สมุดจดบันทึกข้อมูลของกองทุนสหกรณ์ข้าวมีการสูญหายบ่อยครั้ง (พิทยา สัพโส, ธันวาคม 2563: สัมภาษณ์)

ระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการเป็นโครงสร้างหรือเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวม ประมวลผล และนำเสนอข้อมูลที่สำคัญเพื่อการบริหารจัดการ ช่วยให้องค์กรหรือธุรกิจทำงานอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้นเนื่องจากการพัฒนาระบบมีการวางแผนและออกแบบให้สอดคล้องกับความต้องการและวัตถุประสงค์ขององค์กรหรือธุรกิจ ช่วยลดการใช้ทรัพยากรทั้งทางมนุษย์และทางการเงิน และเพิ่มประสิทธิภาพในการดำเนินการทั่วไป ช่วยให้หน่วยงานสามารถตรวจสอบและปรับปรุงกระบวนการต่างๆ ตามความเปลี่ยนแปลงในสภาพแวดล้อมภายนอกและภายใน การมีระบบสารสนเทศที่เป็นที่ยอมรับมากขึ้น ช่วยให้มีความโปร่งใสใน

การดำเนินงาน โดยทำให้ข้อมูลสามารถเข้าถึงได้ง่ายและมีความน่าเชื่อถือ การพัฒนาระบบสารสนเทศเป็นหนึ่งในกลยุทธ์ที่สำคัญในการเพิ่มประสิทธิภาพและความเป็นไปได้ในการประสบความสำเร็จของหน่วยงานในยุคปัจจุบัน โดยมีนักวิจัยหลากหลายศาสตร์ได้ทำวิจัยเกี่ยวกับการพัฒนาระบบสารสนเทศ ตัวอย่างเช่น งานวิจัยของ เพียรทิพย์ และคณะ (2564) ได้ทำวิจัยเกี่ยวกับการพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการบริหารจัดการงานบัณฑิตนิพนธ์ มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการบริหารจัดการงานบัณฑิตนิพนธ์ 2) หาประสิทธิภาพของระบบสารสนเทศ และ 3) ศึกษาความพึงพอใจของผู้ใช้ระบบระบบสารสนเทศ ผลการวิจัยพบว่า ระบบที่พัฒนาขึ้นประกอบด้วยระบบงานย่อย 7 ระบบคือ การจัดการข้อมูลผู้ใช้งาน การจัดการข้อมูลพื้นฐาน การจัดการข้อมูลบัณฑิตนิพนธ์ การจัดการข้อมูลการสอบบัณฑิตนิพนธ์ การจัดการข้อมูลเอกสารบัณฑิตนิพนธ์ การค้นหาและติดตามข้อมูลบัณฑิตนิพนธ์ และการจัดทำรายงาน ผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบโดยผู้เชี่ยวชาญในภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด และผลการศึกษาความพึงพอใจของผู้ใช้ระบบในภาพรวมอยู่ในระดับมาก งานวิจัยของ เสมอ (2562) ได้ทำวิจัยเกี่ยวกับการพัฒนาและหาประสิทธิภาพของโปรแกรมระบบงานสหกรณ์ วิทยาลัยอาชีวศึกษาสุโขทัย มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาโปรแกรมระบบงานสหกรณ์วิทยาลัยอาชีวศึกษาสุโขทัย 2) ประเมินประสิทธิภาพของโปรแกรมระบบงานสหกรณ์วิทยาลัยอาชีวศึกษาสุโขทัย และ 3) ศึกษาความพึงพอใจของผู้ใช้ต่อการใช้โปรแกรมระบบงานสหกรณ์วิทยาลัยอาชีวศึกษาสุโขทัย ผลการวิจัย พบว่า 1) โปรแกรมระบบงานสหกรณ์วิทยาลัยอาชีวศึกษาสุโขทัย สร้างด้วยโปรแกรมฐานข้อมูล MySQL ใช้กำหนดโครงสร้างในการจัดเก็บข้อมูลร่วมกับโปรแกรมภาษา PHP ใช้ออกแบบส่วนติดต่อกับผู้ใช้ ได้แก่ เมนูเลือกการรับข้อมูล การแก้ไข การประมวลผล การลบข้อมูล และการรายงานผลข้อมูล คลอบคลุมการทำงานในส่วน สต็อกสินค้า ขายสินค้าหน้าร้าน และงานจัดการสมาชิก 2) โปรแกรมระบบงานสหกรณ์วิทยาลัยอาชีวศึกษาสุโขทัยมีประสิทธิภาพการทำงานด้านความถูกต้องอยู่ในระดับมากที่สุด ด้านประโยชน์ของโปรแกรมอยู่ระดับมาก ด้านองค์ประกอบของโปรแกรม อยู่ในระดับมาก 3) ความพึงพอใจต่อการใช้โปรแกรมระบบงานสหกรณ์วิทยาลัยอาชีวศึกษาสุโขทัย อยู่ในระดับมาก และงานวิจัยของ วรพล และคณะ (2565) ได้ทำวิจัยเกี่ยวกับการพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการบริหารงานวิจัยสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการบริหารงานวิจัย สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี และ 2) ประเมินความพึงพอใจการใช้งานระบบสารสนเทศ กลุ่มตัวอย่างประกอบด้วยผู้บริหารสถาบันวิจัยและพัฒนา เจ้าหน้าที่สถาบันวิจัยและพัฒนา และผู้ประสานงานวิจัยระดับคณะ จำนวน 12 ราย เก็บรวบรวมข้อมูลเชิงคุณภาพโดยการสัมภาษณ์ความต้องการระบบและเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงปริมาณโดยการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานดังกล่าวในการใช้งานระบบสารสนเทศการบริหารงานวิจัย ซึ่งระบบสารสนเทศครอบคลุมการทำงาน 4 ระบบย่อย ได้แก่ ระบบนำเข้าข้อมูล ระบบประมวลผลข้อมูล ระบบแสดงผลลัพธ์/รายงาน และระบบรักษาความปลอดภัย ผลการวิจัยพบว่า ระบบสารสนเทศที่พัฒนาขึ้นสามารถตอบสนองความต้องการของผู้ใช้งาน และนำไปใช้งานได้จริงถูกต้องตามกระบวนการบริหารงานวิจัย ผู้ใช้งานมีความพึงพอใจภาพรวมทั้งหมดของระบบอยู่ในระดับดี จากงานวิจัยที่กล่าวมาจะเห็นได้ว่าเป็นการพัฒนาสารสนเทศเพื่อการบริหารจัดการงานด้านต่างๆ ให้มีประสิทธิภาพ มีการวิเคราะห์และออกแบบให้ตรงตามความต้องการของผู้ใช้ จากการศึกษาและสัมภาษณ์ระบบงานเดิมของกองทุนสหกรณ์ข้าวหมู่บ้านดอนขาว ไม่มีการใช้เทคโนโลยีมาช่วยในการจัดการระบบงานทำให้เกิดปัญหาในระหว่างการดำเนินงานบ่อยครั้ง อีกทั้งผู้ใช้งานต้องการนำเทคโนโลยีมาช่วยอำนวยความสะดวกในการจัดการข้อมูลของกองทุนสหกรณ์ข้าวได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงประยุกต์ใช้เทคโนโลยีเพื่อพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อจัดการกองทุนสหกรณ์ข้าว ให้กับกลุ่มกองทุนสหกรณ์ข้าว หมู่บ้านดอนขาว เพื่อการจัดเก็บและบริหารจัดการข้อมูลส่งเสริมการใช้งานการเก็บข้อมูลสมาชิกกองทุนสหกรณ์ การยืม - คืนข้าว การรายงานข้อมูลที่เป็นปัจจุบัน มีความสะดวกสบาย ลดระยะเวลาในการทำงาน ได้ข้อมูลที่มีความแม่นยำถูกต้องมากขึ้น ลดปัญหาการสูญหายของข้อมูล ที่สำคัญทำให้กลุ่มกองทุนสหกรณ์ข้าวบริหารจัดการข้อมูลได้ง่ายและมีความทันสมัยมากขึ้น

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 1) พัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการกองทุนสหกรณ์ข้าวหมู่บ้านดอนขาว หมู่บ้านดอนขาว ตำบลช้างมิ่ง อำเภอรณานิคม จังหวัดสกลนคร
- 2) ประเมินประสิทธิภาพ
- 3) ประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน

วิธีการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้ได้ศึกษาเอกสาร แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการกองทุนสหกรณ์ข้าวหมู่บ้านดอนขาว แล้วทำการหาประสิทธิภาพของการใช้งานและความพึงพอใจของผู้ใช้ โดยกำหนดกรอบแนวคิดในการวิจัยดังนี้



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

จากภาพที่ 1 การพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการกองทุนสหกรณ์ข้าวหมู่บ้านดอนขาว ตำบลช้างมิ่ง อำเภอรณานิคม จังหวัดสกลนคร ได้พัฒนาตามหลักการวงจรการพัฒนา (System Development Life Cycle : SDLC) ขั้นตอนที่ใช้ศึกษากระบวนการวิเคราะห์และออกแบบระบบ ประกอบด้วย การทำความเข้าใจกับปัญหา การรวบรวมข้อมูล การวิเคราะห์ระบบ การออกแบบระบบ การพัฒนาระบบ และ จัดทำเอกสาร การทดสอบและบำรุงรักษาระบบ การส่งเสริมและการประเมินผลระบบ (โยธิน, 2557) พัฒนาระบบด้วยภาษา PHP ในรูปแบบเว็บแอปพลิเคชัน เมื่อได้ระบบสารสนเทศที่สมบูรณ์แล้ว ทำการประเมินประสิทธิภาพของระบบและประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร คือ ประชากรที่อาศัยอยู่ในหมู่บ้านดอนขาว หมู่ที่ 9 ตำบลช้างมิ่ง อำเภอพรรณานิคม จังหวัดสกลนคร จำนวน 244 คน

กลุ่มตัวอย่าง คือ สมาชิกกลุ่มกองทุนสหกรณ์ข้าว หมู่บ้านดอนขาว ตำบลช้างมิ่ง อำเภอพรรณานิคม จังหวัดสกลนคร ซึ่งได้คัดเลือกด้วยวิธีการใช้เกณฑ์หรือการประมาณจากจำนวนประชากรทั้งหมดที่เป็นเป็นหลักร้อย ขนาดกลุ่มตัวอย่างร้อยละ 15 - 30 จึงได้กลุ่มตัวอย่างที่เป็นสมาชิกกลุ่มกองทุนสหกรณ์ข้าวจำนวน 49 คน หรือร้อยละ 20 ของประชากรทั้งหมด (กัญญ์สิริ, 2554)

2. ขั้นตอนการดำเนินงาน

การพัฒนากระบวนสารสนเทศเพื่อการจัดการกองทุนสหกรณ์ข้าวของหมู่บ้านดอนขาว ดำเนินการพัฒนาตามหลักหลักการ ขั้นตอนการพัฒนากระบวน SDLC รายละเอียดดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การทำความเข้าใจกับปัญหา ผู้วิจัยได้ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับกองทุนสหกรณ์ข้าวของหมู่บ้านดอนขาวโดยการลงพื้นที่สัมภาษณ์ พูดคุย เพื่อหาความต้องการและทำความเข้าใจกระบวนการทำงานต่างๆ ทำให้ทราบปัญหาเกี่ยวกับการจัดเก็บข้อมูลสมาชิก การจัดการระบบยืม - คืนที่ซับซ้อน การค้นหาและการรายงานข้อมูลล่าช้า รวมถึงการจัดการรายรับรายจ่ายของกองทุน

ขั้นตอนที่ 2 การรวบรวมข้อมูล เมื่อทราบปัญหาและความต้องการของระบบแล้ว คณะผู้วิจัยได้ศึกษารวบรวมข้อมูลต่างๆ ของกองทุนสหกรณ์ข้าว ได้แก่ ประวัติความเป็นมาของกองทุน กระบวนการ ขั้นตอน กฎระเบียบการยืมคืนข้าวของกองทุน ข้อมูลการสมัครสมาชิก การจัดการค่าปรับ รวมถึงข้อมูลเกี่ยวกับการพัฒนาระบบงานเพื่อนำไปสู่การวิเคราะห์ระบบงานใหม่

ขั้นตอนที่ 3 การวิเคราะห์ระบบ คณะผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ระบบงานใหม่โดยใช้หลักการและทฤษฎี UML (Unified Modeling Language) เข้ามาช่วยในการวิเคราะห์และออกแบบระบบงานใหม่ การวิเคราะห์ระบบนั้นจะแบ่งออกเป็น 4 ส่วน คือ Use Case Diagram, Activity Diagram, Sequence Diagram และ Class Diagram มีผู้เกี่ยวข้องกับระบบ ประกอบด้วย ผู้ใช้ทั่วไป สมาชิก ผู้ดูแลระบบ และผู้อนุมัติ มีระบบย่อย ประกอบด้วย ระบบสมัครสมาชิก ระบบอนุมัติสมาชิก ระบบจัดการข้อมูลสมาชิก ระบบจัดการข้อมูลคลังข้าว ระบบจัดการสัญญาเช่า - คืน ระบบจัดการข้อมูลข้าวประชาสัมพันธ์และกิจกรรมของกองทุน ระบบอนุมัติการยืม - คืน และระบบแสดงรายรับ - รายจ่ายของกองทุน

ขั้นตอนที่ 4 การออกแบบระบบ เป็นขั้นตอนของการออกแบบโครงสร้างระบบโดยกำหนดโครงสร้างและส่วนประกอบหลักของระบบ รวมถึงการแบ่งส่วนและการเชื่อมต่อระหว่างส่วนของระบบ ออกแบบฐานข้อมูลโดยกำหนดโครงสร้างและการจัดเก็บข้อมูลที่เหมาะสมสำหรับระบบ ออกแบบฟังก์ชัน เป็นการกำหนดฟังก์ชันหลักที่ระบบจะต้องมี รวมถึงกระบวนการทำงานของแต่ละฟังก์ชัน ออกแบบส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ เป็นการออกแบบตัวอินเทอร์เฟซที่ใช้งานง่ายและสอดคล้องกับความต้องการที่ระบุไว้ในขั้นตอนการวิเคราะห์ระบบ

ขั้นตอนที่ 5 การพัฒนาระบบ เป็นขั้นตอนของการพัฒนาระบบตามที่ได้วิเคราะห์และออกแบบไว้ โดยพัฒนาระบบด้วยภาษา PHP ออกแบบและตกแต่งหน้าเว็บส่วนติดต่อประสานผู้ใช้ด้วยภาษา CSS, JavaScript จัดการระบบฐานข้อมูลด้วย MySQL จำลองเครื่องแม่ข่ายด้วยโปรแกรม XAMPP และใช้โปรแกรม Visual Studio Code ในการเขียนและทดสอบการทำงาน

ขั้นตอนที่ 6 การทดสอบและบำรุงรักษาระบบ เป็นขั้นตอนการนำระบบที่พัฒนาเสร็จสมบูรณ์ไปทำการประเมินเพื่อหาประสิทธิภาพของการพัฒนาระบบสารสนเทศโดยใช้วิธีการทดสอบระบบแบบ Black Box (มนต์ชัย, 2548) คณะผู้วิจัยได้เลือกประเด็นด้านการตรงตามความต้องการของผู้ใช้ ด้านการทำงานได้ตามฟังก์ชันงาน ด้านความง่ายต่อการใช้งาน และด้านการรักษาความปลอดภัยของข้อมูล โดยแบ่งระดับการให้คะแนนออกเป็น 5 ระดับตามมาตรวัดลิเคิร์ต ซึ่งเป็นวิธีการวัดที่ได้รับความนิยม

ค่อนข้างมาก ทำการประเมินประสิทธิภาพโดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 คน และนำข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญมาปรับปรุงเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพที่เหมาะสมก่อนนำไปประเมินความพึงพอใจเพื่อใช้งานต่อไป

ขั้นตอนที่ 7 การส่งเสริมและการประเมินผลระบบ เป็นขั้นตอนของการนำระบบให้ผู้ใช้ได้ทดลองใช้เพื่อประเมินความพึงพอใจ ซึ่งได้คัดเลือกด้วยวิธีการใช้เกณฑ์หรือการประมาณจากจำนวนประชากรทั้งหมดเป็นหลักร้อยละ 15 - 30 ได้กลุ่มตัวอย่างที่เป็นสมาชิกกลุ่มกองทุนสหกรณ์ข้าวจำนวน 49 คน หรือร้อยละ 20 ของประชากรทั้งหมด และทำการติดตั้งระบบให้กับกลุ่มกองทุนสหกรณ์ข้าวนำไปใช้งานจริงต่อไป การประเมินผลระบบนั้นได้นำสถิติมาใช้ในการวิจัย ได้แก่ ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน นำผลลัพธ์ที่ได้มาเปรียบเทียบกับเกณฑ์การประมาณค่าจาก 5 ระดับ ตามมาตรวัดลิเคิร์ต (Best, 1997; สุรเชษฐ์ และฤทธิชัย, 2562) ดังนี้

ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.51 – 5.00 หมายความว่า ระดับมากที่สุด

ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.51 – 4.50 หมายความว่า ระดับมาก

ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.51 – 3.50 หมายความว่า ระดับปานกลาง

ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.51 – 2.50 หมายความว่า ระดับน้อย

ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.00 – 1.50 หมายความว่า ระดับน้อยที่สุด

ผลการวิจัย และวิจารณ์ผลการวิจัย

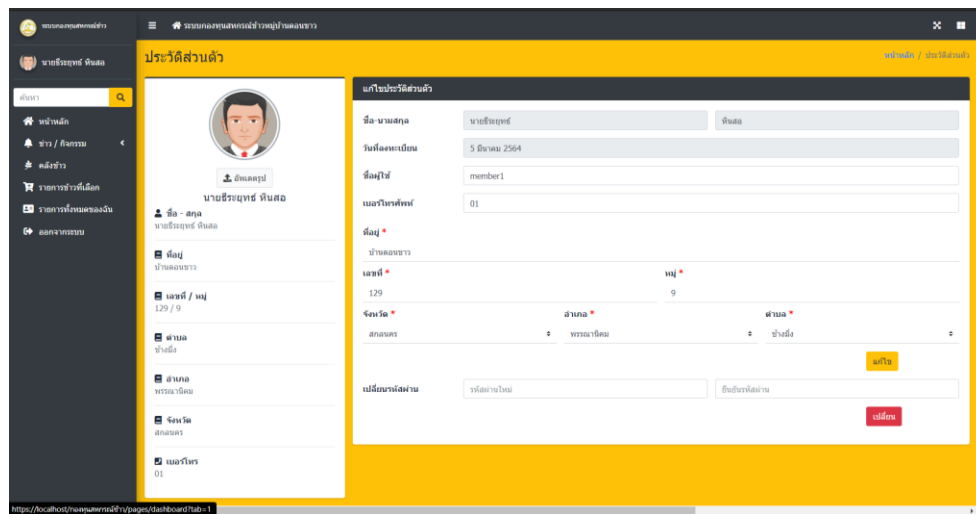
การวิจัยในครั้งนี้ สามารถสรุปผลตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. ผลการพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการกองทุนสหกรณ์ข้าวหมู่บ้านดอนขาว ระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการกองทุนสหกรณ์ข้าวหมู่บ้านดอนขาวนี้ ประกอบด้วย 4 ส่วน ได้แก่ 1) ส่วนของผู้ใช้ทั่วไป สามารถสมัครสมาชิกเพื่อเข้ากลุ่มและเข้าใช้งานระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการกองทุนสหกรณ์ข้าวหมู่บ้านดอนขาวได้ 2) ส่วนของสมาชิก ซึ่งสมาชิกสามารถเข้าระบบเพื่อจัดการข้อมูลส่วนตัว ข้อมูลข่าวสารประชาสัมพันธ์ ข้อมูลคงเหลือของข้าวในคลังได้ สามารถดำเนินการยื่นขอทำสัญญา และสามารถตรวจสอบสถานะสัญญาการยืม - คืน ข้าวได้ 3) ส่วนของผู้อนุมัติ สามารถเข้าระบบเพื่อดูข้อมูลข้าวในคลัง ข้อมูลสมาชิก จัดการสัญญาการยืม - คืน จัดการรายรับรายจ่ายของกองทุนสหกรณ์ข้าวได้ สามารถอนุมัติการยืม และจัดการการจ่ายค่าปรับของสมาชิกได้ 4) ส่วนของผู้ดูแลระบบหรือเจ้าหน้าที่ ทำหน้าที่จัดการข้อมูลทั้งหมดของระบบ และจัดการข้อมูลข่าวสารทั้งหมดของกองทุน ในการเพิ่ม ลบ แก้ไข ข้อมูลข่าวสาร กิจกรรมของกลุ่มกองทุนสหกรณ์ข้าว ระบบนี้ช่วยอำนวยความสะดวกในการจัดการข้อมูลประมวลผลข้อมูล ค้นหาข้อมูล การจัดเก็บข้อมูล การทำสัญญาและการยืม - คืนกองทุนสหกรณ์ข้าว ช่วยแก้ปัญหาข้อมูลสูญหาย การค้นหาข้อมูลและดูรายการข้อมูลคลังข้าวได้รวดเร็ว ทำให้กลุ่มกองทุนสหกรณ์ข้าวหมู่บ้านดอนขาวทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น และสามารถขยายไปยังกลุ่มสหกรณ์อื่นๆ ได้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ เพียรทิพย์ และคณะ (2564) ในประเด็นการจัดการข้อมูลผู้ใช้งาน การจัดการข้อมูลพื้นฐาน จะเห็นได้ว่าการพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการกองทุนสหกรณ์ข้าวหมู่บ้านดอนขาว ได้ออกแบบและพัฒนาตามขั้นตอนการพัฒนาระบบ SDLC และพัฒนาระบบด้วยภาษา PHP ในรูปแบบเว็บแอปพลิเคชัน รายละเอียดดังภาพที่ 3 - 6



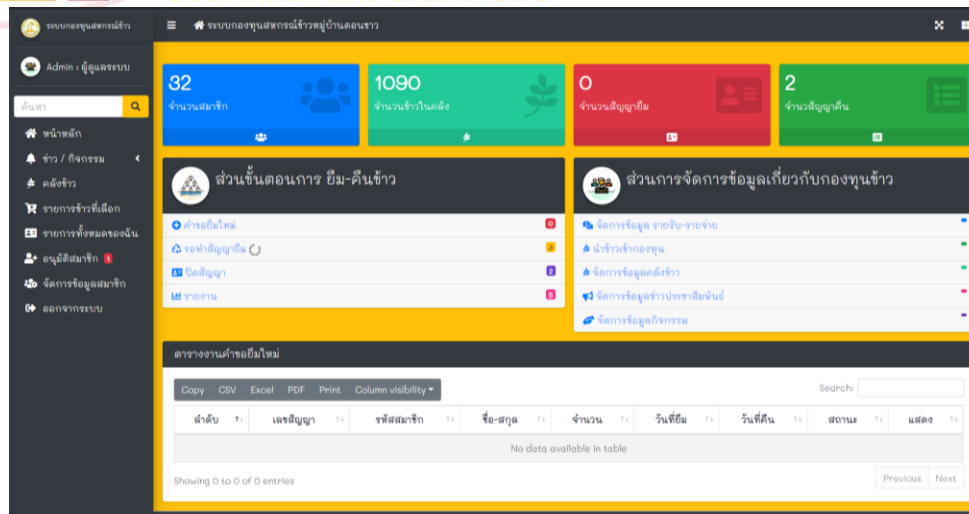
ภาพที่ 3 หน้าหลักของระบบ

จากภาพที่ 3 แสดงหน้าหลักสำหรับการใช้งานครั้งแรกของผู้ใช้ทั่วไป สมาชิก ผู้ดูแลระบบ และผู้อนุมัติซึ่งสามารถดูคลังข้าว ดูข่าวประชาสัมพันธ์ ดูกิจกรรม หรือเลือกสมัครสมาชิกและกรอกรายละเอียดตามแบบฟอร์มในระบบได้ หากเป็นสมาชิกแล้วสามารถคลิกเข้าสู่ระบบเพื่อใช้งานต่อไปได้



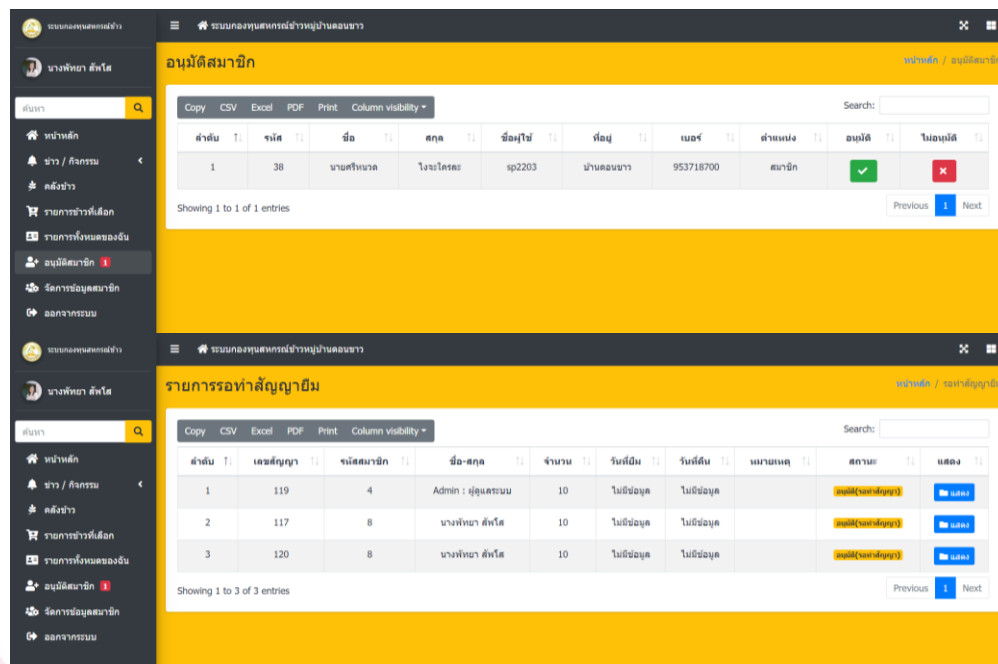
ภาพที่ 4 การใช้งานส่วนของสมาชิก

จากภาพที่ 4 เป็นการใช้งานของสมาชิกที่เข้าระบบแล้วจะสามารถแก้ไขข้อมูลส่วนตัว ดูข่าว/กิจกรรม ข้อมูลคลังข้าวเพื่อเลือกจำนวนข้าวที่ต้องการยืม แสดงรายการข้าวที่เลือก และรายการทั้งหมดเพื่อดูสถานะการอนุมัติ



ภาพที่ 5 การใช้งานส่วนของผู้ดูแลระบบ

จากภาพที่ 5 เป็นการใช้งานของผู้ดูแลระบบ ซึ่งสามารถจัดการข้อมูลสมาชิก จัดการการยืม - คืนข่าว จัดการข้อมูลของกองทุนข่าว จัดการข้อมูลรายรับ - รายจ่าย จัดการข้อมูลคลังข่าว จัดการข้อมูลข่าวประชาสัมพันธ์ จัดการข้อมูลกิจกรรมได้



ภาพที่ 6 การใช้งานส่วนของผู้อนุมัติ

จากภาพที่ 6 เป็นการทำงานในส่วนของผู้อนุมัติสามารถเข้าระบบเพื่ออนุมัติสัญญา ยืม - คืนข่าว ดูคลังข่าว ดูรายงานข่าวที่เลือก รายการทั้งหมด และจัดการสมาชิกข้อมูลสมาชิกได้

2. ผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการกองทุนสหกรณ์ข้าวหมู่บ้านดอนขาว การประเมินประสิทธิภาพโดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 คน เป็นผู้เชี่ยวชาญด้านข้อมูลกองทุนสหกรณ์ จำนวน 2 คน และผู้เชี่ยวชาญด้านระบบสารสนเทศ จำนวน 3 คน ประเมินประสิทธิภาพของระบบ แบ่งออกเป็น 4 ด้าน ได้แก่ ด้านการตรงตามความต้องการของผู้ใช้ ด้านการทำงานได้ตามฟังก์ชัน ด้านความง่ายต่อการใช้งาน และด้านการรักษาความปลอดภัยของข้อมูล ใช้มาตรวัดของลิเคิร์ท ผลการประเมินประสิทธิภาพ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการกองทุนสหกรณ์ข้าวหมู่บ้านดอนขาว

รายการประเมินประสิทธิภาพ	$\bar{X}$	S.D.	แปลผล
ด้านการตรงตามความต้องการของผู้ใช้			
1. ความสามารถของระบบในด้านผู้ดูแลระบบ	5.00	0.00	มากที่สุด
2. ความสามารถของระบบในด้านผู้อนุมัติ	5.00	0.00	มากที่สุด
3. ความสามารถของระบบในด้านสมาชิก	4.60	0.55	มากที่สุด
4. ความสามารถของระบบในด้านผู้ใช้ทั่วไป	4.60	0.55	มากที่สุด
ภาพรวมด้านการตรงตามความต้องการของผู้ใช้	4.80	0.28	มากที่สุด
ด้านการทำงานได้ตามฟังก์ชันงาน			
1. ความถูกต้องในการจัดเก็บข้อมูลนำเข้า	4.60	0.55	มากที่สุด
2. ความถูกต้องในการค้นหาข้อมูล	4.60	0.55	มากที่สุด
3. ความถูกต้องในการปรับปรุงแก้ไขข้อมูล	4.40	0.55	มาก
4. ความถูกต้องในการลบข้อมูล	4.40	0.55	มาก
ภาพรวมด้านการทำงานได้ตามฟังก์ชันงาน	4.50	0.55	มาก
ด้านความง่ายต่อการใช้งาน			
1. ความง่ายต่อการใช้งานของระบบ	4.60	0.55	มากที่สุด
2. ความเหมาะสมในการเลือกใช้ชนิดตัวอักษรบนจอภาพ	4.40	0.55	มาก
3. ความเหมาะสมในการเลือกใช้ขนาดของตัวอักษรบนจอภาพ	4.40	0.55	มาก
4. ความเหมาะสมในการใช้สีของตัวอักษรและรูปภาพ	4.60	0.55	มากที่สุด
5. ความเหมาะสมในการใช้ข้อความเพื่ออธิบายสื่อความหมาย	4.60	0.55	มากที่สุด
6. ความเหมาะสมในการใช้สัญลักษณ์หรือรูปภาพในการสื่อ ความหมาย	4.60	0.55	มากที่สุด
ภาพรวมด้านความง่ายต่อการใช้งาน	4.53	0.55	มากที่สุด

รายการประเมินประสิทธิภาพ	$\bar{X}$	S.D.	แปลผล
ด้านการรักษาความปลอดภัยของข้อมูล			
1. การกำหนดรหัสผู้ใช้ และรหัสผ่านในการตรวจสอบผู้เข้าใช้ระบบ	4.52	0.41	มากที่สุด
2. การควบคุมให้ใช้งานตามสิทธิ์ผู้ใช้ได้อย่างถูกต้อง	4.40	0.29	มาก
ภาพรวมด้านการรักษาความปลอดภัยของข้อมูล	4.46	0.35	มาก
สรุปภาพรวมประสิทธิภาพของระบบ	4.58	0.46	มากที่สุด

จากตารางที่ 1 ผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการกองทุนสหกรณ์ข้าวหมู่บ้านดอนขาว สรุปจากความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ พบว่า เป็นระบบที่ใช้งานตรงตามความต้องการของกลุ่มผู้ใช้ ได้แก่ ผู้ดูแลระบบ ผู้อนุมัติสมาชิก ผู้ใช้ทั่วไป มีการจัดเก็บและค้นหาข้อมูลตรงตามฟังก์ชัน ระบบใช้งานอย่างง่าย มีการใช้สีของตัวอักษร รูปภาพ การใช้ข้อความ และการใช้สัญลักษณ์ในการสื่อความหมายมีความเหมาะสมอย่างมาก แยกตามรายด้านจากมากไปน้อย ได้แก่ ด้านการตรงตามความต้องการของผู้ใช้ ที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.80 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.28 รองลงมาเป็นด้านความง่ายต่อการใช้งาน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.53 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.55 ถัดมาเป็นด้านการทำงานได้ตามฟังก์ชันงาน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.50 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.55 และด้านการรักษาความปลอดภัยของข้อมูล มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.46 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.35 ประสิทธิภาพของระบบโดยรวมทุกประเด็น อยู่ในระดับมากที่สุด ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.58 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.46 สอดคล้องกับงานวิจัยของ เพียรทิพย์ และคณะ (2564) ที่ได้พัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการบริหารจัดการงานบัณฑิตนิพนธ์ ประสิทธิภาพของระบบในภาพรวม อยู่ในระดับมากที่สุด ในด้านระบบมีความสะดวกรวดเร็วในการค้นหาติดตามบัณฑิตนิพนธ์ มีการควบคุมให้ใช้งานตามสิทธิ์ของผู้ใช้ระบบ มีการจัดวางองค์ประกอบภายในหน้าจอ การใช้รูปแบบ ขนาด และสีตัวอักษรชัดเจนเหมาะสมต่อการอ่าน

3. ผลการประเมินความพึงพอใจของระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการกองทุนสหกรณ์ข้าวหมู่บ้านดอนขาว การประเมินความพึงพอใจโดยกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 49 คน เป็นสมาชิกกลุ่มกองทุนสหกรณ์ โดยวิธีการใช้เกณฑ์หรือการประมาณจากจำนวนประชากร ประเมินความพึงพอใจต่อการใช้งานระบบ รายละเอียดดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการประเมินความพึงพอใจของระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการกองทุนสหกรณ์ข้าวหมู่บ้านดอนขาว

รายการประเมินความพึงพอใจ	$\bar{X}$	S.D.	แปลผล
ความง่ายต่อการใช้งานของระบบ	4.52	0.57	มากที่สุด
ความเหมาะสมในการเลือกใช้นิตตัวอักษรบนจอภาพ	4.50	0.54	มาก
ความเหมาะสมในการเลือกใช้นิตขนาดของตัวอักษรบนจอภาพ	4.50	0.57	มาก
ความเหมาะสมในการใช้สีของตัวอักษรและรูปภาพ	4.54	0.54	มากที่สุด
ความเหมาะสมในการใช้ข้อความเพื่ออธิบายสื่อความหมาย	4.42	0.53	มาก
ความเหมาะสมในการใช้สัญลักษณ์หรือรูปภาพในการสื่อความหมาย	4.52	0.54	มากที่สุด
การค้นหาข้อมูลมีความรวดเร็วและถูกต้อง	4.52	0.54	มากที่สุด
ระบบนี้มีประโยชน์สามารถนำไปใช้งานได้จริง	4.56	0.54	มากที่สุด
สรุปภาพรวมความพึงพอใจ	4.51	0.55	มากที่สุด

จากตารางที่ 2 ผลการประเมินความพึงพอใจของระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการกองทุนสหกรณ์ข้าวหมู่บ้านดอนขาว สรุปจากความคิดเห็นของผู้ใช้ พบว่า ผู้ใช้งานมีความพึงพอใจต่อประเด็นด้านระบบมีประโยชน์สามารถนำไปใช้งานได้จริงมากกว่าด้านอื่นๆ ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.56 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.54 รองลงมาคือความเหมาะสมในการใช้สีของตัวอักษรและรูปภาพ ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.54 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.54 ถัดมาเป็นประเด็นด้านความง่ายต่อการใช้งานของระบบ การใช้สัญลักษณ์หรือรูปภาพในการสื่อความหมาย และการค้นหาข้อมูลมีความรวดเร็วและถูกต้อง ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.52 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.54 ถัดมาเป็นความเหมาะสมในการเลือกใช้ชนิดตัวอักษรบนจอภาพ และความเหมาะสมในการเลือกใช้ขนาดของตัวอักษรบนจอภาพ ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.50 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.54 ความพึงพอใจโดยรวมทุกด้านอยู่ในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.51 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.55 สอดคล้องกับงานวิจัยของ วรพล และคณะ (2565) ที่ได้พัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการบริหารงานวิจัยสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี มีความพึงพอใจต่อระบบสารสนเทศที่พัฒนา ภาพรวมทุกด้านของระบบอยู่ในระดับดี ซึ่งระบบสารสนเทศสามารถแก้ปัญหาการทำงานของระบบงานเดิมที่มีข้อจำกัด ลดกระบวนการทำงานที่ซ้ำซ้อน และใช้เวลาค่อนข้างนาน ส่งผลทำให้การบริหารจัดการงานวิจัยมีประสิทธิภาพดีขึ้น ส่วนงานวิจัยของ เสมอ (2562) ได้นำข้อเสนอแนะด้านการรายงานสรุปยอดคงเหลือ ไปวางแผนจัดเตรียมสินค้าให้เพียงพอต่อความต้องการของสมาชิก

สรุปผลการวิจัย

การพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการกองทุนสหกรณ์ข้าวหมู่บ้านดอนขาว คณะผู้วิจัยได้ดำเนินการพัฒนาระบบตามหลักการของวงจรการพัฒนาแบบ SDLC พัฒนาระบบด้วยภาษา HTML SQL และ PHP ออกแบบหน้าเว็บและส่วนต่อประสานผู้ใช้ด้วยภาษา CSS JavaScript จัดการระบบฐานข้อมูลด้วย MySQL จำลองเครื่องแม่ข่ายด้วยโปรแกรม XAMPP พัฒนาและทดสอบระบบด้วยโปรแกรม Visual Studio ทำให้ได้ระบบที่สามารถนำไปทดลองใช้ ตรงตามความต้องการของผู้ใช้ ช่วยให้การทำงานของกลุ่มกองทุนสหกรณ์สะดวกรวดเร็ว มีระบบการจัดการข้อมูลกองทุน ผู้ใช้ทั่วไปสามารถสมัครสมาชิก การจัดการกับข้อมูลสมาชิก สมาชิกสามารถทำสัญญาการกู้ยืม ตรวจสอบสถานะการเป็นสมาชิกและการกู้ยืมได้ มีระบบการยืม - คืน มีระบบการอนุมัติ การคำนวณรายรับรายจ่ายของกองทุนสหกรณ์ การค้นหาข้อมูล ทำได้ง่าย ถูกต้องและรวดเร็วมากขึ้น ช่วยลดปัญหาข้อมูลสูญหาย ได้ระบบงานที่มีประสิทธิภาพทั้งเป็นระบบที่ใช้งานตรงตามความต้องการของกลุ่มผู้ใช้ มีการจัดเก็บและค้นหาข้อมูลตรงตามฟังก์ชัน ระบบใช้งานอย่างง่าย มีการใช้สีของตัวอักษร รูปภาพ การใช้ข้อความ และการใช้สัญลักษณ์ในการสื่อความหมายมีความเหมาะสมอย่างมาก ประสิทธิภาพโดยรวมทั้งหมดอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.58$, S.D. = 0.46) โดยได้รับการประเมินประสิทธิภาพจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 คน แล้วนำแบบสอบถามความพึงพอใจไปให้กลุ่มผู้ใช้ที่เป็นสมาชิกกองทุนสหกรณ์ข้าวหมู่บ้านดอนขาว จำนวน 49 คน ด้วยวิธีการใช้เกณฑ์หรือการประมาณจากจำนวนประชากร มีความพึงพอใจต่อระบบมีประโยชน์สามารถนำไปใช้งานได้ ระบบง่ายต่อการใช้งาน ความเหมาะสมในการใช้สีของตัวอักษรและรูปภาพ ความเหมาะสมในการใช้สัญลักษณ์หรือรูปภาพในการสื่อความหมาย การค้นหาข้อมูลมีความรวดเร็วและถูกต้อง ความพึงพอใจโดยรวมทั้งหมดอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.51$, S.D. = 0.55) ดังนั้นระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการกองทุนสหกรณ์ข้าวหมู่บ้านดอนขาว หมู่บ้านดอนขาว ช่วยในการทำงานของกองทุนมีประสิทธิภาพมากขึ้น

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะสำหรับการนำไปใช้งาน และพัฒนาระบบในขั้นต่อไป คือ พัฒนาระบบให้รองรับการทำงานกับ Mobile Application เพื่อแจ้งเตือนและตรวจสอบสถานการณ์ยืม - คืน ผ่านสมาร์ตโฟนได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ นางพัทยา สัพโส ผู้ใหญ่บ้าน บ้านดอนขาว หมู่ที่ 9 ตำบลช้างมิ่ง อำเภอพรรณานิคม จังหวัดสกลนคร อนุเคราะห์ข้อมูลระบบการดำเนินงานของกองทุนสหกรณ์ข้าว กระบวนการยืม - คืนข้าว การทำสัญญา ระบบบัญชีของกองทุนสหกรณ์ รวมถึงข้อมูลความต้องการพัฒนาระบบเพื่อนำไปใช้งานได้จริง

เอกสารอ้างอิง

- กัญญ์สิริ จันทรเจริญ. (2554). การกำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่าง. ค้นจาก https://www.ict.up.ac.th/surinthips/ResearchMethodology_2554/เอกสารเพิ่มเติม/การกำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่าง.PDF.
- พัทยา สัพโส. (2563). ข้อมูลกองทุนสหกรณ์ข้าวหมู่บ้านดอนขาว สัมภาษณ์เมื่อเดือนธันวาคม 2563 ณ ที่ทำการผู้ใหญ่บ้านบ้านดอนขาว หมู่ที่ 9 ตำบลช้างมิ่ง อำเภอพรรณานิคม จังหวัดสกลนคร.
- เพียรทิพย์ ศรีสุธรรม, รัตนา สิริรุ่งนาวรัตน์, และณัฏฐ์ธมน หีบจันทร์กรี. (2564). การพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการบริหารจัดการงานบัณฑิตนิพนธ์. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี. 10(2), 139-154.
- มนต์ชัย เทียนทอง. (2548). สถิติและวิธีการวิจัยทางเทคโนโลยีสารสนเทศ. กรุงเทพฯ: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- โยธิน ศิริเอ๋ย. (2557). วงจรการพัฒนาระบบ(SDLC). ค้นจาก https://sites.google.com/a/thoengwit.ac.th/master_site/sdlc.
- วรพล เจนวิไลศิลป์, ชำนาญ เขาวงกิตพงศ์, และทะนงศักดิ์ ศิริรัตน์. (2565). การพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการบริหารงานวิจัยสถาบันและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี. วารสารรังสิตสารสนเทศ. 28(1), 99-127.
- เสมอ เวชสถล. (2562). การพัฒนาและหาประสิทธิภาพของโปรแกรมระบบงานสหกรณ์ วิทยาลัยอาชีวศึกษาสุโขทัย. วารสารวิชาการ T-VET Journal สถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ 3, 3(6), 59-74.
- สุระเชษฐ์ มีฤทธิ์ และฤทธิชัย อ่อนมิ่ง. (2562). การพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อจัดเก็บและการสืบค้นฐานข้อมูลชีวิตทัศน์ของสำนักสื่อและเทคโนโลยีการศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. วารสารวิชาการนวัตกรรมสื่อสารสังคม, 7(2), 170-179.
- Best, J. W. (1977). Research in education(3rded.). Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice Hall.

การพัฒนาแอปพลิเคชันให้ความรู้การอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ และการปลูกไม้มีค่า ด้วย Glide Platform

Development Application to Provide Knowledge on Conservation of Natural Resources and Planting Precious Trees with Glide Platform

ณัฐธิดา บุตรพรหม*

Nattida Budprom*

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด จังหวัดร้อยเอ็ด 45120

Faculty of Information Technology Roi Et Rajabhat University, Roi Et Province, 45120

*Corresponding author E-mail: nattida.cs19@gmail.com

Received 3 April 2024, Accepted 27 May 2024, Published 4 June 2024

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอการการพัฒนาแอปพลิเคชันให้ความรู้การอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและการปลูกไม้มีค่า ด้วย Glide Platform มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและพัฒนาแอปพลิเคชันสำหรับการจัดเก็บข้อมูลการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและข้อมูลการปลูกไม้มีค่าให้มีประสิทธิภาพ ในการบริหารจัดการข้อมูล เพื่ออำนวยความสะดวกแก่บุคคลทั่วไปและผู้ที่ต้องการค้นหาข้อมูลเกี่ยวกับไม้มีค่า ซึ่งผู้วิจัยออกแบบและพัฒนาแอปพลิเคชันโดยใช้ Glide Platform ในด้านการจัดการส่วนการติดต่อประสานกับผู้ใช้งาน รวมไปถึงใช้สำหรับการจัดเก็บข้อมูลในแอปพลิเคชัน ส่วนของการประเมินความสามารถของแอปพลิเคชันที่ออกแบบและพัฒนาขึ้น ได้ทำการทดสอบความสามารถของแอปพลิเคชัน โดยให้ผู้ใช้งานจริงทั้งสิ้น 113 ราย ได้ทำการใช้ระบบ พร้อมทั้งตอบแบบสอบถามเพื่อนำมาประเมินความพึงพอใจในการใช้งานแอปพลิเคชันที่ได้พัฒนาขึ้นในด้านความพึงพอใจของผู้ใช้ ด้านคุณภาพของภาพรวมของระบบ ด้านคุณภาพของแอปพลิเคชัน ด้านคุณภาพของบริการ และด้านการนำแอปพลิเคชันไปใช้งานและพัฒนาต่อไป ผลการประเมินด้านความพึงพอใจของผู้ใช้อยู่ในเกณฑ์ระดับมากที่สุด ด้านคุณภาพของภาพรวมของระบบอยู่ในเกณฑ์ระดับมากที่สุด ด้านคุณภาพของแอปพลิเคชันอยู่ในเกณฑ์ระดับมากที่สุด ด้านคุณภาพของบริการอยู่ในเกณฑ์ระดับมากที่สุด และด้านการนำแอปพลิเคชันไปใช้งานและพัฒนาต่อไปอยู่ในเกณฑ์ระดับมากที่สุด

คำสำคัญ: ทรัพยากรธรรมชาติ ไม้มีค่า Glide Platform

ABSTRACT

This research presents the development of an application to provide knowledge on conservation of natural resources and planting valuable trees with the Glide Platform. The objective is to design and develop an application for storing natural resource conservation and conservation information. Plant valuable trees

efficiently in data management for facilitate the general public and those who want to search for information about valuable wood. The researcher designed and developed an application using the Glide Platform in terms of managing user interface with users. Including used for storing data in the application. Part of evaluating the capabilities of the designed and developed application. Tested the capabilities of the application. There are a total of 113 actual users the system and answered questionnaires to assess their satisfaction with the application that was developed in terms of user satisfaction. Quality aspects of the overall system Quality of the application Quality of service and the application implementation and Further development of the results of the evaluation of user satisfaction are at the highest level. The overall quality of the system is at the highest level. The quality of the application is at a high level. The quality of the service is at the highest level and the application implementation and further development are at a high level.

Keywords: Natural Resources, Precious Trees, Glide Platform

บทนำ

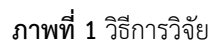
ปัจจุบันทรัพยากรธรรมชาติมีความสำคัญอย่างมากต่อชีวิตของมนุษย์และสังคมทั้งในระดับท้องถิ่นและระดับประเทศ เหตุผลที่ทรัพยากรธรรมชาติมีความสำคัญ คือ การให้บริการนิเวศและชีวิตทรัพยากรธรรมชาติเป็นบ้านของชีวิตทั้งมนุษย์และสัตว์ ป่าไม้ ทะเล แม่น้ำ เป็นต้น ทั้งยังรวมไปถึงการเชื่อมโยงกับระบบนิเวศที่สำคัญในการสร้างอากาศบริสุทธิ์ น้ำบริสุทธิ์ และอื่นๆ ซึ่งเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับชีวิตมนุษย์และสัตว์เหล่านี้ในการอยู่รอดและเจริญเติบโต อีกทั้งทรัพยากรธรรมชาติมีบทบาทสำคัญในการสนับสนุนเศรษฐกิจ ด้านการเกษตร การเก็บเกี่ยวของป่า การทำประมง และการสกัดแร่ธาตุต่างๆ เป็นต้น (สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2567; กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2559) และเป็นตัวทำให้เกิดการผลิตและการบริโภคเกิดขึ้น ทรัพยากรเหล่านี้ยังมีบทบาทในการสร้างงานและที่อยู่อาศัยสำหรับคนในพื้นที่ ดังนั้นการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติจึงมีส่วนช่วยในการรักษาความหลากหลายทางชีวภาพโดยทำให้มีสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมสำหรับชีวิตของสิ่งมีชีวิตที่หลากหลาย การรักษาความหลากหลายทางชีวภาพมีความสำคัญในการรักษาสภาพแวดล้อมที่มนุษย์สามารถใช้ประโยชน์ได้อย่างยั่งยืน ในวันที่ 29 มิถุนายน 2566 นายอนุชา บูรพชัยศรี (ผู้จัดการออนไลน์, 2566) รองเลขาธิการนายกรัฐมนตรีฝ่ายการเมือง ปฏิบัติหน้าที่โฆษกประจำสำนักนายกรัฐมนตรี เปิดเผยว่า พลเอก ประยุทธ์ จันทร์โอชา นายกรัฐมนตรีและรัฐมนตรีว่าการกระทรวงกลาโหม ส่งเสริมมาตรการการรื้อถอนทางเลือกแบบใหม่ที่ไม่ใช้ตัวเงิน ด้วยการออมในรูปแบบของการปลูกไม้ยืนต้น เช่น ไม้มีค่า 58 ชนิด โดยให้ปลูกบนที่ดินที่มีกรรมสิทธิ์ สามารถปลูกได้ทั้งในบริเวณที่อยู่อาศัยหรือในพื้นที่ที่ไม่ได้ทำการเกษตร รวมทั้งหน่วยงานภาครัฐในพื้นที่ได้มีการประชาสัมพันธ์ สร้างความรู้ สร้างความเข้าใจ ให้เกษตรกรได้เห็นถึงประโยชน์ของการออมที่ไม่ใช้ตัวเงิน พร้อมส่งเสริมการดำเนินการโดยอาศัยกลไกความร่วมมือของคนในชุมชน และหน่วยงานภาครัฐในพื้นที่ในการให้ความรู้ และให้คำปรึกษากับเกษตรกรเพื่อให้เกิดการขยายผลในการออมที่ไม่ใช้ตัวเงินให้มากขึ้น เพื่อเป็นอีกหนึ่งทางเลือกในการสร้างรายได้ในอนาคตให้กับประชาชนและเกษตรกรได้อย่างยั่งยืน

การให้ความรู้ในการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ เพื่อเป็นสื่อกลางการเชื่อมโยงการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและการปลูกไม้มีค่า กับการเรียนรู้ การทำความเข้าใจธรรมชาติ สิ่งแวดล้อม ระบบนิเวศชุมชนและวิถีชุมชนจะนำไปสู่การเห็นความสำคัญ และเห็นคุณค่าในทรัพยากรธรรมชาติของท้องถิ่น ผู้วิจัยจึงนำ Glide Platform มาประยุกต์ใช้ในการออกแบบและพัฒนา

แอปพลิเคชันสำหรับการจัดเก็บข้อมูลการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและข้อมูลการปลูกไม้มีค่า เพื่ออำนวยความสะดวกในการใช้งานสำหรับศึกษาหาข้อมูลเกี่ยวกับการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและข้อมูลต้นไม้มีค่า ซึ่งจุดเด่นของการใช้ Glide Platform (Glide, 2560) ด้านการพัฒนาแอปพลิเคชันคือไม่ต้องติดตั้งโปรแกรมหรือระบบพัฒนาใดๆ (Jeeradate, 2563) และจุดเด่นอีกด้านคือสามารถทำการพัฒนาครั้งเดียวแต่สามารถใช้ได้ทั้งโทรศัพท์ในระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ (Android) (ธนกฤต, 2560) และระบบปฏิบัติการ iOS (จารุวัส, 2560) โดยไม่จำเป็นต้องเสียค่าใช้จ่ายให้กับผู้ให้บริการของ Android และ iOS เพื่อการส่งต่อแอปพลิเคชัน เพราะการส่งต่อแอปพลิเคชันที่สร้างนั้นมีความง่าย เพียงทำการส่ง URL ทางสื่อโซเชียลมีเดียหรือสื่อสังคมออนไลน์ต่างๆ หรือเว็บไซต์ หรือให้ผู้ใช้งาน Scan QR Code ที่พิมพ์ออกมา หรือจากเครื่องมือถือที่มีแอปพลิเคชันที่ติดตั้งอยู่ก็สามารถใช้งานได้ และที่สำคัญแอปพลิเคชันที่พัฒนาใช้งานพื้นที่ในหน่วยความจำในมือถือของผู้ใช้งานน้อยมาก เพราะจุดเด่นอีกด้านของ Glide Platform คือ การพัฒนาเว็บไซต์ให้ใช้งานได้ง่ายและสร้างประโยชน์ได้คล้ายกับแอปพลิเคชันหรือเว็บไซต์สำหรับมือถือที่ทำตัวเหมือนแอปพลิเคชัน (Progressive Web Application : PWA) (Jeeradate, 2563) อีกทั้งยังง่ายต่อการปรับปรุงเนื้อหาในแอปพลิเคชันได้โดยการแก้ไขเนื้อหาใน Google Sheet เนื่องจากแอปพลิเคชันที่พัฒนาดำเนินการใช้งาน Google Sheet เป็นฐานข้อมูลของแอปพลิเคชันจัดอยู่ในประเภทฐานข้อมูลที่ไม่ใช้เชิงสัมพันธ์ (NoSQL) (สมใจ, ทิพย์มณฑา, และพิเชษฐ, 2559) ซึ่งการแก้ไขข้อมูลใน Google Sheet จะไปปรากฏในแอปพลิเคชันโดยอัตโนมัติ จะเห็นได้ว่าการใช้ Glide Platform ในการออกแบบและพัฒนาไม่มีความยุ่งยากซับซ้อนทั้งในส่วนของการติดต่อประสานงานกับผู้ใช้งาน (User Interface : UI) (สุคนธ์ทิพย์ และประภาพร, 2565) และส่วนของฐานข้อมูล ซึ่งง่ายต่อการส่งต่อการพัฒนาแอปพลิเคชันในการเพิ่มข้อมูลหรือเพิ่มฟังก์ชันในด้านต่างๆ ในอนาคตต่อไป

วิธีการวิจัย

จากการศึกษาในส่วนของการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและการปลูกไม้มีค่า ทำให้ทราบถึงขอบเขต และข้อมูลที่เป็นในออกแบบและพัฒนาแอปพลิเคชัน จากข้อมูลที่ได้ศึกษาผู้วิจัยได้นำมาออกแบบระบบให้มีความสามารถในการให้ความรู้ในการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและการปลูกไม้มีค่าอย่างมีประสิทธิภาพ ผู้วิจัยได้ออกแบบขั้นตอนวิธีการวิจัยออกเป็น 5 ส่วนดังภาพที่ 1 คือ



2. การเก็บรวบรวมข้อมูลเป็นกระบวนการในการเก็บข้อมูลจากแหล่งต่างๆ เพื่อใช้ในการวิเคราะห์การตัดสินใจ หรือการดำเนินงานในด้านอื่น การเก็บรวบรวมข้อมูลในงานวิจัยมีขั้นตอนการดำเนินงานดังต่อไปนี้ กำหนดวัตถุประสงค์ของการจัดเก็บข้อมูล ก่อนที่จะเริ่มต้นการเก็บข้อมูล ผู้วิจัยได้กำหนดวัตถุประสงค์และรูปแบบของการเก็บรวบรวมข้อมูล ว่าต้องการข้อมูลเพื่อใช้ในการวิเคราะห์อะไร หรือใช้ในการตัดสินใจในด้านใด เช่น การออกแบบฟิล์ม หรือคอลัมน์ที่ใช้จัดเก็บ ประเภทข้อมูลที่ใช้จัดเก็บเป็นประเภทตัวเลข หรือจัดเก็บข้อมูลเป็นตัวอักษร จัดเก็บข้อมูลรูปภาพ เป็นต้น การระบุแหล่งข้อมูลที่เหมาะสม หลังจากกำหนดวัตถุประสงค์ ผู้วิจัยได้ระบุแหล่งข้อมูลที่เหมาะสมที่จะนำมาใช้เก็บข้อมูล มีข้อมูลที่สร้างขึ้นใหม่ และข้อมูลที่มีอยู่แล้วจากแหล่งอื่น ซึ่งงานวิจัยนี้ได้จัดเก็บข้อมูลคือ ข้อมูลการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ, ข้อมูลไม่มีค่า, แหล่งข้อมูลภายนอกที่สามารถนำข้อมูลมาใช้งาน และแหล่งข้อมูลจากชุมชนในส่วนของพื้นที่ดำเนินงานวิจัย การออกแบบระบบเก็บข้อมูล เพื่อออกแบบระบบหรือโครงสร้างที่เหมาะสมในการเก็บข้อมูล รวมถึงการกำหนดโครงสร้างของข้อมูล การตั้งชื่อข้อมูล และการกำหนดลักษณะของข้อมูลแต่ละประเภท โดยได้กำหนดโครงสร้างข้อมูลให้จัดเก็บข้อมูลไม่มีค่า และการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ ส่วนการเก็บข้อมูลดำเนินการ

เก็บข้อมูลตามระบบหรือโครงสร้างที่ออกแบบไว้ โดยใช้เทคโนโลยีและเครื่องมือที่เหมาะสม เช่น ฐานข้อมูล, ระบบเก็บข้อมูลในคลาวด์, แบบฟอร์มออนไลน์ เป็นต้น ซึ่งผู้วิจัยได้ใช้ Google Sheet (อรรถพล, 2564) ในการจัดเก็บข้อมูลเพื่อง่ายต่อการใช้งาน และฐานข้อมูลจัดเป็นประเภท NoSQL (สมใจ, ทิพย์มณฑา, และพิเชษฐ์, 2559; อรรถพล, 2564) และสุดท้ายส่วนของการนำข้อมูลไปใช้งาน เพื่อนำไปทำการวิเคราะห์ข้อมูลและนำข้อมูลที่เก็บรวบรวมไปใช้ในการตัดสินใจหรือการวิเคราะห์ต่างๆ ในอนาคต

3. การออกแบบส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ (User Interface Design : UI) (สุนทรทิพย์ และประภาพร, 2565) เป็นกระบวนการในการพัฒนาซอฟต์แวร์หรือแอปพลิเคชัน เพื่อมุ่งเน้นไปที่รูปแบบการใช้งานของผู้ใช้งาน ดังนั้น การออกแบบส่วนต่อประสานควรคำนึงถึงขั้นตอนต่อไป การทราบความต้องการของผู้ใช้งาน เริ่มต้นด้วยการทำความเข้าใจความต้องการและความคาดหวังของผู้ใช้งาน ซึ่งสามารถทำได้โดยการสำรวจ, สัมภาษณ์, หรือการสร้างเส้นทางการใช้งาน (User Journey Maps) เพื่อเข้าใจขั้นตอนการใช้งานของผู้ใช้งาน การออกแบบโครงสร้างและการจัดวางองค์ประกอบ ด้วยการออกแบบโครงสร้างของส่วนต่อประสานโดยพิจารณาถึงความเรียงลำดับของข้อมูลและฟังก์ชันต่างๆ ที่จะแสดงบนอินเตอร์เฟซ รวมถึงการจัดวางองค์ประกอบต่างๆ เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถเข้าถึงและใช้งานได้อย่างสะดวก การออกแบบสี และกราฟิก (สุนทรทิพย์ และประภาพร, 2565) เลือกใช้สีและกราฟิกให้เหมาะสมและสอดคล้องกับลักษณะการใช้งาน ส่งผลให้การใช้งานมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น เช่น การใช้สีที่มีความคมชัดและเข้มขึ้นเพื่อให้ข้อมูลมีความชัดเจน เป็นต้น การพัฒนาและทดสอบ หลังจากที่ได้ทำการออกแบบส่วนต่อประสานแล้ว ทำการพัฒนาและทดสอบอินเตอร์เฟซเพื่อตรวจสอบความถูกต้อง และประสิทธิภาพของการใช้งาน และสุดท้ายขั้นตอนการปรับปรุงและพัฒนาต่อไป หลังจากที่ได้ปล่อยอินเตอร์เฟซไปให้กับผู้ใช้งานแล้ว จะต้องมีการรับฟังความคิดเห็นและข้อเสนอแนะจากผู้ใช้งาน เพื่อปรับปรุงและพัฒนาต่อไปอย่างต่อเนื่อง ฉะนั้นการออกแบบส่วนต่อประสานที่ดีจะช่วยทำให้ผู้ใช้งานสามารถใช้งานได้มีประสิทธิภาพและสะดวกสบาย และช่วยสร้างประสบการณ์การใช้งานที่ดีที่สุดสำหรับผู้ใช้งาน

4. การประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน เป็นขั้นตอนในการพัฒนาและปรับปรุงระบบ เพื่อให้มั่นใจว่าตอบสนองต่อความต้องการและความคาดหวังของผู้ใช้ได้ในระดับที่เหมาะสม ดังนั้น การประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานสามารถทำได้โดยดำเนินการตามขั้นตอนต่อไป ความพึงพอใจของผู้ใช้ ความพึงพอใจต่อการใช้ออปพลิเคชัน และการตอบสนองความต้องการใช้งาน เพื่อความพึงพอใจของผู้ใช้สามารถประเมินได้จากประสบการณ์การใช้งานโดยรวมว่ามีความสะดวกสบายและเหมาะสมหรือไม่ รวมถึงประสิทธิภาพในการใช้งานและความพอใจในการตอบสนองของผลิตภัณฑ์หรือบริการ การตอบสนองต่อความต้องการและความคาดหวัง ผู้ใช้มักมีความคาดหวังในการใช้งานระบบ เมื่อระบบสามารถตอบสนองต่อความต้องการ จึงจะส่งผลต่อความพึงพอใจและการใช้งาน รวมไปถึงความคิดเห็นและข้อเสนอแนะ การรับฟังความคิดเห็นและข้อเสนอแนะจากผู้ใช้งานเป็นอีกวิธีหนึ่งที่ช่วยให้ผู้วิจัยสามารถปรับปรุงและพัฒนา ระบบ เพื่อให้สามารถตอบสนองต่อความต้องการและความพึงพอใจของผู้ใช้ได้อย่างเหมาะสม

5. การประเมินความสามารถของระบบ เป็นกระบวนการในการตรวจสอบว่าระบบทำงานอย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้หรือไม่ ขั้นตอนการประเมินความสามารถของระบบอาจแบ่งออกเป็นขั้นตอนต่างๆ ตามลักษณะของระบบและวัตถุประสงค์ของการประเมิน ดังนี้ การประเมินการใช้งานแอปพลิเคชัน การประเมินด้านคุณภาพของระบบ การประเมินด้านคุณภาพของแอปพลิเคชัน การประเมินด้านคุณภาพของบริการ การประเมินการนำแอปพลิเคชันไปใช้งานและพัฒนาต่อไป

ผลการวิจัย และวิจารณ์ผลการวิจัย

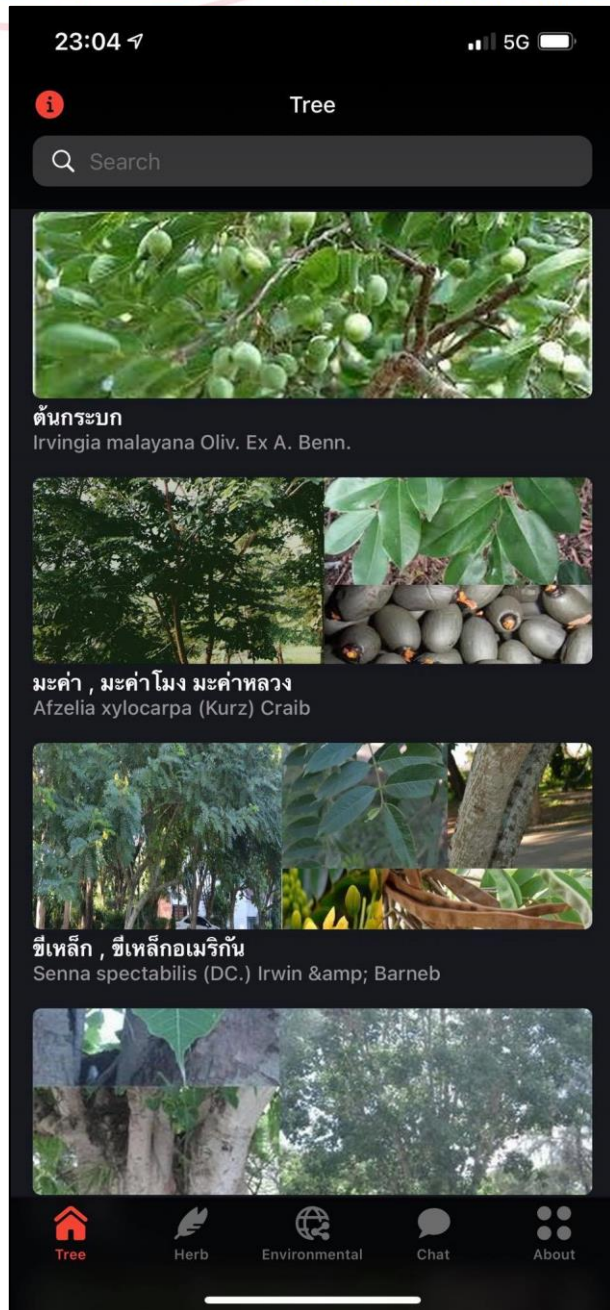
จากศึกษาเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย การเก็บรวบรวมข้อมูล รวมไปถึงออกแบบส่วนต่อประสานกับผู้ใช้งาน ผู้วิจัยได้ออกแบบและพัฒนาแอปพลิเคชันให้มีความสามารถในการทำงานไว้ดังภาพที่ 2 - ภาพที่ 4 ส่วนในภาพที่ 5 เป็นฐานข้อมูลที่ใช้ในแอปพลิเคชัน และส่วนของผลการประเมินหาความพึงพอใจของแอปพลิเคชันจากผู้เข้าร่วมอบรมการใช้งานทั้งสิ้น 113 ราย โดยที่ผู้เข้าร่วมอบรมทดลองใช้แอปพลิเคชัน พร้อมทั้งตอบแบบสอบถามเพื่อนำมาประเมินหาความพึงพอใจของระบบที่ได้พัฒนาขึ้น มีเกณฑ์การให้คะแนนของแบบประเมินความพึงพอใจ แบบสเกลการให้คะแนน (Rating Scale) (ประคอง, 2528) และสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล Statistics คือ ร้อยละ (Percent), ค่าเฉลี่ย (Average) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ซึ่งผู้พัฒนาระบบได้ทำการประเมินความพึงพอใจของระบบจากกลุ่มผู้ใช้งานจริง ผลการประเมินความพึงพอใจของโปรแกรมดังตารางที่ 5 และในตารางที่ 1 - ตารางที่ 4 เป็นส่วนของผลการประเมินการใช้งานแอปพลิเคชัน ดังต่อไปนี้

1. ผลการพัฒนาแอปพลิเคชันในส่วนของการให้ความรู้การอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ เป็นส่วนของการแสดงผลข้อมูลความรู้ในการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติตามนโยบายของสำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2567; กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2559; ผู้จัดการออนไลน์, 2566) ซึ่งมีเนื้อหาเกี่ยวกับการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ 7 ด้าน คือ หลักการและวิธีการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม การอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม (Environmental Conservation), วิธีการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, การใช้ประโยชน์จากทรัพยากรธรรมชาติ, การอนุรักษ์ทรัพยากรน้ำ, การอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้, การอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้ในประเทศไทย และการอนุรักษ์แร่ธาตุ พร้อมทั้งมีเนื้อหาในแต่ละส่วนเพื่อเสริมสร้างความเข้าใจและให้ผู้ใช้งานเห็นถึงความสำคัญของการอนุรักษ์ทรัพยากรในแต่ละด้าน ดังแสดงในภาพที่ 2

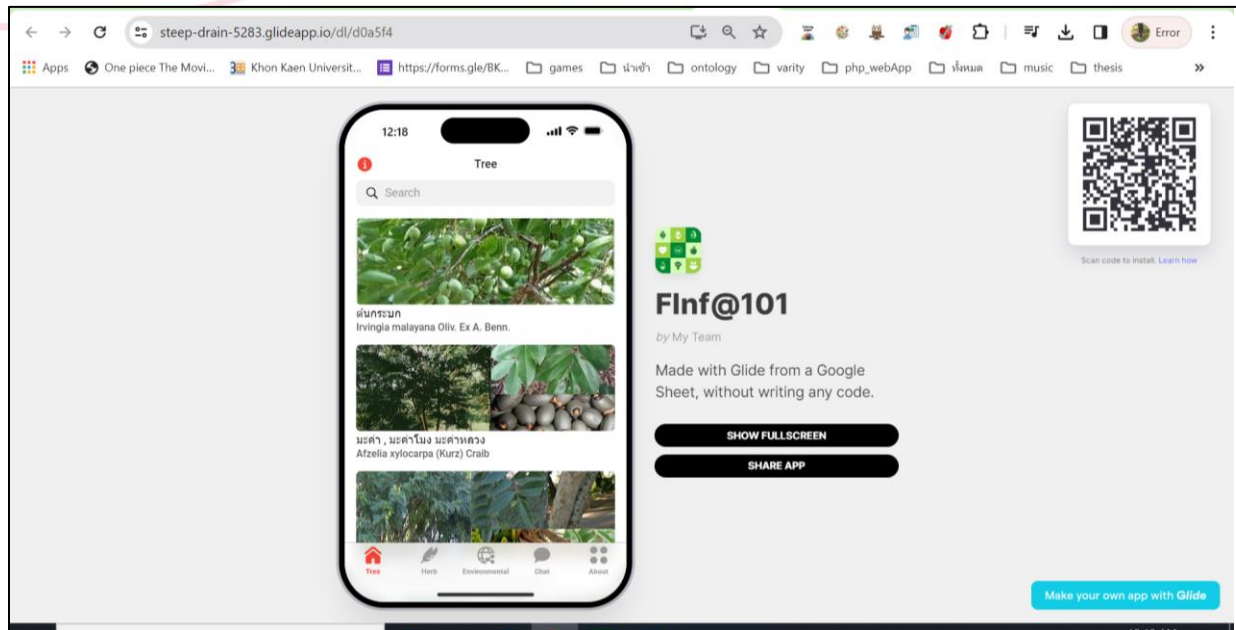


ภาพที่ 2 การอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้ในประเทศไทย

2. ผลการพัฒนาแอปพลิเคชันในส่วนของการปลูกไม้มีค่า เป็นส่วนของการแสดงผลข้อมูลต้นไม้มีค่า ซึ่งมีในแอปพลิเคชันมีข้อมูลต้นไม้มีค่าทั้งสิ้น 45 ชนิด เช่น ต้นกระบก มะค่า ไทรย้อย เป็นต้น ซึ่งเมื่อเข้าไปในส่วนข้อมูลต้นไม้มีค่าแต่ละชนิดจะพบเนื้อหาที่ต่างๆ ที่เกี่ยวกับข้อมูลต้นไม้มีค่า ดังภาพที่ 3 และในภาพที่ 4 จะเป็นการแสดงผลของแอปพลิเคชันผ่านเว็บเบราว์เซอร์ ซึ่งเป็นคุณสมบัติของการใช้งาน Glide Platform ซึ่งเป็นการพัฒนาเว็บไซต์ให้ใช้งานได้ง่าย และสร้างประโยชน์ได้คล้ายกับแอปพลิเคชัน (Progressive Web Application : PWA) (Jeeradata, 2563)



ภาพที่ 3 การปลูกไม้มีค่า



ภาพที่ 4 แอปพลิเคชันผ่านเว็บเบราว์เซอร์

3. ผลการออกแบบฐานข้อมูล NoSQL ในแอปพลิเคชัน

Timestamp	ชื่อพันธุ์ไม้	ชื่อพื้นเมือง	ชื่อวิทยาศาสตร์	รูปภาพ	ชื่อวงศ์	ลักษณะลำต้น เช่น ใบสลับ ใบสลับ ไม่สลับ ใบประกอบ	ลักษณะเด่น	อื่นๆ
04/06/2021 12:58:05	ต้นกระบก	Irvingia malayana Oliv. Ex A. Benn.	https://drive.google.coi	SIMARUBACEAE	ไม้ต้น	ต้นกระบกเป็นไม้ยืนต้นขนาดใหญ่	เปลือก	
04/06/2021 13:00:28	มะค่า, มะค่าโมง มะค่าหลวง	Alzella xylocarpa (Kurz)	https://drive.google.coi	LEGUMINOSAE-CAESA	ไม้ต้น	เปลือกสีเทาอ่อน ใบประกอบ	เนื้อไม้	
04/06/2021 13:02:41	ต้นเหล็ก, ต้นเหล็กบก	Senna spectabilis (DC.)	https://drive.google.coi	LEGUMINOSAE-CAESA	ไม้ต้น	ดอกเป็นช่อสีเหลือง	เมล็ด	
04/06/2021 13:05:28	ส้ม, โหระพา	Ficus religiosa L.	https://drive.google.coi	MORACEAE	ไม้ต้น	ลำต้นใหญ่และสีน้ำตาลเข้ม	ใบมีด	
04/06/2021 13:06:47	โพธิ์	Ficus benjamina L.	https://drive.google.coi	MORACEAE	ไม้ต้น	พุ่มไม้ผลัดใบจากลำต้น	รากอากาศ	
04/06/2021 13:10:00	จำปา, ส้มปาย, จามจุรี	amanea saman (Jacq.)	https://drive.google.coi	LEGUMINOSAE-MIMOS	ไม้ต้น	ใบเล็กออกเป็นช่อตามกิ่ง	พุ่มไม้	
04/06/2021 13:25:53	เสียว, เสียวดอกแดง	Bauhinia purpurea L.	https://drive.google.coi	LEGUMINOSAE-CAESA	ไม้ต้น	ดอกสีชมพูหรือม่วง	ใบช่อ	
04/06/2021 13:46:34	เข็มแดง	Lagerstroemia calycala	https://drive.google.coi	LYTHRACEAE	ไม้ต้น	ดอกสีม่วงขาว ดอกใหญ่	พุ่มไม้	
04/06/2021 13:48:12	มะม่วง	Mangifera caloneura Ki.	https://drive.google.coi	ANACARDIACEAE	ไม้ต้น	ผลเล็ก เมล็ดใหญ่ มีเปลือก	ผลสด	
04/06/2021 13:49:23	รังนกแดง	Bombax ceiba Linn	https://drive.google.coi	BOMBACACEAE	ไม้ต้น	เป็นไม้ต้น ผลโต	รากไม้	
04/06/2021 13:52:20	ยางพารา	Hevea brasiliensis (Will)	https://drive.google.coi	EUPHORBIACEAE	ไม้ต้น	ต้นมีน้ำยางสีขาว	เมล็ด	
04/06/2021 13:54:51	มะขาม	Diospyros malabarica (L.)	https://drive.google.coi	EBENACEAE	ไม้ต้น	ผลสีเหลืองและน้ำตาล	เปลือก	
04/06/2021 14:01:02	มะขาม	Mesua ferea L.	https://drive.google.coi	GUTTIFERAE	ไม้ต้น	เปลือกชั้นในมียางสีเหลือง	ช่อดอก	

ภาพที่ 5 ฐานข้อมูล NoSQL ในแอปพลิเคชัน

4. ประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานและการประเมินความสามารถของระบบ จากแบบสอบถามทั้งหมด 113 ราย แบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ

ส่วนที่ 1 : ข้อมูลทั่วไป

1.1 เพศของผู้ตอบแบบสอบถาม จากเป้าหมายจำนวนผู้เข้าร่วมโครงการทั้งสิ้น 88 รายได้รับแบบสอบถามกลับมาทั้งสิ้น 113 ราย คิดเป็น ร้อยละ 100 แบ่งเป็น เพศชาย ร้อยละ 55.80 และเพศหญิง ร้อยละ 44.20

1.2 ประเภทผู้ใช้งาน จากผู้ตอบแบบสอบถามทั้งสิ้น 5 กลุ่ม คิดเป็น เยาวชน นักศึกษา ร้อยละ 28.30 ประชาชนในเขตอำเภอเสลภูมิ ร้อยละ 52.20 ประชาชนทั่วไป ร้อยละ 13.30 และกลุ่มอื่นๆ ร้อยละ 6.20

ส่วนที่ 2 : การใช้งานแอปพลิเคชัน

2.1 ด้านคุณภาพของระบบ

ตารางที่ 1 : ประเมินด้านคุณภาพของระบบ

รายการ : ด้านคุณภาพของระบบ	$\bar{x}$	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
1. ความง่ายในการใช้งาน	4.40	0.57	มากที่สุด
2. ความชัดเจนในการอธิบายวิธีการใช้	4.53	0.55	มากที่สุด
3. การจัดวางตำแหน่งข้อความบนจอภาพ	4.18	0.56	มาก
4. การจัดวางช่องข้อมูลต่างๆ	4.14	0.67	มาก
5. ความรวดเร็วในการประมวลผล	4.12	0.58	มาก
6. การจัดเก็บข้อมูลเพื่อเรียกใช้ครั้งต่อไป	4.21	0.71	มาก
รวม	4.26	0.61	มากที่สุด

2.2 ด้านคุณภาพของแอปพลิเคชัน

ตารางที่ 2 : ประเมินด้านคุณภาพของแอปพลิเคชัน

รายการ : ด้านคุณภาพของแอปพลิเคชัน	$\bar{x}$	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
1. ความถูกต้องของข้อมูล	3.96	0.59	มาก
2. ความครบถ้วนของข้อมูลที่ต้องการใช้	4.52	0.58	มากที่สุด
3. รูปแบบการนำเสนอข้อมูล	4.27	0.58	มากที่สุด
4. ปริมาณข้อมูลที่นำเสนอในแต่ละหน้าจอ	4.11	0.68	มาก
5. ประโยชน์ในการนำข้อมูลไปใช้งาน	4.23	0.72	มาก
รวม	4.22	0.63	มาก

2.3 ด้านคุณภาพของบริการ

ตารางที่ 3 : ประเมินด้านคุณภาพของบริการ

รายการ : ด้านคุณภาพของบริการ	$\bar{x}$	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
1. ระบบเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตในการเข้าใช้แอปพลิเคชัน	4.14	0.48	มาก
2. การดูแลอำนวยความสะดวกในการเข้าใช้งาน	4.36	0.67	มากที่สุด
3. การให้คำแนะนำในการใช้งาน	4.18	0.67	มาก
4. การดูแลช่วยเหลือเมื่อข้อขัดข้องในการใช้งาน	4.32	0.60	มากที่สุด
รวม	4.25	0.61	มากที่สุด

2.4 การนำแอปพลิเคชันไปใช้งานและพัฒนาต่อไป

ตารางที่ 4 : ประเมินการนำแอปพลิเคชันไปใช้งานและพัฒนาต่อไป

รายการ : การนำแอปพลิเคชันไปใช้งานและพัฒนาต่อไป	$\bar{x}$	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
1. การนำแอปพลิเคชันไปใช้งานและพัฒนาต่อไป	4.15	0.52	มาก
รวม	4.15	0.52	มาก

2.5 ด้านความพึงพอใจของผู้ใช้

ตารางที่ 5 : ประเมินด้านความพึงพอใจของผู้ใช้

รายการ : ด้านความพึงพอใจของผู้ใช้	$\bar{x}$	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
1. ความพึงพอใจต่อการใช้แอปพลิเคชัน	4.38	0.64	มากที่สุด
2. การตอบสนองความต้องการใช้งาน	4.67	0.60	มากที่สุด
รวม	4.53	0.62	มากที่สุด

ส่วนที่ 3 : ข้อเสนอแนะ

1. อยากเพิ่มข้อมูลเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมที่ให้ความรู้อีก เช่น ข้อมูลขยะ
2. อยากให้มีการอบรมให้ความรู้อย่างต่อเนื่อง เพื่อการใช้ประโยชน์จากแอปพลิเคชัน
3. แก้ไขภาพในโปรแกรมให้ชัด
4. เพิ่มข้อมูลให้มากกว่านี้
5. อยากให้ผู้เข้ามาใช้งานสามารถเพิ่มข้อมูลในระบบได้
6. อยากให้มีข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับสภาพภูมิประเทศที่เหมาะสมกับการปลูกไม้ยืนต้นด้วย
7. ข้อมูลไม้ยืนต้นควรจะมีมากกว่านี้

สรุปผลการวิจัย

ผลการดำเนินงานวิจัยการพัฒนาแอปพลิเคชันให้ความรู้การอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและ การปลูกไม้มีค่า ด้วย Glide Platform มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและพัฒนาแอปพลิเคชันสำหรับการจัดเก็บข้อมูลการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและ ข้อมูลการปลูกไม้มีค่าให้มีประสิทธิภาพ ในการบริหารจัดการข้อมูล เพื่ออำนวยความสะดวกแก่บุคคลทั่วไปและผู้ที่ต้องการ ค้นหาข้อมูลเกี่ยวกับไม้มีค่า ได้มีการใช้เครื่องมือช่วยคือ Glide Platform การใช้เครื่องมือช่วยในที่นี้เป็นการช่วยสามารถทำงาน ได้สะดวก เครื่องมือใช้งานง่าย มีประสิทธิภาพสูง สามารถทำการทดสอบผ่านเว็บเบราว์เซอร์ได้ และฐานข้อมูลที่ใช้ในแอปพลิเคชัน เป็นพบว่าฐานข้อมูลที่ไม่ใช่เชิงสัมพันธ์ (NoSQL) (สมใจ, ทิพย์มณฑา, และพิเชษฐ์, 2559) ซึ่งง่ายและสะดวกต่อการนำไปเพิ่ม ข้อมูลภายหลัง จากวัตถุประสงค์ของการทำวิจัยจึงได้เป็นข้อมูลของ การอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ 7 ประเภท ต้นไม้มีค่า 45 ชนิด พืชสมุนไพร 226 ชนิด (สำนักงานโครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริ, 2544) แอปพลิเคชัน สามารถทำงานบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ระบบปฏิบัติการ iOS และยังสามารถแสดงผลผ่านเว็บเบราว์เซอร์ได้ด้วย เนื่องจาก คุณสมบัติของ Glide Platform จัดอยู่ในประเภท Progressive Web Application หรือ PWA หรือเว็บไซต์สำหรับมือถือที่ทำตัว เหมือนแอปพลิเคชัน (Jeeradate, 2563) อีกทั้งแอปพลิเคชันยังสามารถทำงานได้ทั้งในรูปแบบการเชื่อมต่อสัญญาณแบบออนไลน์ และออฟไลน์ได้อีกด้วย

หลังจากการพัฒนาแอปพลิเคชัน ผู้วิจัยได้ทดสอบระบบเพื่อประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ และประเมินการใช้งาน แอปพลิเคชันโดยใช้แบบประเมินเชิงคุณภาพ (ประคอง, 2528) จากกลุ่มผู้ใช้งานจริงที่มีความสนใจในการใช้งานระบบทั้งหมด 113 ราย เพื่อทำการหาค่าเฉลี่ยรวมจากการประเมินประสิทธิภาพของแอปพลิเคชันทั้ง 4 ด้าน และความพึงพอใจของผู้ใช้ คือ 1) ผลการประเมินด้านคุณภาพของระบบได้ค่าเฉลี่ย เท่ากับ 4.26 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.61 เป็นระดับของเกณฑ์ เชิงคุณภาพแล้วอยู่ในระดับมากที่สุด 2) ผลการประเมินด้านคุณภาพของแอปพลิเคชันได้ค่าเฉลี่ย เท่ากับ 4.22 ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน เท่ากับ 0.63 เป็นระดับของเกณฑ์เชิงคุณภาพแล้วอยู่ในระดับมาก 3) ผลการประเมินด้านคุณภาพของบริการได้ค่าเฉลี่ย เท่ากับ 4.25 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.61 เป็นระดับของเกณฑ์เชิงคุณภาพแล้วอยู่ในระดับมากที่สุด 4) ผลการประเมิน ด้านการนำแอปพลิเคชันไปใช้งานและพัฒนาต่อไปได้ค่าเฉลี่ย เท่ากับ 4.15 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.52 เป็นระดับของ เกณฑ์เชิงคุณภาพแล้วอยู่ในระดับมาก และผลประเมินด้านความพึงพอใจของผู้ใช้ได้ค่าเฉลี่ย เท่ากับ 4.53 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.62 เป็นระดับของเกณฑ์เชิงคุณภาพแล้วอยู่ในระดับมากที่สุด

ข้อเสนอแนะ

1. การออกแบบและพัฒนาแอปพลิเคชันเป็นงานวิจัยที่ต่อยอดจากงานบริการวิชาการของสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด เริ่มต้นจากปี พ.ศ. 2564 ได้ดำเนินการออกแบบฐานข้อมูลการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและ การปลูกไม้มีค่าอย่างไม่สมบูรณ์ เช่น มูลค่าต้นไม้ ระยะเวลาในการเจริญเติบโต สภาพภูมิประเทศที่เหมาะสมต่อการปลูก เป็นต้น ซึ่งข้อมูลเหล่านี้สามารถดำเนินการเพิ่มเติมได้ในอนาคต
2. ในแอปพลิเคชันได้เพิ่มข้อมูลสมุนไพรเข้ามาเพิ่มเติมในปี พ.ศ. 2566 ตามที่ผู้ให้ทุนสนับสนุนในการดำเนินงาน แต่ยัง ขาดข้อมูลชื่อสมุนไพรพื้นบ้าน ข้อมูลพื้นที่การปลูกในจังหวัดร้อยเอ็ด และข้อมูลของการใช้สมุนไพรในปริมาณที่ไม่เหมาะสม ซึ่งใน ส่วนนี้สามารถดำเนินการเพิ่มข้อมูลในอนาคตต่อไปได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด ที่สนับสนุนทุนในการดำเนินงานด้านการบริการวิชาการ และขอขอบคุณโครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริ สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี, ชุมชนหมู่บ้านท่าม่วง ตำบลท่าม่วง อำเภอสว่างภูมิ จังหวัดร้อยเอ็ด, ชุมชนหมู่บ้านนากระต๊อบ ตำบลเกาะแก้ว อำเภอสว่างภูมิ จังหวัดร้อยเอ็ด และชุมชนหมู่บ้านนากระต๊อบ ตำบลเกาะแก้ว อำเภอสว่างภูมิ จังหวัดร้อยเอ็ด ที่สนับสนุนและให้ข้อมูลในการดำเนินงาน

เอกสารอ้างอิง

- กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. (2559). **ชุมชนไม่มีค่า**. ค้นจาก <https://www.mnre.go.th/th/application/page/4>.
- จารุวิศ หนูทอง. (2560). ผลการพัฒนาชุดการสอนมินิคอร์ส บนระบบปฏิบัติการ iOS เรื่องการถ่ายภาพในสตูดิโอ สำหรับนิสิตระดับปริญญาตรีสาขาการผลิภาพยนตร์และสื่อดิจิทัล. **วารสารวิชาการนวัตกรรมสื่อสารสังคม มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ**, 5(1), 8-20.
- ธนกฤต โพธิ์ชี. (2560). การพัฒนาแอปพลิเคชันบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ “Taladnut Night Market”. **คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ. มหาวิทยาลัยนอร์ทกรุงเทพ**. ค้นจาก https://app.northbkk.ac.th/research/_themes/downloads/abstract/1535452217_abstract.pdf.
- ประคอง กรรณสูตร. (2528). **สถิติเพื่อการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์ (ฉบับปรับปรุงแก้ไข)**. กรุงเทพฯ: ศูนย์หนังสือ ดร.ศรีสง่า.
- ผู้จัดการออนไลน์. (2566). **โฆษกรัฐบาลเผย นายกฯ ส่งเสริมการปลูกไม้มีค่า 58 ชนิด ทางเลือกใหม่ในการสร้างรายได้**. ค้นจาก <https://mgronline.com/politics/detail/9660000058969>.
- สมใจ จิตคำนึงสุข, ทิพย์มณฑา ผกาแก้ว และพิเชษฐ์ จุลรอด. (2559). การเปรียบเทียบการทำงานของอัลกอริทึมกับฐานข้อมูลเอสคิวแอลและโนเอสคิวแอล. **Joint Conference on ACTIS & NCOBA Chachoengsao**. ค้นจาก https://fund.pkru.ac.th/storage/download/6088e88b0e8e3d0001f24021?sector=files2021&bucket=publish_paper&ver=0&sk=4c315070546bd062926aedfc5c9fc9a1.
- สุนทรทิพย์ คำจันทร์ และประภาพร กุลลิ้มรัตน์ชัย. (2565). การประยุกต์ใช้ User Interface (UI) และ User Experience (UX) ในการออกแบบแพลตฟอร์ม. **วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี**, 16(2), 63-77.
- สำนักงานโครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริ สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี. (2544). **โครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริ สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี**. ค้นจาก <http://www.rspg.or.th/>.
- สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. (2567). **ทรัพยากรธรรมชาติ**. ค้นจาก <https://www.onep.go.th/>.
- อรรถพล จันทรสมุด. (2564). การประยุกต์ Google sheet เพื่อการจัดการเอกสารสำหรับสำนักงานคณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ. **วารสารแม่โจ้เทคโนโลยีสารสนเทศและนวัตกรรม มหาวิทยาลัยแม่โจ้**, 7(2), 12-23.

Glide's, T. (2560). glideapps. ค้นจาก <https://www.glideapps.com/apps>.

Jeeradate. (2563). การทำแอปมือถือนด้วยตัวเองด้วย Glide. ค้นจาก <https://jeeradate.wordpress.com/2020/06/17/การทำแอปมือถือนด้วยตัวเอง/>.



วารสารวิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย
Journal of Science, Engineering and Technology
LOEI RAJABHAT UNIVERSITY



แบบเสนอเพื่อขอลงตีพิมพ์ในวารสารวิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์
และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย

ชื่อเรื่อง ภาษาไทย.....

Title English.....

ชื่อ-สกุล ผู้นิพนธ์หลัก ภาษาไทย.....

English.....

ที่อยู่ ภาษาไทย.....

Address English.....

รหัสไปรษณีย์..... โทรศัพท์..... โทรสาร.....

E-mail.....

ชื่อ-สกุล ผู้นิพนธ์ร่วม

1.

2.

3.

ประเภท ☐ บทความวิจัย (Research Articles)

สาขา ☐ วิทยาศาสตร์กายภาพ

สาขา ☐ เทคโนโลยี

สาขา ☐ วิทยาศาสตร์ชีวภาพ

สาขา ☐ วิศวกรรมศาสตร์

สาขา ☐ วิทยาศาสตร์สุขภาพ

สาขา ☐ อื่นๆ ในศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง

ประเภท ☐ บทความวิชาการ (Review Articles)

คำยืนยันของผู้นิพนธ์ทุกท่าน

ข้าพเจ้าขอยืนยันว่าบทความนี้ไม่เคยเสนอหรือกำลังเสนอตีพิมพ์ในวารสารใดมาก่อน และยินดีให้กองบรรณาธิการวารสารวิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย เลือกสรรหาผู้ทรงคุณวุฒิ เพื่อพิจารณาต้นฉบับของข้าพเจ้าโดยอิสระและยินยอมให้กองบรรณาธิการฯ สามารถตรวจสอบแก้ไขต้นฉบับดังกล่าวได้ตามสมควร และยินยอมให้บทความที่ลงตีพิมพ์ในวารสารวิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ และเทคโนโลยี ถือเป็นลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏเลย

ลงชื่อ.....

วันที่...../...../.....





วารสารวิทยาศาสตร์
วิศวกรรมศาสตร์ และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย

Journal of Science, Engineering and Technology
LOEJ RAJABHAT UNIVERSITY